

---

# Les ré- impressions

DES ÉDITIONS DE L'ÉCOLE  
DES HAUTES ÉTUDES  
EN SCIENCES SOCIALES

---

*Jacques Bertin*

## Sémiologie graphique

Les diagrammes – Les réseaux  
Les cartes



# SÉMIOLOGIE GRAPHIQUE

## LES DIAGRAMMES – LES RÉSEAUX LES CARTES

*par*

**Jacques BERTIN**

Directeur d'Études à l'École Pratique des Hautes Études  
Directeur du Laboratoire de Cartographie

*avec la collaboration de*

Marc BARBUT, Directeur d'Études à l'École Pratique des Hautes Études,  
Serge BONIN, Chef des travaux à l'École Pratique des Hautes Études,  
Guy ARBELLOT, Huguette GUERMONT, Marie-Claude LAPEYRE,  
Jeannine RECURAT, Danièle SALAMON, Françoise VERGNEAULT,  
Chefs de travaux à l'École Pratique des Hautes Études  
et de Davoud ABEDI-MIRAN, Jacques BERTRAND, Jacques LETARTE,  
Madeleine BONIN, Paulette DUFRENE, Nancy FRANÇOIS,  
Michel MAKO, Jean POTTIER.

Édition augmentée d'une préface et d'un chapitre sur la graphique.

---

**Les ré-  
impressions**

DES ÉDITIONS DE L'ÉCOLE  
DES HAUTES ÉTUDES  
EN SCIENCES SOCIALES

---



## PRÉFACE DE LA 3<sup>e</sup> ÉDITION DE LA SÉMIOLOGIE GRAPHIQUE [1]

La Sémiologie Graphique a été écrite en 1965. Elle a été publiée en 1967 et révisée en 1973. C'est l'édition de 1973 qui est rééditée ici. Plus de 30 années ont donc passé. Ont-elles modifié profondément le travail de 1973 ? La publication, en 1977 de « La Graphique et le traitement graphique de l'Information » [2] montre que l'essentiel n'a pas changé. Cependant, avec le recul du temps, l'analyse s'est simplifiée, les propositions se sont précisées et se sont appuyées sur des exemples plus spectaculaires. Mais surtout elles se sont ordonnées différemment à la lumière de l'évolution des mathématiques, de l'informatique et de la diversité des applications de la Sémiologie Graphique. Le résultat de cette simplification est présenté à la fin de cette réédition.

---

### Première lecture de la Sémiologie Graphique

---

Dans les années 1965-1973, nous sommes encore à l'époque de la cartographie « complexe » (?), des atlas nationaux, régionaux et spécialisés, imprimés en de multiples couleurs. Dans de nombreuses disciplines c'est la carte qui constitue l'inventaire de base, la mémoire artificielle disponible. C'est aussi l'époque de « la géographie quantitative », de l'« histoire quantitative » et des premières applications de l'ordinateur. Pour faire nos premières cartes automatiques, il faut avoir recours à un IBM de quelques dizaines de mètres cubes. Mais cet ordinateur rend enfin possible l'usage de l'analyse mathématique multivariée qui trouve un début d'application dans divers domaines. C'est enfin l'époque où s'affrontent la « théorie de l'information » et la « théorie de la communication ». Elles inspirent alors la plupart des recherches graphiques : comment faut-il dessiner, que faut-il imprimer pour « communiquer », c'est-à-dire pour *dire aux autres ce que l'on sait*, sans perte « d'information » ?

C'est dans ce contexte que la Sémiologie Graphique a été lue. Elle a été analysée comme une étude des bases de la cartographie. Les commentateurs ont particulièrement retenu l'identification des variables visuelles. Par contre, le processus de lecture d'un graphique et les différentes propriétés des variables visuelles, qui pourtant justifient de l'utilité ou de l'inutilité d'une construction, n'ont pas attiré l'attention. Pas plus d'ailleurs semble-t-il que les pages consacrées aux permutations, c'est-à-dire à l'emploi de la graphique comme outil de travail personnel et de découverte. Le monde statistique et graphique en était encore à l'image imprimée et immobile, à « *l'image de communication* ».

Trente années d'évolution font apparaître une tout autre perspective. Ce qui est devenu fondamental, ce sont les *propriétés* des variables visuelles et les propriétés de classement et de permutations graphiques. Nous entrons dans l'ère de la « *graphique opérationnelle* ».

---

### Le traitement des données

---

En effet, grâce à l'ordinateur, le traitement des données se développe prodigieusement. On sait que « comprendre » c'est réduire la multitude des « données » qui nous assaillent au petit nombre « d'informations » que nous sommes susceptibles de prendre en compte autour d'un problème donné. Et la psychologie démontre que ce nombre tourne autour de trois et ne dépasse pratiquement jamais sept. Le traitement des données recherche les méthodes les moins discutables pour parvenir à cette réduction indispensable.



Nos maîtres, qui ne disposaient pas de l'ordinateur et ignoraient en général les permutations matricielles opéraient par réductions successives. La longueur du temps nécessaire définissait l'échelle des recherches possibles.

Avec l'ordinateur, toutes les comparaisons semblent maintenant accessibles et ne posent plus de problème de temps. L'ordinateur fournit la réduction recherchée. Et c'est fini !  
*Vive l'intelligence « artificielle ».* Nous n'avons plus à penser !

Heureusement si ! Nous avons encore à penser car les mathématiciens perspicaces découvrent que les puissants outils qu'ils viennent de créer poussent les chercheurs à ne plus réfléchir. Or il ne suffit pas d'avoir « passé ses données à l'ordinateur » pour avoir fait œuvre scientifique. Ils découvrent et écrivent que les étapes les plus importantes ne sont pas celles qui sont automatisables mais bien celles qui *précèdent* et celles qui *suivent* les traitements automatiques. Ceux-ci soulèvent en effet deux questions nouvelles :

A – Quelles réduction faut-il retenir ? En effet, dès que le tableau des données est important, on découvre des réponses différentes suivant le type de calcul employé. On se retrouve donc, tout comme nos « anciens », devant un problème de choix : choix de sous-ensembles pertinents, de pondérations, d'exclusions, mais aussi choix de calculs de distances et choix d'algorithmes. *Quel ordinateur nous dira qu'il lui manque tel algorithme ?*

B – Les données mises dans la machine sont-elles pertinentes au problème posé ? En effet, les réponses fournies par l'ordinateur se construisent « dans le cadre fini » des données mises dans la machine. Mais cet ensemble fini, découpé dans l'infini des possibles, est-il le meilleur ? Les premières réductions établies par le calcul conduisent le plus souvent à critiquer les données et à en imaginer de nouvelles. *Quel ordinateur nous dira qu'il lui manque telles « données » ?*

Ces deux questions impliquent que nous fassions appel à des éléments extérieurs, qui sont nos connaissances et notre intuition, afin d'imaginer des données et des rapports dont la machine n'est pas encore instruite. Ces deux questions nous renvoient à nous-mêmes, c'est-à-dire à l'intelligence « naturelle » (si tant est que l'intelligence puisse être définie clairement).

*Tout le problème est maintenant d'apporter à cette intelligence naturelle le meilleur support possible, en d'autres termes la mémoire artificielle la plus performante en considération de nos moyens naturels de perception.*

Cette mémoire artificielle doit transcrire un grand nombre de données. Elle doit montrer les regroupements d'objets et de caractères ainsi que les exceptions à ces groupements, exceptions susceptibles de conduire l'interprétation, de la nuancer et de provoquer de nouvelles recherches. Elle doit enfin pouvoir être modifiée facilement, en fonction des diverses observations qu'elle a rendu possibles.

## La mémoire artificielle graphique

Il apparaît alors que la mémoire artificielle qui remplit toutes ces conditions est la construction graphique manipulable X, Y, Z, c'est-à-dire la « matrice ordonnable ».

On ne parle plus maintenant de concurrence entre la graphique et l'analyse des données. Tout au contraire on reconnaît la complémentarité des deux langages, particulièrement au moment de l'interprétation. Ainsi, la question A, à laquelle la mathématique cherche à répondre par le « calcul des contributions », trouve dans la graphique une réponse remarquablement efficace.

Ce constat de puissance et d'universalité de la construction X Y Z conduit tout naturellement à la « *théorie matricielle de la graphique* ». Elle définit la graphique comme la transcription de tout problème susceptible d'être construit sous forme de tableau à double entrée. Cette définition exclut le graphisme, dont l'objet est seulement de définir un ensemble.



Cette théorie s'applique directement à la cartographie. Elle en définit la spécificité : un XY constant, base universelle de comparaisons. Elle en définit aussi les limites, comme nous verrons plus loin. Mais ces limites prouvent, s'il le fallait, que toute la logique humaine semble fondée sur les propriétés de la perception visuelle qui seule nous offre, dans la construction X Y Z, la perception naturelle et instantanée des rapports entre trois variables. Au-delà il n'y a que la mémoire humaine.

L'explosion informatique rend plus évidente encore la pertinence des questions A et B. La puissance des dix mètres cubes d'ordinateur nécessaires en 1966 tient maintenant dans un sac à main. Le mini-ordinateur donne accès, grâce au téléphone, à des milliards de données. Lesquelles faut-il prendre ? Il permet d'utiliser des milliers d'algorithmes. Lesquels faut-il choisir ? Il permet d'afficher les différents résultats des traitements. Lesquels retenir et comment les interpréter ?

Les mathématiques et l'informatique nous offrent des moyens de plus en plus puissants pour traiter les données. Mais en même temps elles multiplient le nombre des choix arbitraires sans changer en rien nos moyens naturels de perception. Il s'agit donc d'utiliser de la meilleure manière ces moyens naturels pour justifier les choix nécessaires.

---

## Nouvelle lecture de la Sémiologie Graphique

---

Tout graphique, toute carte étant la transcription d'un tableau de données, ce constat conduit à une nouvelle lecture : la théorie matricielle de la graphique, et à proposer les priorités suivantes :

### 1 – La manière de voir un graphique ou une carte.

On ne lit pas un graphique. On lui pose trois questions :

- Quelles sont les composantes X et Y du tableau de données ?
- Quels sont les groupes en X, en Y, que les données Z construisent ?
- Quelles sont les exceptions à ces groupements ?

Un graphique ne doit pas seulement montrer les feuilles de l'arbre. Il doit aussi montrer les branches et l'arbre tout entier. L'œil peut alors aller du détail à l'ensemble et découvrir à la fois la structure générale et ses exceptions.

Les questions sans réponse visuelle mesurent l'inutilité des mauvaises constructions. Il faut donc avant tout apprendre à poser ces trois questions. Faut-il rappeler que beaucoup d'utilisateurs les ignorent encore. En conséquence, *ce serait une erreur de faire appel à leur avis* avant qu'ils ne connaissent les véritables propriétés de la graphique.

### 2 – La construction X Y Z de l'image.

Elle seule permet de répondre aux questions précédentes. Dans toute autre construction on ne voit que la feuille, à la rigueur la branche. Mais l'arbre est invisible.

X et Y sont les dimensions orthogonales du tableau. Z est la variation d'énergie lumineuse en chaque point significatif du tableau. Cette variation n'est obtenue que par la taille ou la valeur. Celles-ci fournissent, avec X et Y, les « *variables de l'image* ». Les autres variables visuelles : grain, couleur, orientation et forme ne font que varier la qualité de l'énergie et non la quantité. Ce sont les « *variables de séparation* » d'images superposées.



3 – Le reclassement des lignes, des colonnes de la matrice X Y Z ainsi que la transformation du Z (écrêtage, impossible avant l'écran cathodique). Ce sont les formes visuelles du traitement des données. Elles permettent de découvrir les groupes en X et les groupes en Y que les données Z construisent, c'est-à-dire de réduire la multitude des données de départ à un nombre accessible d'informations. *Cette manipulation peut succéder à divers traitements automatiques.* Elle fournit les bases de la discussion et de la décision. La mini-informatique met ce processus d'interprétation à la portée de tous [5].

4 – L'application de la théorie matricielle à la cartographie.

Elle dirige la lecture de la carte (et donc sa construction) en définissant les deux questions pertinentes à toute topographie :

*À tel endroit, qu'y a-t-il ?* C'est la question en X (objets) dans le tableau des données. *Tel phénomène, où est-il ?* C'est la question en Y (caractères) dans le tableau des données. Elle sépare ainsi deux types de cartes : les cartes à 1 caractère, qui répondent aux deux questions ; les cartes à plusieurs caractères, qui pour la plupart ne peuvent répondre qu'à la première question. En remplaçant le « comment » de Lasswell par le « pourquoi », cette analyse dirige la réflexion qui doit précéder toute construction cartographique.

## Applications

Au-delà des traitements graphiques, au-delà des traitements algorithmiques dont elle est le complément naturel, la Sémiologie graphique trouve des applications dans de nouveaux domaines.

*Dans les arts plastiques* par exemple elle apporte une analyse rigoureuse des moyens visuels que l'artiste utilise. Elle en définit la combinatoire et fournit des bases plus honnêtes à la critique artistique.

Plus importante encore est son application *dans la pédagogie*. Les travaux de R. GIMENO [3] menés dans de nombreuses classes élémentaires montrent que le graphique introduit dans toutes les disciplines les bases de la logique et les processus essentiels de la réflexion et de la décision. Elle suscite une motivation exceptionnelle, elle favorise les bonnes questions, aide à construire la rédaction interprétative et... révèle l'intelligence des soi-disant « mauvais élèves ». La leçon par la graphique est sans doute l'une des meilleures réponses au problème aigu et universel du renouveau pédagogique et à la question « l'ordinateur à l'école, pour quoi faire ? ».

*Reste à répondre à la question B : Quel tableau de données faut-il construire, quelles données faut-il fournir à l'ordinateur ?* Pour cette question, devenue fondamentale, la graphique apporte son aide sous la forme de « l'analyse matricielle d'un problème ». Cette aide formalise la suite des réflexions que chacun fait ou devrait faire à cette étape. Cette formalisation permet d'enregistrer de façon cohérente et opérationnelle les reflets d'une imagination libre de toute contrainte. Elle se concrétise par l'écriture de trois documents. Cette analyse est développée en [2]. Elle est maintenant informatisée » [4].

Hors de cette dernière analyse, l'essentiel se retrouve en fait dans la Sémiologie Graphique. Celle-ci conduit de la graphique classique à la graphique moderne.

*La graphique classique* c'est l'image FIXE que nous rencontrons dans les publications. C'est le moyen de communiquer les résultats de la science, généralement avec rigueur. Mais trop souvent des constructions inutiles écrasent ces résultats et n'exposent que les données élémentaires de départ. Il faut savoir que le lecteur en est conscient. Il n'a pas de temps à perdre. Il ignore donc ces dessins et va chercher dans le texte la réduction synthé-



tique qu'il attend. L'auteur inaverti, le dessinateur « par habitude » ou le metteur en pages analphabète ont une lourde responsabilité dans certains rejets de cet incomparable langage. Il faut savoir que la graphique n'est pas un art. C'est un langage scientifique rigoureux dont les lois naturelles ne peuvent être transgressées, mais dont la nature visuelle n'exclut pas quelques subtiles nuances « artistiques ».

*La graphique moderne* c'est l'image TRANSFORMABLE et reclassable. C'est l'outil de travail rigoureux qui permet au décideur de découvrir ce qu'il doit dire, ce qu'il doit faire. L'ordinateur y trouve son expression la plus complète et la plus puissante [5]. Mais c'est en même temps l'image la plus simple et par conséquent la plus communicable.

C'est cette image que la Sémiologie Graphique propose de construire.

Jacques BERTIN

[1] Jacques BERTIN. *Sémiologie Graphique*. Mouton, Gauthier-Villars. École Pratique des Hautes Études, Paris, 1967, 1973.

Traduit en anglais : *Semiologie of graphics*. The University of Wisconsin Press, Madison, 1983.

Traduit en allemand : *Graphische Semiologie*. Walter de Gruyter, Berlin, 1974.

[2] Jacques BERTIN. *La Graphique et le Traitement Graphique de l'Information*, Flammarion, Paris, 1977.

Traduit en anglais (de Gruyter), en allemand (de Gruyter), en espagnol (Taurus), en italien (Eri), en japonais (Tokyo Inshokan Printing Co.), en portugais (Editoria da Universidade Federale do Parana, Curitiba, Brésil).

[3] Roberto GIMENO. *Apprendre à l'école par la graphique*. Retz, Paris, 1980.

[4] Marie RABILLER. *Un outil infographique pour l'organisation des données*. Unité mathématique, Université de Nantes, 1982.

[5] *Logiciel AMADO* (Analyse MATricielle des DONnées). CISIA, Saint-Mandé, France, 1995.



# TABLE

## PREMIÈRE PARTIE

### SEMIOLOGIE DU SYSTÈME GRAPHIQUE DE SIGNES

Théorie générale résumée, définitions . . . . .	6
<b>I - L'ANALYSE DE L'INFORMATION</b>	
A. Invariant et composantes - Définition - Titres et légendes . . . . .	16
B. Nombre de composantes . . . . .	28
C. Longueur des composantes - Étendue d'une composante quantitative . . . . .	33
D. Niveau d'organisation des composantes . . . . .	34
<b>II - LES MOYENS DU SYSTÈME GRAPHIQUE</b>	
A. Délimitation du système - Les variables visuelles . . . . .	42
B. Le plan :	
1. - L'implantation : point, ligne, zone . . . . .	44
2. - Le plan est continu et homogène . . . . .	46
3. - Niveau d'organisation du plan . . . . .	48
4. - L'imposition : diagramme, réseau, carte, symbolique . . . . .	50
C. Les variables rétinienne : taille, valeur, grain, couleur, orientation, forme . . . . .	60
1. - Niveau d'organisation des variables rétinienne . . . . .	64
2. - Caractéristiques et propriétés des variables rétinienne . . . . .	70
<b>III - LES RÈGLES DU SYSTÈME GRAPHIQUE</b>	
A. Le problème graphique - 100 constructions pour une information . . . . .	100
B. La théorie de l'image - L'efficacité . . . . .	139
1. - Les étapes du processus de lecture . . . . .	140
2. - Les questions possibles . . . . .	141
3. - Définition de l'image . . . . .	142
4. - La construction de l'image . . . . .	148
5. - Les limites de l'image . . . . .	154
C. Les fonctions de la représentation graphique . . . . .	160
1. - Enregistrer l'information (dessins d'inventaire) . . . . .	160
2. - Communiquer l'information (messages) . . . . .	162
3. - Traiter l'information (dessins de traitement) . . . . .	164
D. Règles générales de construction . . . . .	171
E. Règles générales de lisibilité (ou règles de séparation) . . . . .	174



## DEUXIÈME PARTIE

# MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME GRAPHIQUE

### I - LES DIAGRAMMES

#### A. A deux composantes :

≠ ≠, ≠ O, O O Problèmes non quantitatifs . . . . .	195
Q ≠ court. Problèmes quantitatifs . . . . .	199
Q ≠ long. Répartitions, Distributions, Concentrations . . . . .	203
Q O, Q Q. Les Chroniques . . . . .	213

#### B. A trois composantes :

≠ ≠ ≠, ≠ ≠ O, ≠ O O, O O O. Problèmes non quantitatifs . . . . .	218
Q ≠ ≠, Q ≠ O, Q O O. Une composante Q. Tableaux croisés . . . . .	223
Cas particulier ≠ 3. La construction triangulaire . . . . .	232
≠ Q O. Comparaison de Chroniques. Courbes logarithmiques . . . . .	234
Cas particulier ≠ ouvert. Les collections de profils . . . . .	244
≠ Q O (Q ≠), Comparaison de Répartitions, Distributions, Concentrations . . . . .	246
Cas particulier ≠ 2. La comparaison d'ordres . . . . .	248
Plusieurs composantes quantitatives. . . . .	251

#### C. A plus de trois composantes :

Le traitement graphique de l'information . . . . .	254
----------------------------------------------------	-----

### II - LES RÉSEAUX

Les constructions d'un réseau . . . . .	269
Transformation d'un réseau. . . . .	272
Application des réseaux aux classifications. Les arbres. . . . .	275
Zones, inclusions, réseaux stéréographiques . . . . .	282

### III - LA CARTOGRAPHIE

Caractères de la composante géographique . . . . .	285
----------------------------------------------------	-----

#### A. L'identification géographique externe :

L'identification en situation. Les projections. . . . .	287
L'identification en dimension - l'échelle . . . . .	296

#### B. L'identification géographique interne :

L'exactitude cartographique . . . . .	298
La généralisation cartographique . . . . .	300
Le fond de carte. . . . .	308

#### C. Cartes à une composante :

GEO (ponctuel, linéaire, zonal) . . . . .	318
-------------------------------------------	-----

#### D. Cartes à deux composantes :

GEO ≠ (ponctuel, linéaire, zonal) . . . . .	323
GEO O (ponctuel, linéaire, zonal) . . . . .	326
La représentation du mouvement dans le plan. . . . .	342
GEO Q (ponctuel, linéaire) . . . . .	356
GEO Q zonal . . . . .	366
Le semis régulier des cercles de taille croissante . . . . .	369
Représentations stéréographiques. Courbes d'égalité . . . . .	378

#### E. Problèmes cartographiques à plus de deux composantes :

Cartes d'inventaire. Inventaires utiles, inventaires inutiles . . . . .	390
Cartes de traitement . . . . .	397
Messages cartographiques . . . . .	408

### IV - ÉCRITURES, INSTRUMENTS, DOCUMENTATION GRAPHIQUE, LEXIQUE. . . . .

412



# THÉORIE GÉNÉRALE RÉSUMÉE - DÉFINITIONS

La représentation graphique fait partie des systèmes de signes que l'homme a construits pour retenir, comprendre et communiquer les observations qui lui sont nécessaires. "Langage" destiné à l'œil, elle bénéficie des propriétés d'ubiquité de la perception visuelle. Système monosémique, elle constitue la partie rationnelle du monde des images.

Pour l'analyser avec précision, il convient d'en écarter les écritures musicales, verbales et mathématiques — liées à la linéarité temporelle, la symbolique — essentiellement polysémique, et l'image animée — dominée par les lois du temps cinématographique. Dans ses limites strictes, "la graphique" recouvre l'univers des réseaux, celui des diagrammes, et l'univers des cartes, qui s'échelonne de la reconstitution atomique à la transcription des galaxies, en traversant le monde des plans et de la cartographie.

La graphique tient ses lettres de noblesse de sa double fonction de mémoire artificielle et d'instrument de recherche. Outil rationnel et efficace lorsque les propriétés de la perception visuelle sont pleinement employées, elle fournit l'un des deux "langages" du traitement de l'information. L'écran cathodique lui ouvre un avenir illimité.

## DÉFINITION DE LA GRAPHIQUE



Image rationnelle, la graphique se distingue à la fois de l'image figurative et de la mathématique. Pour la définir avec rigueur par rapport aux autres systèmes de signes, l'approche sémiologique fait appel au croisement de deux évidences : a. l'œil et l'oreille séparent deux systèmes de perception ; b. les significations que l'homme attribue aux signes peuvent être monosémiques, polysémiques ou pansémiques (1).

### Système monosémique.

Un système est monosémique quand la connaissance de la signification de chaque signe **précède** l'observation de l'assemblage des signes. Une équation ne se conçoit qu'une fois précisée l'unique signification de chaque terme. Un graphique ne se conçoit qu'une fois précisée, par la légende, l'unique signification de chaque signe. A l'inverse, un système est polysémique quand la signification **succède** à l'observation et se déduit de l'assemblage des signes. La signification est alors personnalisée et devient discutable.

En effet, une image figurative, et par exemple une photographie quelconque, ou une photographie aérienne, est toujours assortie d'un certain coefficient d'ambiguïté : qui est ce personnage ? qu'est-ce que représente cette tache noire, cette forme ? A ces questions, chacun peut répondre à sa manière car l'interprétation est liée au répertoire d'analogies et de hiérarchies de chaque "récepteur". Et l'on sait que ce répertoire varie d'un individu à l'autre, au gré de la personnalité, de l'entourage, de l'époque et de la culture. Devant l'image polysémique, le processus de perception se traduit par la question : « Tel élément, tel assemblage d'éléments, que signifie-t-il ? », et la perception consiste à coder l'image. Le travail de lecture se situe **entre le signe et sa signification**. Le tableau non-figuratif, c'est-à-dire l'image qui ne signifie plus rien de précis, pour chercher à signifier le "tout", définit la "pansémie", forme extrême de la polysémie.



Par contre, dans la graphique, et par exemple dans un diagramme ou une carte, chaque élément est défini à l'avance. Le processus de perception est alors très différent et se traduit par la question : « Étant donné que tel signe signifie telle chose, quelles sont les relations qui s'établissent entre tous les signes, entre toutes les choses représentées ? ». La perception consiste à définir les relations qui s'établissent dans l'image ou entre images, ou entre image et nature. Le travail de lecture se situe **entre les significations**.

Signification attribuée aux signes	Système de perception	
		
pansémique	MUSIQUE	IMAGE NON- FIGURATIVE
polysémique	VERBE	IMAGE FIGURATIVE
monosémique	MATHEMATIQUE	GRAPHIQUE

Place de la Graphique  
dans les systèmes de signes fondamentaux



## 2

	Système de perception	
		
variables sensibles	1 variation de sons 1 variation de temps	1 variation de taches 2 dimensions du plan
total	2 variables	3 variables
perception instantanée	1 son	Totalité des relations entre 3 variables

Propriétés perceptives  
des systèmes linéaires et spatiaux

Cette distinction est fondamentale car elle donne tout son sens à "la graphique" par rapport aux autres formes de visualisation. Qu'est-ce, en réalité, qu'employer un système monosémique? C'est consacrer à la réflexion un moment pendant lequel on cherche à réduire au maximum la confusion, pendant lequel, dans un certain domaine et durant un certain temps, *tous les participants s'accordent sur certaines significations, exprimées par certains signes, et conviennent de n'en plus discuter.*

Cette convention permet alors de *discuter de l'assemblage des signes* et d'enchaîner les propositions dans une succession d'évidences, succession qui peut alors devenir "indiscutable", c'est-à-dire "logique" \*. C'est l'objet de la mathématique, dans les systèmes liés à la linéarité du temps. C'est l'objet de la graphique dans les systèmes liés à la tridimensionalité de la perception spatiale. Sur ce point, graphique et mathématique sont semblables et construisent le moment rationnel.

### Système visuel.

Mais graphique et mathématique se différencient en fonction de la structure perceptive qui les caractérise. Il faudrait au moins 20 000 instants successifs de perception pour comparer deux tableaux de chiffres de 100 lignes sur 100 colonnes. Que les chiffres soient transcrits graphiquement et la comparaison est aisée, et peut même être instantanée.

En effet (2), la perception sonore ne dispose que de *deux* variables sensibles: la variation des sons et le temps. Tous les systèmes destinés à l'oreille sont linéaires et temporels (Rappelons que les transcriptions scripturales de la musique, du verbe et des mathématiques ne sont que des formules de mémorisation de systèmes fondamentalement sonores, et que ces formules n'échappent pas au caractère linéaire et temporel de ces systèmes).

Par contre, la perception visuelle dispose de *trois* variables sensibles: la variation des taches et les deux dimensions du plan, et ceci hors du temps. Les systèmes destinés à l'œil sont d'abord spatiaux et atemporels. D'où leur propriété essentielle: dans un instant de perception, les systèmes linéaires ne nous communiquent qu'un *seul son ou signe*, tandis que les systèmes spatiaux, dont la graphique, nous communiquent dans le même instant les *relations entre trois variables*.

Utiliser au mieux cette puissance considérable de la vision, dans le cadre d'un raisonnement logique, tel est l'objet de la graphique, **niveau monosémique de la perception spatiale.**

### Évolution de la graphique.

La puissance de la graphique est reconnue depuis longtemps. Les plus anciennes représentations graphiques découvertes sont des cartes géographiques gravées sur argile, et qui datent vraisemblablement du 3<sup>e</sup> millénaire avant J.-C. Les images graphiques ont d'abord été conçues, et se conçoivent utilement encore, comme des reproductions de la nature visible, qui ne bénéficient que d'un degré de liberté, celui de l'échelle. Dans une reconstitution moléculaire, dans une figure géométrique, un schéma de montage, un dessin industriel, dans une coupe de terrain ou une carte, les deux dimensions du plan dessiné s'identifient, compte tenu de l'échelle, à l'espace visible.

Il a fallu attendre le XIV<sup>e</sup> siècle pour entrevoir à Oxford, et le XVIII<sup>e</sup> siècle pour découvrir, avec Charles de Fourcroy (p. 202), que les deux dimensions de la feuille de papier pouvaient utilement représenter *autre chose que l'espace visible*. C'était, en réalité, passer de la simple représentation à un « système de signes » complet, indépendant, et possédant ses lois propres, c'est-à-dire sa SÉMIOLOGIE.

Et, avec la fin du XX<sup>e</sup> siècle, ce système de signes franchit une nouvelle et fondamentale étape, sous la pression de l'information moderne et grâce à la pensée informatique. La grande différence que l'on perçoit maintenant entre la représentation graphique d'hier, mal dissociée de l'image figura-

\* La monosémie est la condition de la logique. Mais elle permet aussi d'en mesurer les limites. En effet la monosémie ne peut exister qu'à l'intérieur d'un domaine fini d'objets et de relations. Le raisonnement logique ne peut donc être qu'un moment de la réflexion, puisqu'il y a une infinité de domaines finis, si grands soient-ils. La logique apparaît donc comme une succession de moments rationalisés, noyés dans le continuum infini de l'irrationnel.



tive, et la graphique de demain, c'est la disparition de la fixité congénitale de l'image.

Devenue manipulable par superpositions, juxtapositions, transformations, permutations, autorisant groupements et classements, l'image graphique est passée de *l'image morte*, de l' "illustration", à *l'image vivante*, à l'instrument de recherches accessible à tous. La graphique n'est plus seulement la re-présentation de la simplification finale, c'est aussi, c'est surtout, le **point de départ exhaustif** et l'instrument qui permet de découvrir et de défendre cette simplification. La graphique est devenue par sa maniabilité, un instrument de traitement de l'information. Son étude commence donc par l'analyse de l'information à transcrire.

## I. L'ANALYSE DE L'INFORMATION

Toute pensée ne s'exprime jamais que dans un système de signes. La mimique est une codification naturelle, le langage verbal est un code de signes sonores, et il faut l'apprendre pour communiquer avec autrui, l'écriture d'un langage est un autre code, la représentation graphique un autre encore. La mise en mémoire sous forme de disque, de bande ou dans les calculatrices nécessite de nouvelles codifications appropriées...

La représentation graphique est la transcription, dans le système graphique de signes, d'une "information" connue par l'intermédiaire d'un système de signes quelconques.

La représentation graphique est une partie de la sémiologie, science qui traite de tous les systèmes de signes.

### Information et représentation

Toute transcription conduit à séparer le contenu, c'est-à-dire les éléments de la pensée qui peuvent rester constants, quel que soit le système de signes dans lequel ils sont traduits et le contenant, c'est-à-dire le répertoire des moyens disponibles d'un système donné et les lois qui en régissent l'emploi, éléments constants quelle que soit la pensée à transcrire.

**Qu'il s'agisse d'étudier les moyens, propriétés et limites du système graphique ou de rédiger un dessin, il faut d'abord séparer strictement le contenu (l'INFORMATION, qui peut être téléphonée) du contenant (les MOYENS du système graphique).**

D'une manière générale nous ne discuterons jamais ici le contenu des exemples proposés. Il peut être jugé bon ou mauvais, "exact" ou non. Quel qu'il soit, ce qui nous importe c'est la qualité, l'efficacité de sa transcription graphique. D'ailleurs, seule une bonne transcription graphique permet de juger pleinement de la qualité du contenu d'une information.

Sachant que chaque système de signe a ses moyens, son style, son esthétique, que peut-on isoler de constant dans une pensée, à travers ses diverses traductions ? Une pensée est une relation entre divers concepts que l'on a reconnus et isolés pendant l'instant nécessaire, parmi la multitude des concepts imaginables. Soit l'exemple suivant :

" Le 8 juillet 1964, l'action X à la bourse de Paris est cotée 128 F; le 9 juillet, elle est cotée 135 F. " Quelle que soit la tournure de la phrase, le contenu sera toujours constitué par la correspondance pertinente entre certains points :

1°) du concept " quantité de Francs ", ou VARIATION du nombre de Francs.

2°) du concept " temps ", ou VARIATION de date.

3°) et un point X du concept " différentes actions cotées à la bourse de Paris ", point par définition INVARIANT.



Dans la représentation graphique on appellera **INFORMATION** le contenu traductible d'une pensée. Il est constitué essentiellement par une ou plusieurs **CORRESPONDANCES ORIGINALES** entre un ensemble fini de concepts de variation et un invariant.

L'information à transcrire peut être fournie dans un quelconque système de signes, et l'on conviendra que celui-ci est connu du transcritteur c'est-à-dire du rédacteur graphique. Soulignons une fois pour toutes que le terme "information" n'aura jamais ici le sens très limité et précis qu'il reçoit dans la "Théorie de l'Information", mais sera synonyme de "renseignements à transcrire".

## PAGES

### A. Invariant et composantes

**16** Dans une information à transcrire on appellera **INVARIANT** la définition commune à toutes les correspondances originales. On appellera **COMPOSANTES** les concepts de variation mis en œuvre.

et l'exemple précédent sera dit à deux composantes : variation du nombre de francs, variation de temps. Quel que soit le système de signes employé il faudra toujours au moins deux composantes pour le traduire. Dans le système graphique, il mobilise normalement deux composantes visuelles : les deux dimensions du plan.

**19** La rédaction des **TITRES** et **LÉGENDES** est la première application de ces notions.

Pour faciliter l'exposé on appellera **VARIABLES VISUELLES** (ou "variables" tout court) les composantes du système graphique de signes, et les deux variables que nous fournit le plan seront appelées **DIMENSIONS DU PLAN**. Une information sera donc formée de correspondances originales entre diverses composantes et sa représentation graphique, de correspondances entre diverses variables.

La perception visuelle n'admet qu'un nombre réduit de variables. En conséquence :

### B. Nombre de composantes

**28** La détermination du **NOMBRE DE COMPOSANTES** est le premier point de l'analyse d'une information.

Composantes et variables sont, par définition, divisibles.

**33** On appellera **ÉLÉMENTS** ou **CATÉGORIES** (ou "classes", ou "paliers") les différentes parties identifiables d'une composante ou d'une variable et l'on parlera par exemple des catégories "départements" d'une composante géographique ou des catégories "bovins", "ovins", "caprins", de la composante "différents animaux domestiques", des paliers de gris de la variable "valeur", des classes annuelles de la composante "temps", des éléments de la composante "différentes personnes".

La complexité d'une figure est liée au nombre des catégories dans chaque composante.

### C. Longueur des composantes

**33** On appellera **LONGUEUR** d'une composante ou d'une variable le nombre des éléments ou catégories qu'elle permet d'identifier. C'est le deuxième point de l'analyse d'une information.

Ainsi la composante "sexe" est de longueur 2, la composante géographique "départements français" est de longueur 90. Dans une composante quantitative on ne confondra pas la "longueur" ou nombre de paliers utiles, et l'**ÉTENDUE** de la série, qui est le rapport entre le plus grand et le plus petit nombre de la série statistique.



**D. Niveau d'organisation des composantes**

- 34 La graphique proprement dite ne représente que les relations qui s'établissent entre les composantes, entre les éléments. Ces relations définissent trois NIVEAUX D'ORGANISATION et toute composante, toute variable visuelle s'installe à l'un de ces niveaux :
- 36 LE NIVEAU QUALITATIF (ou combinatoire) qui groupe tous les concepts de simple différenciation (métiers, produits, religions, couleurs...). Il comporte toujours deux attitudes perceptives : Ceci est semblable à cela, et je peux les confondre en un seul groupe (association). Ceci est différent de cela et appartient à un autre groupe (sélection).
- 37 LE NIVEAU DE L'ORDRE qui groupe tous les concepts susceptibles d'ordonner les éléments d'une manière universellement admise (ordre du temps ; ordre des appréciations sensibles : froid-tiède-chaud, noir-gris-blanc, petit-moyen-grand ; ordre des appréciations morales : bon-médiocre-mauvais...). Ce niveau comprend tous les concepts qui permettent de dire : ceci est plus que cela et moins que cet autre.
- 38 LE NIVEAU QUANTITATIF (ou métrique) qui est atteint lorsque l'on dispose d'une unité comptable (ceci est le quart, le triple, 4 fois cela).

Ces niveaux sont emboîtés et l'on remarque que ce qui est quantitatif est également ordonné et qualitatif. Ce qui est ordonné est également qualitatif. Ce qui est qualitatif est simplement ordonnable.

**LES NIVEAUX D'ORGANISATION forment le champ des significations universelles, des analogies fondamentales auxquelles peut prétendre la transcription graphique. C'est le troisième point de l'analyse d'une information.**

Toute autre signification est en réalité extérieure à la représentation graphique. Elle ne forme que le lien entre le système graphique et le monde des concepts extérieurs et doit s'appuyer soit sur une explication codée dans un autre système (légendes), soit sur une ANALOGIE FIGURATIVE de forme ou de couleur (symboles), basée sur les habitudes acquises ou des conventions apprises, et qui ne peut jamais prétendre à l'universalité. **Chaque variable visuelle a ses propriétés particulières de niveau et de longueur. Il importe que chaque composante soit transcrite par une variable ayant au moins le niveau et la longueur correspondants.**

La graphique se limite en fait à la représentation de ces niveaux d'organisation. Mais ce sont les relations de similitude et d'ordre, appuyées sur la métrique, qui constituent la base de toute réflexion.

## II. LES MOYENS DU SYSTÈME GRAPHIQUE

**A. Délimitation du système**

- 42 De quelles variables le système graphique de signes dispose-t-il ? L'œil est l'intermédiaire d'un grand nombre de perceptions. Toutes ne concernent pas le système que nous étudions et l'intervention du mouvement réel par exemple, pourtant perceptible par la vision, nous ferait passer du système graphique (intemporel) au cinéma, dont les lois sont très différentes. On ne considérera donc que ce qui est représentable sur une feuille plane de papier blanc d'un format moyen, sous un éclairage normal, par tous les moyens graphiques disponibles.

Dans ces limites, on considérera que le système graphique dispose de huit variables : une tache visible exprimant une correspondance originale peut varier en position par rapport aux DEUX DIMENSIONS DU PLAN. Elle peut varier en TAILLE, VALEUR, GRAIN, COULEUR, ORIENTATION, FORME. Dans le plan, cette tache peut représenter un POINT (position sans surface), une LIGNE (position linéaire sans surface) ou une ZONE (surface).



**B. Le plan**

- 44** On appellera **IMPLANTATION** l'utilisation des trois significations qu'une tache visible peut recevoir par rapport aux dimensions du plan.  
Un département français peut être représenté par un point dans un diagramme, il est en implantation ponctuelle ; représenté par une ligne, il est en implantation linéaire. Représenté par une zone dans une carte, il est en implantation zonale. Les implantations sont les trois moments du continu sensible appliqué au plan. Ce sont les trois figures élémentaires de la géométrie.
- 48** LE NIVEAU D'ORGANISATION DU PLAN est maximum. Ses deux dimensions fournissent les seules variables qui ont toutes les propriétés perceptives.
- 50** On appellera **IMPOSITION** l'utilisation des deux dimensions du plan.  
Cette utilisation dépend de la nature des correspondances originales exprimées dans le plan et sépare les représentations graphiques en quatre groupes. En effet les correspondances dans le plan peuvent s'établir :
- entre tous les éléments d'une composante et tous les éléments d'une autre composante. *La construction est un DIAGRAMME.* Exemple : variation de la cote de l'action X à la bourse de Paris. A toute date (composante temps) peut correspondre a priori tout prix (composante quantité de francs) et il n'y a pas lieu de prévoir une correspondance entre deux dates, entre deux prix.
  - entre tous les éléments d'une même composante. *La construction est un RÉSEAU.* Exemple : Relations de conversations entre des individus disposés autour d'une table. Tout individu (de la composante "différents individus") est susceptible de correspondre avec tout autre individu (de la même composante).
  - entre tous les éléments d'une même composante géographique inscrits dans le plan suivant la distribution géographique observée. *Le réseau trace une CARTE GÉOGRAPHIQUE.*
  - entre un seul élément et le lecteur (signal routier, codes divers de forme, codes de couleur industrielle...). La correspondance est extérieure à la représentation graphique. *C'est un problème de SYMBOLIQUE* qui fait appel aux analogies figuratives.
- 52** Dans les diagrammes et les réseaux, la libre disposition des dimensions du plan conduit à distinguer les semis, les impositions rectilignes, circulaires, orthogonales, polaires ou les élévations et à définir des TYPES DE
- 54** CONSTRUCTION que l'on peut caractériser par des SCHEMAS de
- 56** CONSTRUCTION.

**C. Les variables rétinienne**

- 60** On appellera **ÉLEVATION** ou **VARIATION** de 3<sup>e</sup> DIMENSION l'utilisation des six variables autres que celles du plan ou variables RÉTINIENNES (variable de 3<sup>e</sup> dimension). Une variation de qualité entre deux villes pourra être représentée sur une carte par une variation de taille, de valeur, de grain, de couleur, d'orientation, de forme, ou par une combinaison de plusieurs de ces variations.  
C'est aux variables rétiniennes que la représentation graphique fait appel dès la 3<sup>e</sup> composante d'une information. Mais aucune de ces variables ne possède, comme le plan, toutes les propriétés perceptives. Il faut donc
- 64** connaître leur NIVEAU D'ORGANISATION et pour chaque variable ses
- 70** PROPRIÉTÉS DE LONGUEUR et d'emploi.



### III. LES RÈGLES DU SYSTÈME GRAPHIQUE

#### PAGES

#### A. Le problème graphique

- 100** La grande diversité des constructions graphiques, à l'intérieur d'un groupe et éventuellement d'un groupe à l'autre tient à l'apparente liberté que l'on a de traduire toute composante donnée par l'une des huit variables visuelles ou par une combinaison de plusieurs de celles-ci. Libre de son choix, le rédacteur graphique peut par exemple traduire une composante géographique par une seule dimension du plan et il construit un diagramme, ou par les deux dimensions du plan et il construit une carte. Il est libre d'utiliser la variation de couleur ou celle de valeur. Construire 100 FIGURES différentes à partir d'une même information ne demande que de la patience. Mais certains choix s'imposent par leur plus grande efficacité.

#### B. La théorie de l'image

- 139** **L'EFFICACITÉ** est définie par la proposition suivante :  
Si, pour obtenir une réponse correcte et complète à une question donnée et toutes choses égales, une construction requiert un temps de perception plus court qu'une autre construction, on dira qu'elle est plus efficace pour cette question.  
C'est la notion du "coût mental" de la perception, mise en évidence par Zipf, appliquée à la perception visuelle. Dans la plupart des cas la différence de temps de perception entre une construction efficace et une inefficace est extrêmement nette, et peut dépasser l'heure.  
**Les RÈGLES DE CONSTRUCTION** permettent de choisir les variables qui construisent la représentation la plus efficace.  
L'efficacité est liée à la facilité que rencontre le lecteur à chacune des étapes de la lecture d'un dessin. L'ensemble des remarques qui mènent aux règles de construction forme la **THÉORIE DE L'IMAGE**. Elle est développée en cinq points :
- 140** **1 LES ÉTAPES DU PROCESSUS DE LECTURE.**  
Lire un dessin, c'est procéder plus ou moins rapidement à trois opérations successives :  
**L'IDENTIFICATION EXTERNE** : de quelles composantes s'agit-il ? Il faut concrétiser dans la pensée les concepts proposés à l'attention.  
**L'IDENTIFICATION INTERNE** : par quelles variables les composantes sont-elles exprimées ? Par exemple, les quantités par la dimension verticale du plan, le temps par la dimension horizontale, ou bien les quantités par la longueur du rayon, le temps par le déroulement de la circonférence.  
Ces opérations forment le lien entre le système graphique et les autres systèmes. Il est fourni par le verbe, l'écriture, titres et légendes ou par des analogies figuratives de forme ou de couleurs. Ces deux étapes sont indispensables et précèdent toujours la préhension de l'information proprement dite.  
**LA PERCEPTION DES CORRESPONDANCES ORIGINALES** : "A telle date, quel est le prix de l'action X ?" Cette perception résulte toujours d'une QUESTION, consciente ou non. Quelles sont les questions que l'on peut poser devant une information ?
- 141** **2 LES QUESTIONS POSSIBLES — LES NIVEAUX DE LECTURE.**  
Dans l'exemple précédent deux types de questions sont possibles :  
- A telle date, quel est le cours de l'action X ?  
- Tel cours, à quelle date a-t-il été atteint ?  
Il apparaît donc qu'il y a autant de **TYPES DE QUESTIONS** que de composantes dans une information. Mais dans chaque type il y a de nombreuses questions possibles.  
*a.* Les questions introduites par un seul élément d'une composante, exemple "A telle date" et aboutissant à une seule correspondance. C'est le **NIVEAU ÉLÉMENTAIRE DE LECTURE**. Ces questions tendent à sortir du système graphique.



b. Les questions introduites par un groupe d'éléments de la composante, exemple : " dans les trois premiers jours, quelle a été l'évolution du prix ? " réponse : " montée du prix ". Ces questions sont très nombreuses puisque l'on peut former des groupes très divers. Ce sont les NIVEAUX MOYENS DE LECTURE. Ces questions tendent à réduire la longueur des composantes.

c. La question introduite par l'ensemble de la composante " Durant toute la période, quelle a été l'évolution du prix ? " réponse " évolution générale en hausse ". C'est le NIVEAU SUPÉRIEUR ou lecture d'ensemble. Cette question tend à réduire toute l'information à une unique relation d'ordre entre les composantes. On peut dire :

- Il y a autant de TYPES DE QUESTIONS que de composantes dans une information ;
- Dans chaque type, il y a TROIS NIVEAUX DE LECTURE : le niveau élémentaire, les niveaux moyens et le niveau d'ensemble ;
- Toute question peut être définie par son type et par son niveau.

Ces niveaux de lecture sont assimilables aux niveaux d'intégration de la pensée. Cette analyse permet de connaître par avance la *totalité des questions* que peut susciter une information donnée; elle permet par conséquent d'en étudier la probabilité et, s'il y a lieu, de pouvoir en tenir compte dans la construction.

### 143 3 DÉFINITION DE L'IMAGE.

La perception des correspondances originales définies par une question comporte : a. une identification d'entrée : " A telle date ? "; b. une correspondance : un point; c. une identification de sortie : la réponse " tant de francs ".

Cette perception implique que l'œil puisse isoler la date d'entrée de toutes les autres dates et PENDANT UN INSTANT DE PERCEPTION, ne plus voir que la, ou les correspondances définies par cette identification d'entrée, mais les voir toutes. Pendant cet instant, l'œil doit faire abstraction de toutes les autres correspondances. C'est la SÉLECTION visuelle. On constate que dans certaines constructions graphiques, l'œil est capable d'englober toutes les correspondances définies par une identification d'entrée dans un seul " coup d'œil ", dans un seul instant de perception. Les correspondances se voient en une seule forme visuelle.

Nous appellerons **IMAGE** la forme visuelle significative perceptible dans l'instant minimum de vision.

Dans cette acception, **IMAGE** correspond à " forme " dans la " théorie de la forme ", à " pattern " et à " Gestalt ". Elle trouve un synonyme dans " silhouette ". Les autres constructions ne permettent pas d'englober toutes les correspondances dans un seul instant de perception et l'ensemble des correspondances définies par certaines questions n'apparaît que dans la mémoire du lecteur, qui seule peut opérer la somme des images qu'il a fallu sélectionner successivement. Il est donc évident que :

**Les constructions les plus efficaces sont celles dans lesquelles toute question, quel qu'en soit le type ou le niveau, obtient une réponse dans l'exercice d'un seul instant de perception, une réponse perceptible en UNE SEULE IMAGE.**

L'image, unité de perception visuelle, ne doit pas être confondue avec la **FIGURE** qui est l'unité apparente et illusoire définie par la feuille de papier, par un encadrement linéaire ou par un cadre géographique.

### 148 4 LA CONSTRUCTION DE L'IMAGE : l'image admet trois variables. L'image se crée sur trois variables homogènes et ordonnées : les deux dimensions du plan et une variable de 3<sup>e</sup> dimension.

**LES RÈGLES DE CONSTRUCTION** conduisent donc le rédacteur à utiliser les deux dimensions du plan d'une manière homogène, rectiligne et orthogonale et à utiliser en 3<sup>e</sup> dimension une variable ordonnée : la taille, la valeur ou le grain.



## PAGES

- 148** Et il en résulte que :  
**Toute information à trois composantes ou moins peut être construite en une image.**  
 Il faut et il suffit que soient respectées les règles de construction. Dans ce cas, quel que soit le type ou le niveau de la question, la réponse sera vue en une image, ne nécessitera qu'un instant de perception. Nous dirons que la représentation graphique est **UNE IMAGE**.  
 Dans toute construction ne respectant pas ces règles, certains types, certains niveaux de questions nécessiteront la perception successive de plusieurs images, c'est-à-dire un coût mental élevé. La mémorisation de la réponse sera très difficile et souvent impossible. Nous appellerons ces constructions des **FIGURATIONS**. Elles seront moins efficaces que les constructions en une image.

- 154** **5 LES LIMITES** : l'image n'admet pas plus de trois variables significatives. Par conséquent toute information à plus de trois composantes ne peut être construite en une image, ce qui veut dire que pour certaines questions l'identification nécessitera plusieurs instants de perception, plusieurs images et :

Dans une information à plus de trois composantes, il est nécessaire de **CHOISIR DES QUESTIONS PRÉFÉRENTIELLES**, introduites par un seul instant de perception, et de réserver aux questions moins utiles ou moins probables les identifications d'entrée nécessitant plusieurs instants de perception.

La mémorisation visuelle est évidemment inversement proportionnelle au nombre d'images nécessaire à la perception d'une information; c'est elle qui, en définitive, dirige le choix des questions préférentielles et conduit à distinguer les trois fonctions de la représentation graphique :

### C. Les trois fonctions de la représentation graphique

- 160** 1. **ENREGISTRER L'INFORMATION**, créer une mémoire artificielle qui évite l'effort de mémorisation. La construction sera exhaustive mais peut être non mémorisable dans son ensemble.  
**162** 2. **COMMUNIQUER L'INFORMATION**, créer une image mémorisable qui inscrira l'information dans la mémoire. La construction sera mémorisable mais peut être non exhaustive. L'image sera simple.

- 164** 3. **TRAITER L'INFORMATION**, fournir les dessins qui permettent de  
**166** procéder à **LA SIMPLIFICATION** et de la justifier. La construction sera mémorisable (pour les comparaisons) et exhaustive (pour les choix).

Une information à trois composantes et moins, construite en une image, répond aux trois fonctions de la représentation graphique. Mais une information à plus de trois composantes sera construite différemment selon la fonction visée, c'est-à-dire selon la nature des questions utiles.

### D. Les règles de construction

- 172** Des **RÈGLES DE CONSTRUCTION** exprimées par des **SCHEMAS DE BASE** définissent suivant les principaux cas la construction la plus efficace.

### E. Les règles de lisibilité (ou règles de séparation)

- 175** Les règles de construction dirigent le choix des variables visuelles. Une fois choisies, les variables peuvent cependant être plus ou moins bien utilisées. L'efficacité dépend aussi des écarts sensibles que l'on saura tirer de chaque variable ou de leurs combinaisons éventuelles, et qui en augmenteront ou en réduiront la capacité de séparation.  
 Ainsi par exemple l'écart sensible est plus grand entre le bleu et le rouge qu'entre le bleu et le vert, entre le noir et le blanc qu'entre le noir et le gris...

On appellera **RÈGLES DE LISIBILITÉ** les observations qui permettent de mettre en œuvre les plus grands écarts sensibles de la vision. Elles sont liées aux facultés de la perception humaine, et sont propres à chaque variable ainsi qu'à chaque combinaison de variable, et s'expriment par leur **LONGUEUR**. Mais celle-ci varie suivant le niveau de signification que l'on veut exprimer. La perception sélective appelle les plus grands écarts.



# I

## **L'ANALYSE DE L'INFORMATION**

*La détermination rigoureuse des composantes de l'information, de leur nombre, de leur longueur et de leur niveau précède toute rédaction graphique.*

- A. Invariant et composantes**
- B. Nombre de composantes**
- C. Longueur des composantes**
- D. Niveau d'organisation des composantes**



## A. Invariant et composantes

### DÉFINITION

Une information est une série de correspondances observée entre un ensemble fini de concepts de variation ou composantes. Toutes les correspondances doivent répondre à une définition invariable (invariant). La connaissance précise de ces éléments est le seul moyen

- de comprendre une information complexe
- d'en définir la meilleure transcription graphique
- d'en rédiger titre et légende

Quelques exemples nous permettront de préciser les deux notions.

### EXEMPLES

**Exemple 1 :** Cours de l'action X à la Bourse de Paris  
**L'INVARIANT** est la définition complète et invariable commune à toutes les données.

C'est la "cote en francs nouveaux de l'action X, au comptant, dernier cours, à la bourse de Paris"

En effet, on ne peut mélanger dans cette information des cotes à terme et au comptant, des francs nouveaux et anciens, l'action X et l'action Y, la bourse de Londres et celle de Paris.

**LES COMPOSANTES** sont les concepts de variation.

Les concepts de variation sont dans cette information :

- les quantités (de francs).
- le temps (catégorisé en jours).

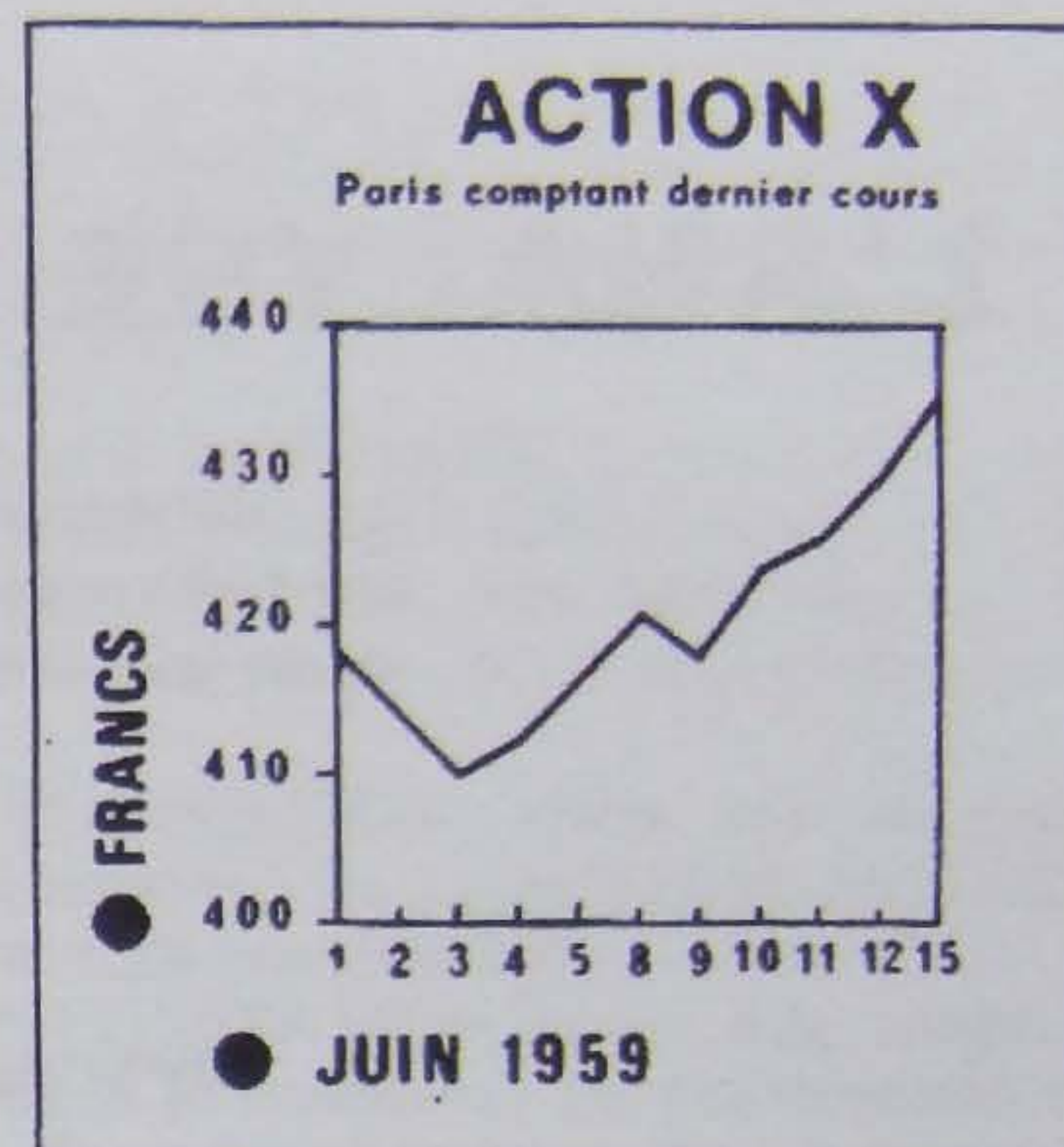
L'information est à deux composantes et le dessin doit mettre en œuvre deux variables visuelles : les deux dimensions du plan (1).

**Exemple 2 :** Comparaison des cours des actions X et Y.

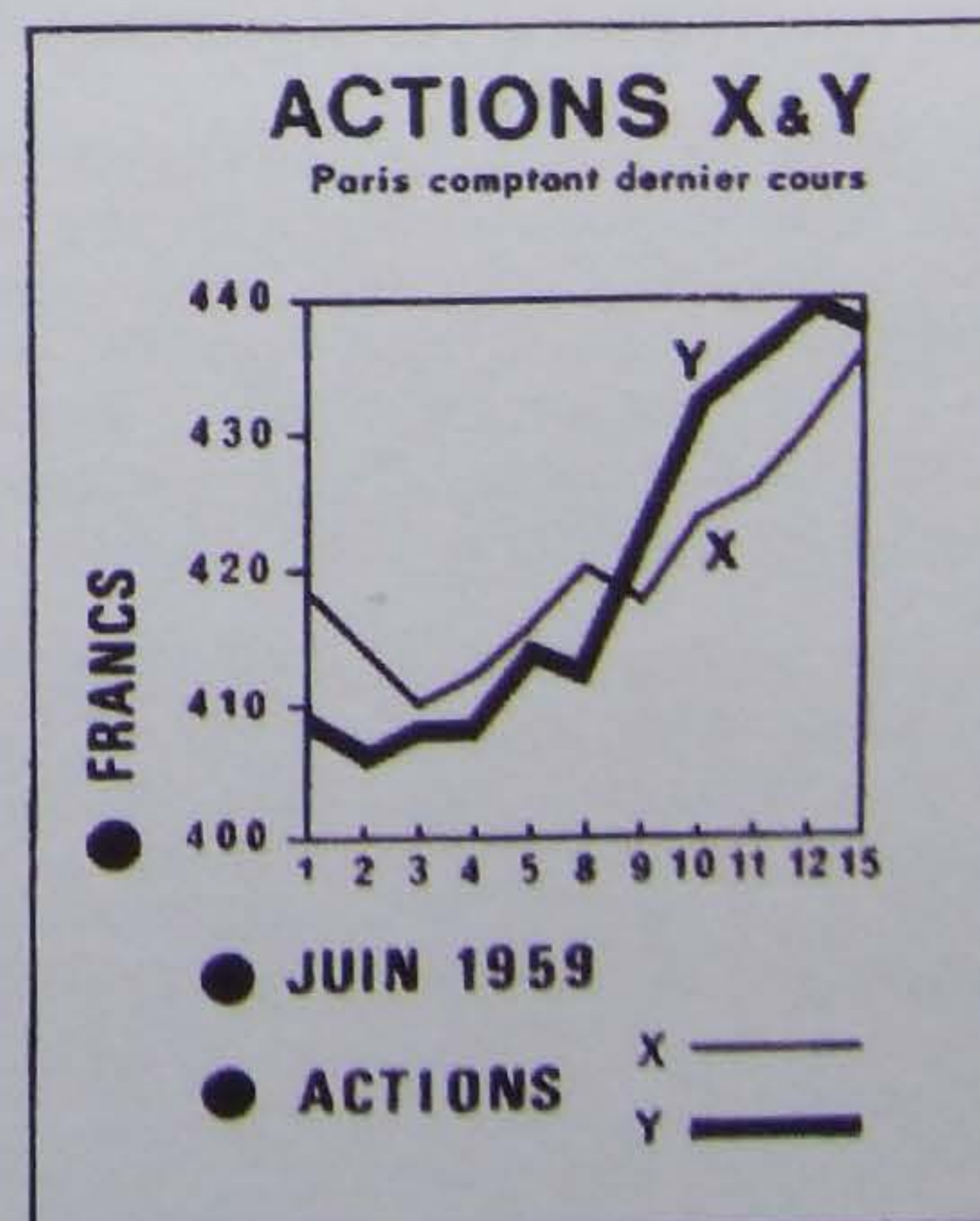
INV. - cote en francs, au comptant, dernier cours, à Paris

COM. - les quantités de francs, suivant  
- le temps  
- diverses actions (X et Y).

L'information est à trois composantes et le dessin doit mettre en œuvre trois variables visuelles. Une variation de taille différencie X et Y (2).

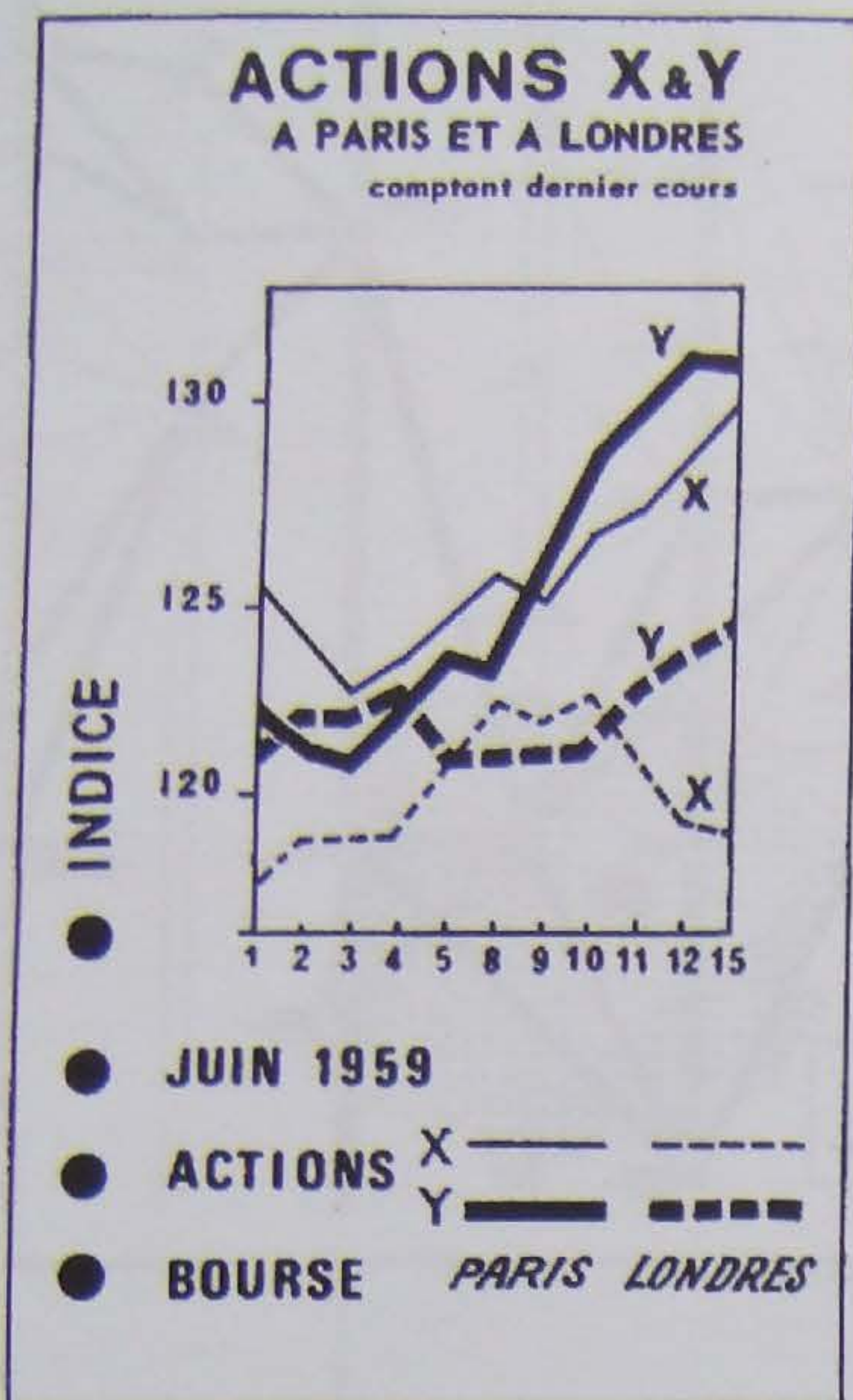


1



2





3

**Exemple 3 :** Comparaison des cours de X et Y, à Londres et à Paris.

INV. - cote, au comptant, dernier cours.

COM. - les quantités (indices) suivant

- le temps

- diverses actions (X et Y)

- diverses places (Londres, Paris).

L'information est à 4 composantes et le dessin doit mettre en œuvre 4 variables visuelles. Il introduit par exemple, en plus des trois précédentes, une variation de grain (3).

On remarque que la définition de l'invariant se simplifie quand le nombre des composantes augmente.

Ces trois cas d'information sont suffisamment connus et anciens pour avoir reçu un vocable spécifique : **COURS**.

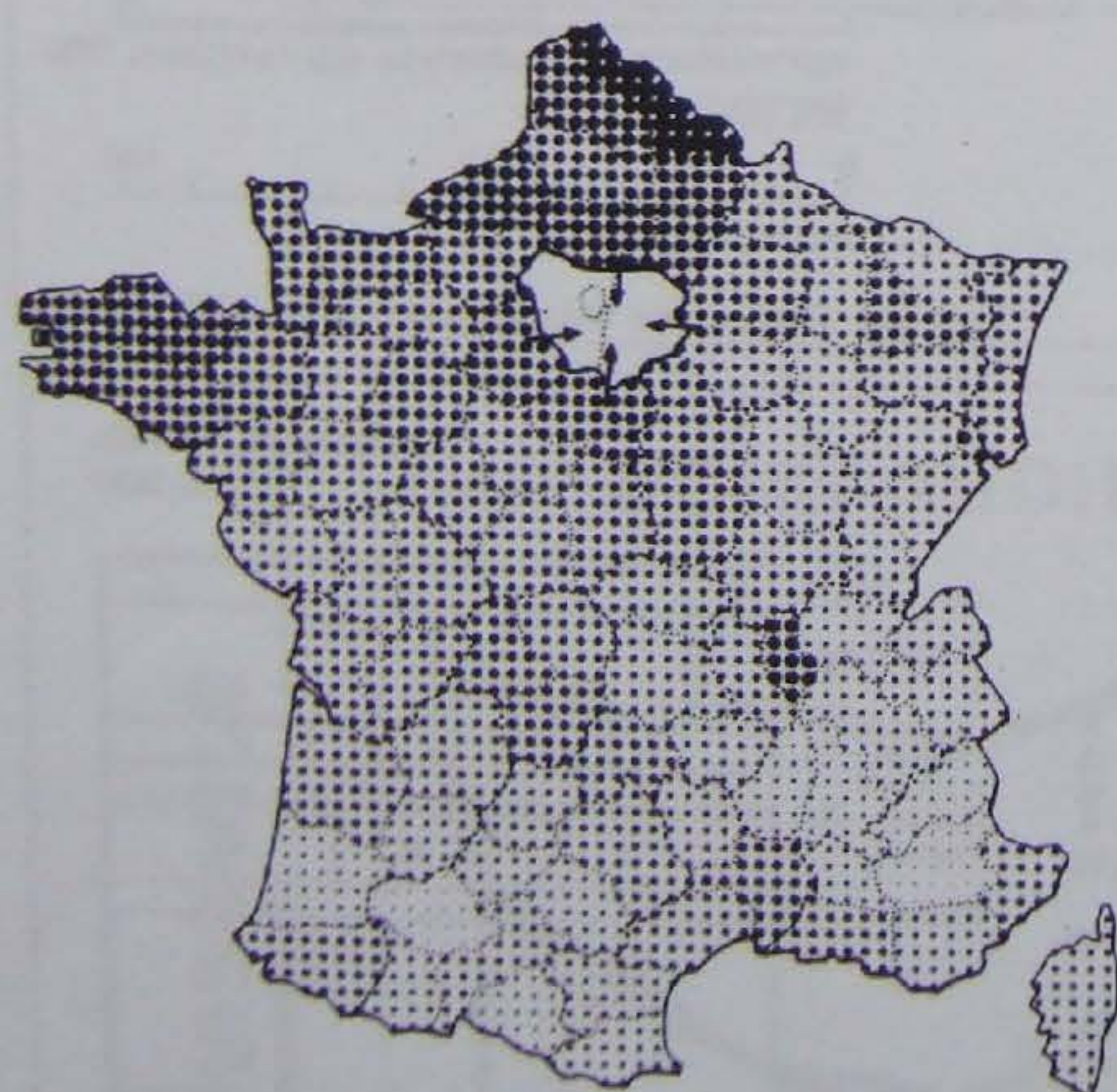
Celui-ci peut servir de titre car il résume la situation informationnelle, et sa compréhension spontanée remplace l'analyse logique.

Mais l'information moderne met en correspondance des composantes les plus diverses et l'invariant devient plus subtil.

#### MIGRATION VERS PARIS

Habitants de la région parisienne  
nés en province

- Quantités par
- département de naissance



HABITANTS  
par point

63  
160  
315  
500  
630  
790  
1000  
1250  
1580  
2000  
2500  
3150  
6280

**Exemple 4 :** Population résidant dans la région parisienne par département de naissance (non compris les départements constituant la région parisienne) valeur absolue.

**Exemple 5 :** Répartition de 100 personnes nées en dehors de la région parisienne et y résidant en 1962, suivant le département de naissance.

Il n'y a pas de mot pour coiffer chacune de ces informations, pas de titre connu car la relation est trop nouvelle. L'analyse logique devient obligatoire si le rédacteur veut comprendre ce qu'il doit exprimer, si le lecteur veut comprendre ce qui lui est présenté, sinon chacun s'expose à de graves erreurs. Et par exemple, quelle différence y a-t-il entre les informations 4 et 5 ? L'analyse nous fait constater qu'il n'y en a pas. Ce sont deux formules verbales qui expriment le même contenu : dans les deux cas en effet :

INV. - personne, habitant la région parisienne, née en province, et comptée dans son département de naissance.

COM. - les quantités de personnes suivant  
- les départements (4).

Simplement les quantités absolues sont exprimées dans l'un par les nombres observés, et le total correspond au nombre des observations (3 034 700), dans l'autre par des nombres dont le total est 100. Tous les nombres du premier exemple ont été multipliés par la fraction 100/3 034 700 pour fournir le second. C'est un simple changement d'échelle dans l'expression numérique, qui ne modifie en rien les correspondances observées.

Seule la recherche de la définition précise de l'invariant et des composantes permet, dans de tels cas, de comprendre l'information.

4

I.N.S.E.E. 1966



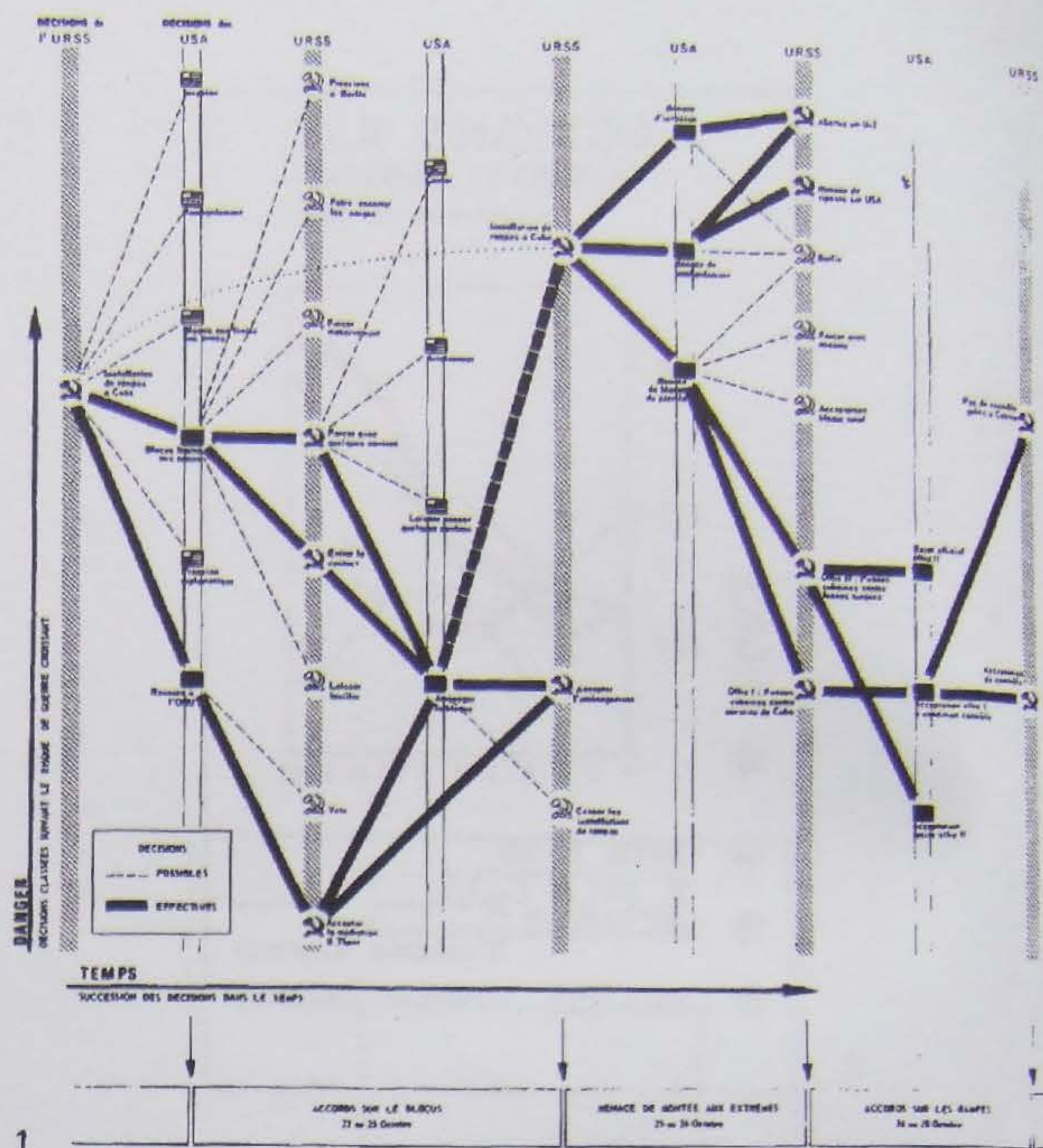
**Exemple 6 - La crise de Cuba - Éléments principaux de la décision au cours de la crise "chaude" (p. 266).** C'est un problème non quantitatif. Seule l'analyse permet de bien dessiner l'information.

INV. - une décision au sommet (prise par un Chef d'État). Les décisions sont diversifiées suivant

- COM. - la nationalité (américaine ou russe)  
- (possible ou effective)  
- le danger (degré de danger de guerre)  
- la date (prise à telle ou telle date)  
- la nature (de telle ou telle nature).

C'est une information à 5 composantes. Elle nécessite au moins 5 variables visuelles et ne peut être perçue dans sa totalité en une image spontanée (1).

On constate qu'aucun mot n'existe pour exprimer la deuxième composante. Certaines composantes ne s'expriment que par liste de leurs catégories. Aucun mot n'existe non plus pour l'ensemble de l'information. Le "titre" n'est qu'une périphrase qui oriente le lecteur vers le sujet, mais ne l'informe pas des composantes mises en œuvre. Nous sommes loin du mot "cours" des premiers exemples.



## L'ORDRE DES COMPOSANTES

Lorsque l'information contient des pourcentages, ou que l'on convient de représenter des pourcentages, calculés à partir de l'information, il est nécessaire d'en tenir compte dans la description analytique. Soit à comparer l'étendue des trois grands secteurs d'activité dans divers pays :

**Exemple (2) :**

INV. - personnes actives (1960)

COM. - différents pays

- Q pour 100 personnes actives par pays suivant
- trois grands secteurs d'activité.

Dans cette information, et dans sa représentation graphique, tous les pays sont considérés comme semblables et égaux à 100. Ils ne sont pas pondérés entre eux et les quantités ne s'appliquent pas à la composante "différents pays".

On exprime cette situation en plaçant en tête de l'analyse les composantes non affectées par les quantités, et en faisant suivre les quantités des seules composantes qu'elles pondèrent.

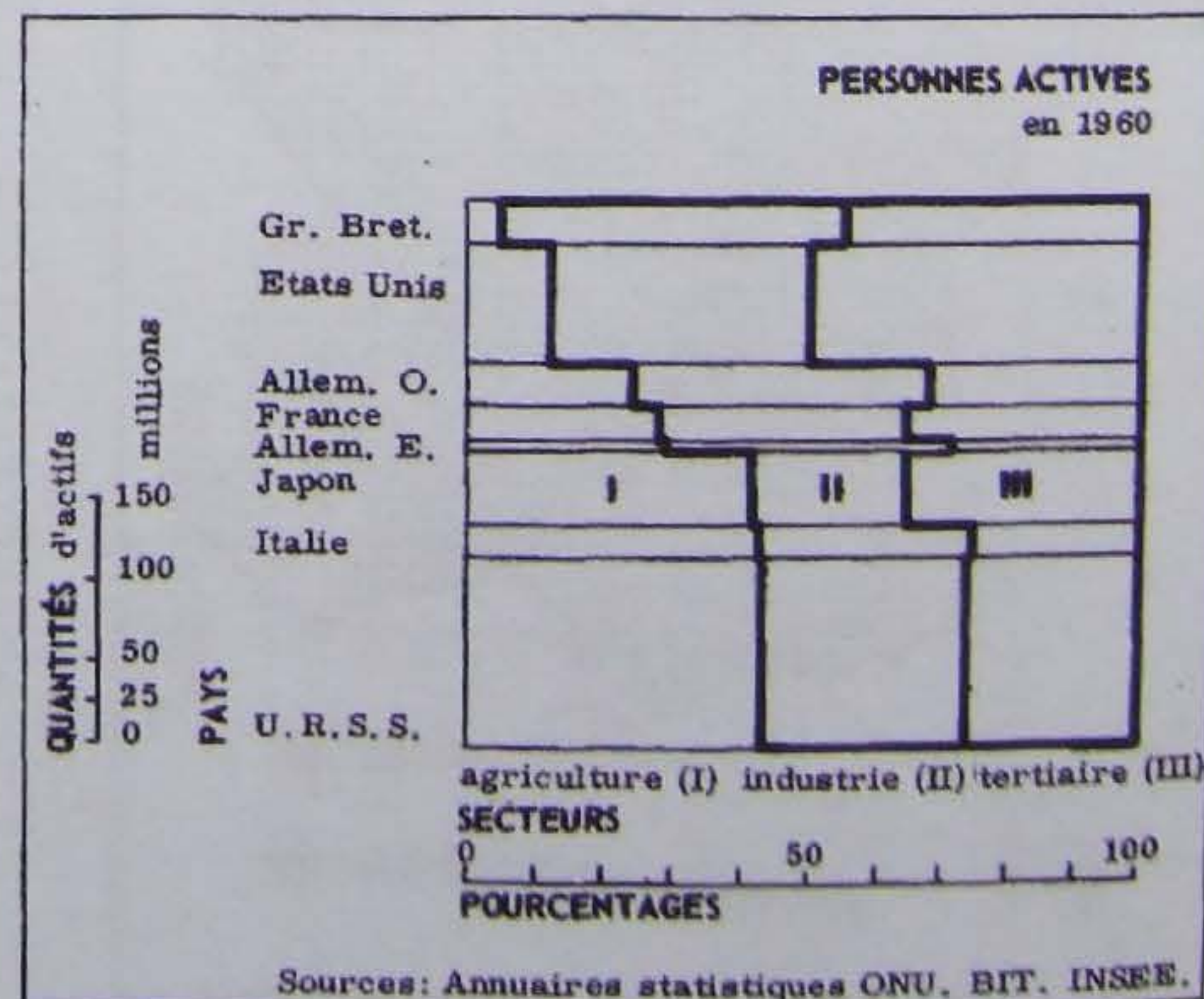
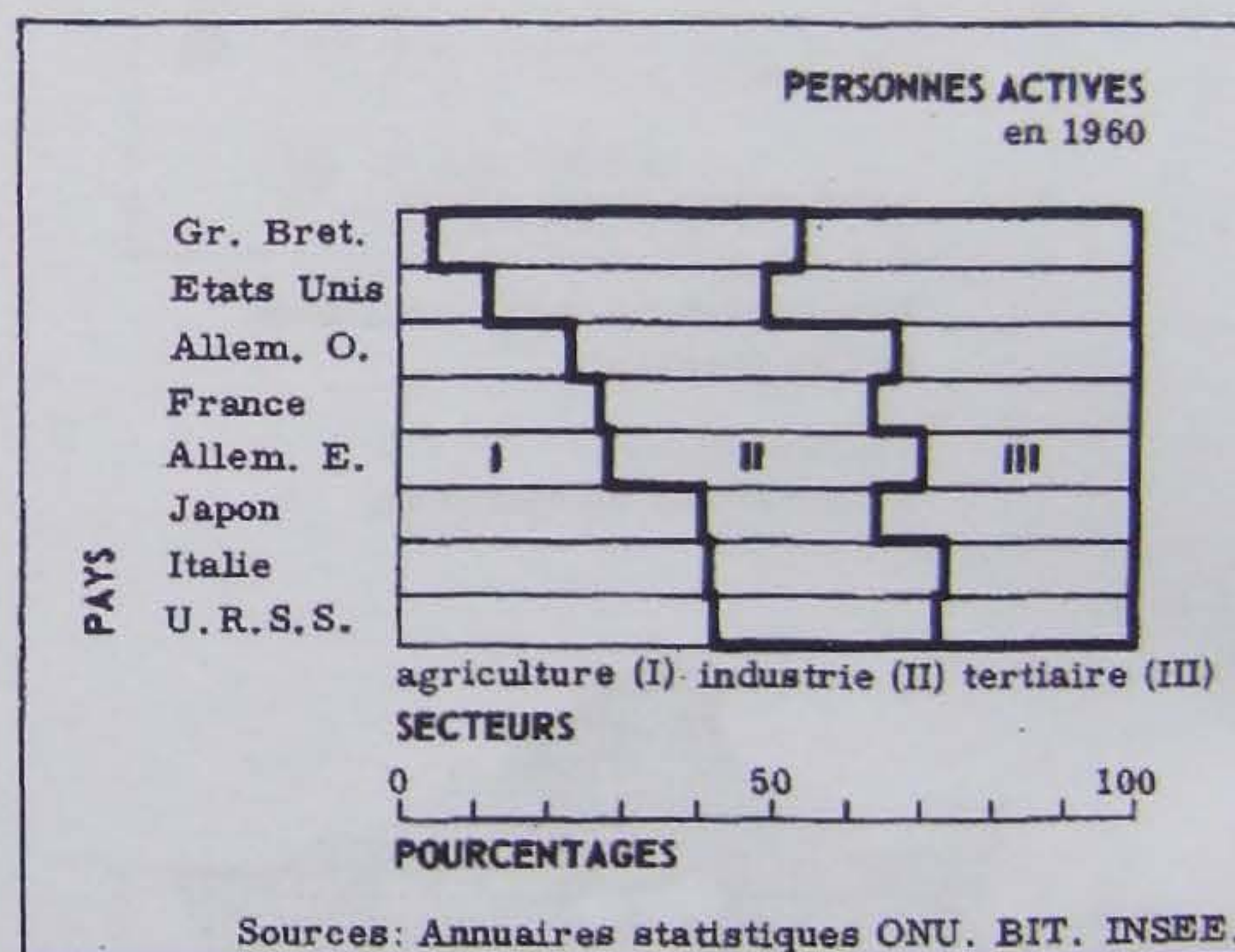
Cette règle conduit par exemple à la description analytique suivante :

**Exemple (3) :**

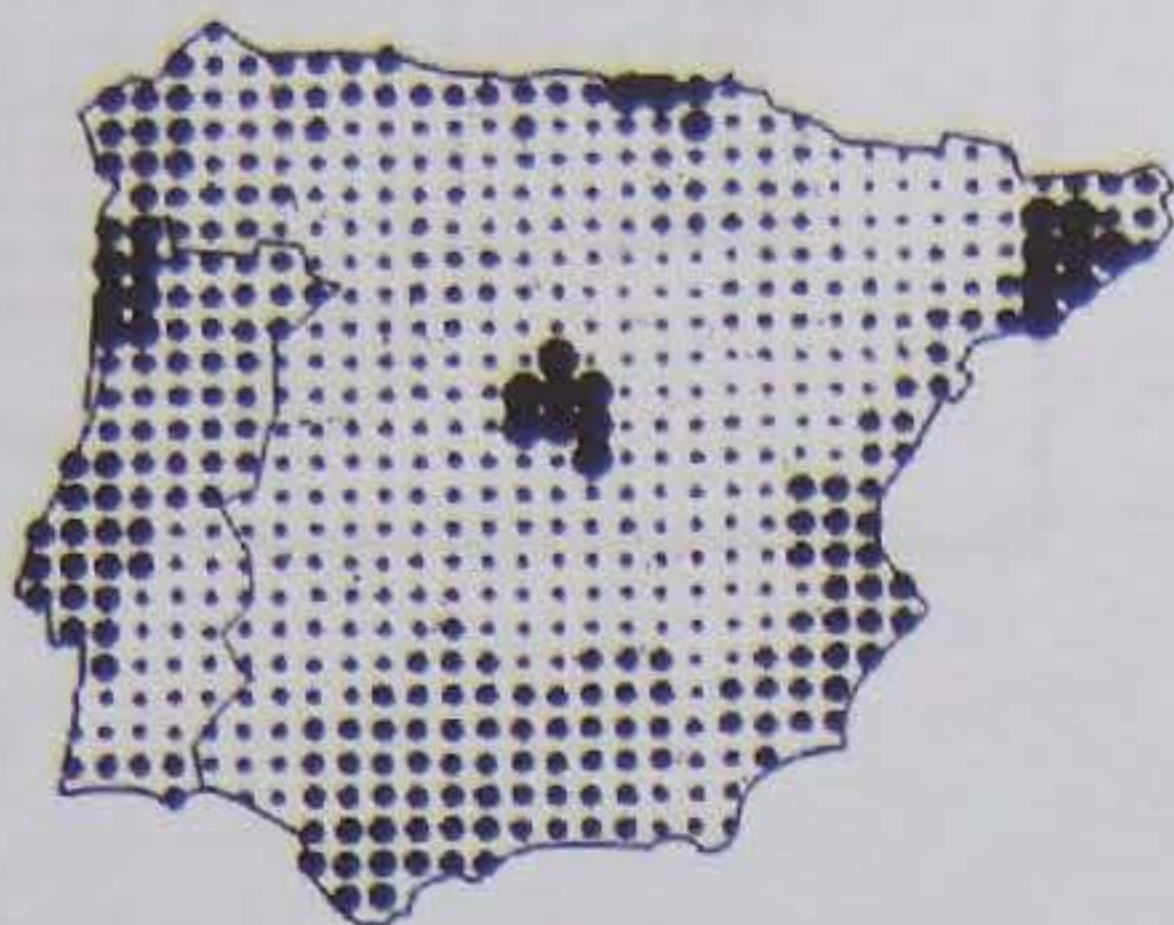
INV. - personnes actives (1956).

COM. - Q absolues suivant

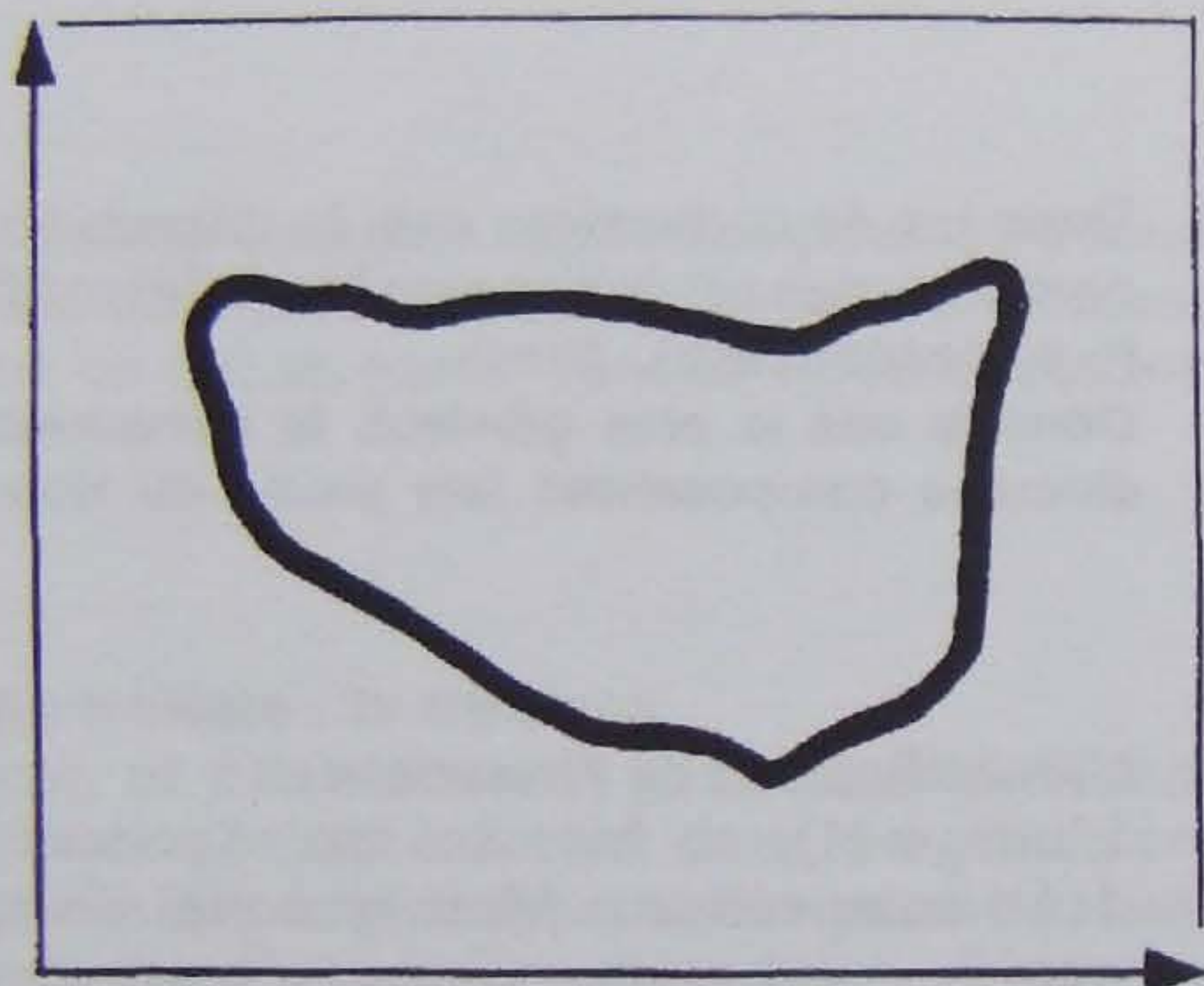
- différents pays
- Q pour 100 personnes actives par pays suivant
- différents secteurs d'activité.



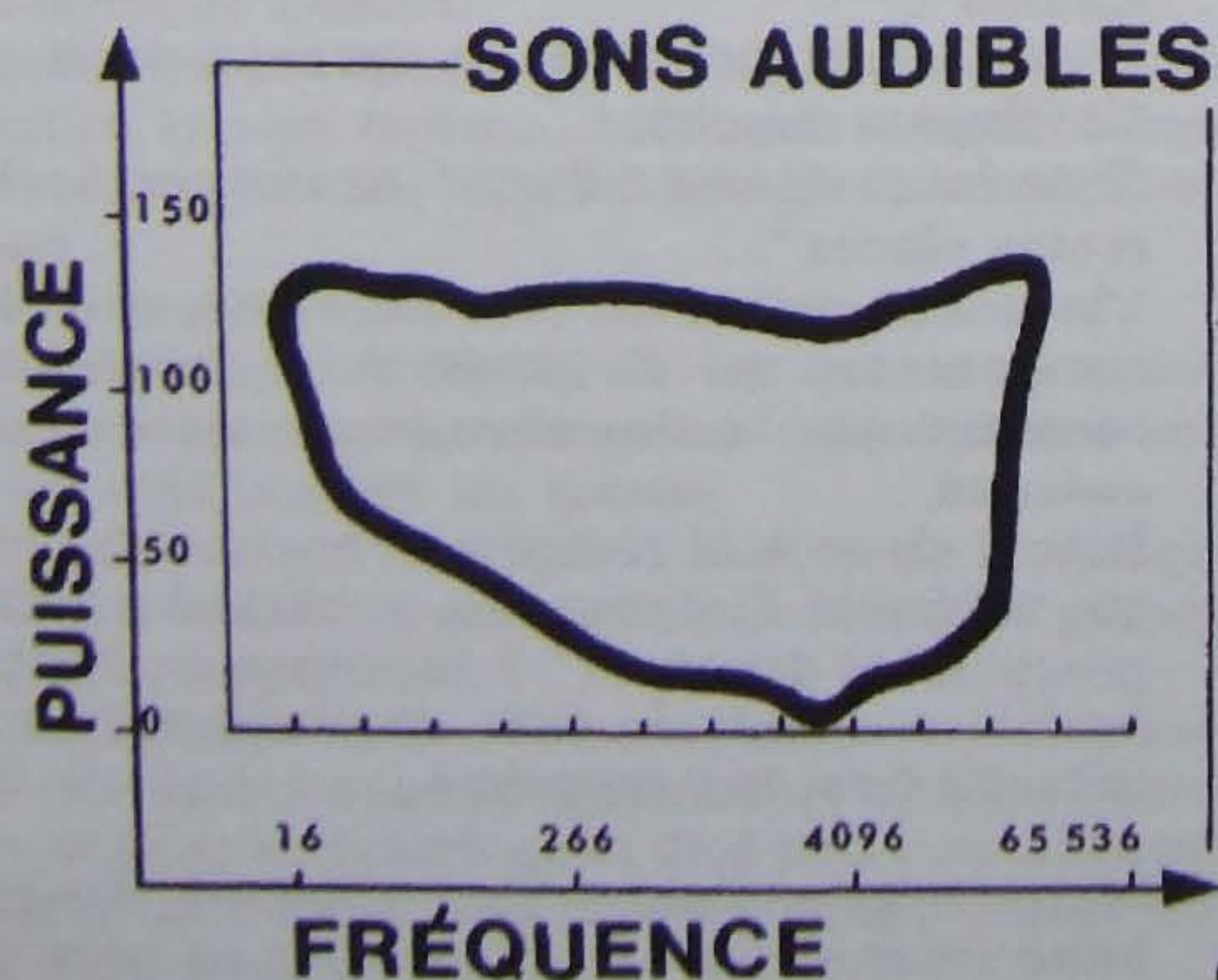




4



5



6

Première application de la notion de composantes

## LA RÉDACTION DES TITRES ET LÉGENDES

Il y a une incontestable confusion entre les deux termes. La "légende" écrite sous une figure fait généralement fonction de titre, mais les documentalistes constatent qu'il faut aller chercher le "titre" d'une carte non dans la phrase qu'il est convenu d'appeler titre, mais dans ce que les dessinateurs appellent légende. Évitions cette confusion. Les mots mis en vedette dans une expression graphique ont deux fonctions :

1°) permettre au lecteur de concrétiser, *dans sa pensée*, l'invariant et les composantes mises en œuvre. C'est l'IDENTIFICATION EXTERNE. Elle est indépendante de la représentation graphique.

2°) concrétiser *dans le dessin* les variables visuelles correspondant aux composantes. C'est l'IDENTIFICATION INTERNE.

### L'IDENTIFICATION EXTERNE

Elle est indépendante de la représentation graphique en ce sens que le dessin, à lui seul, ne peut fournir tous les éléments nécessaires à l'identification. Les dessins ci-contre (4) et (5) ne sont pas identifiables. Un mot, écrit ou verbal, est indispensable à l'identification externe.

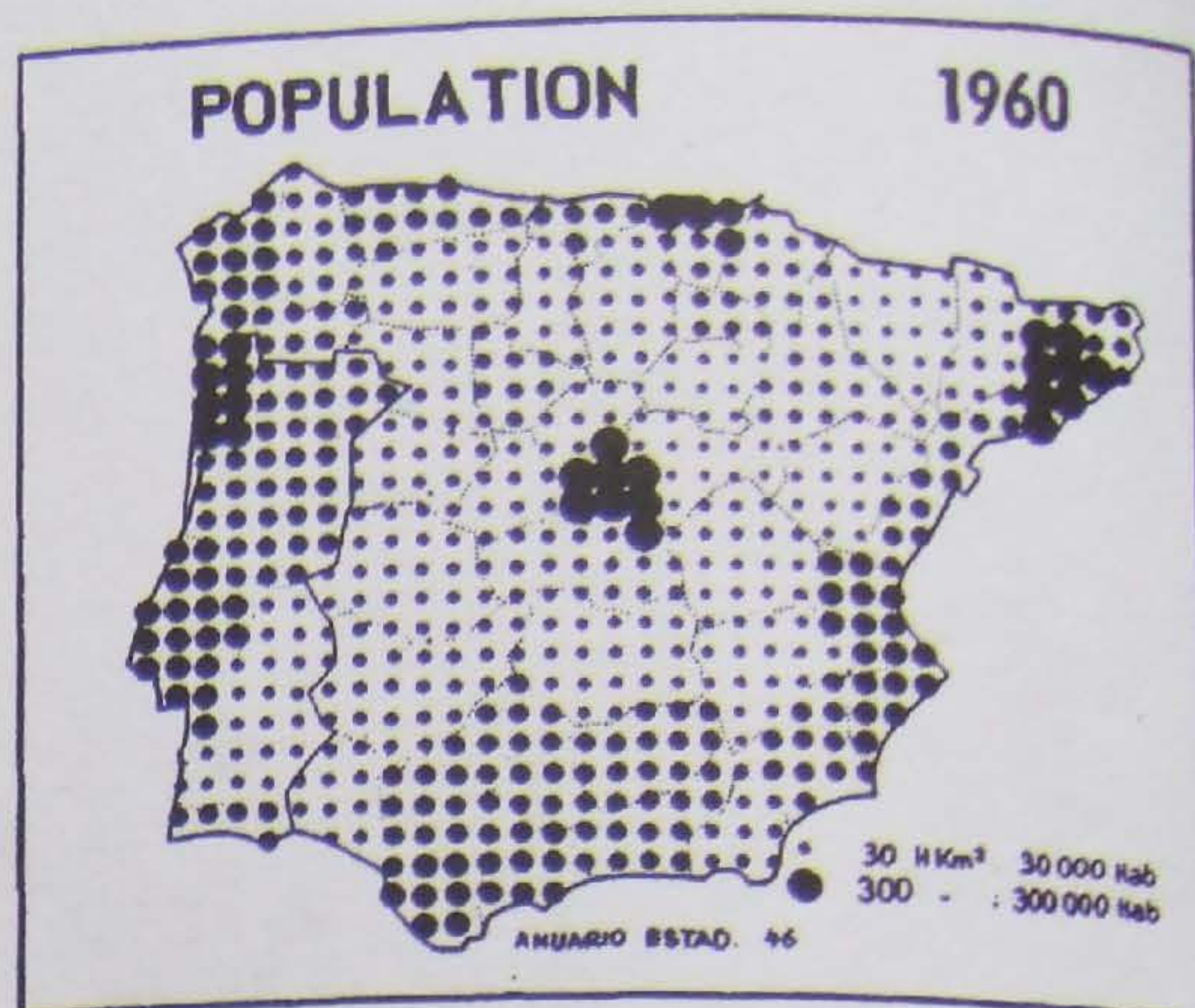
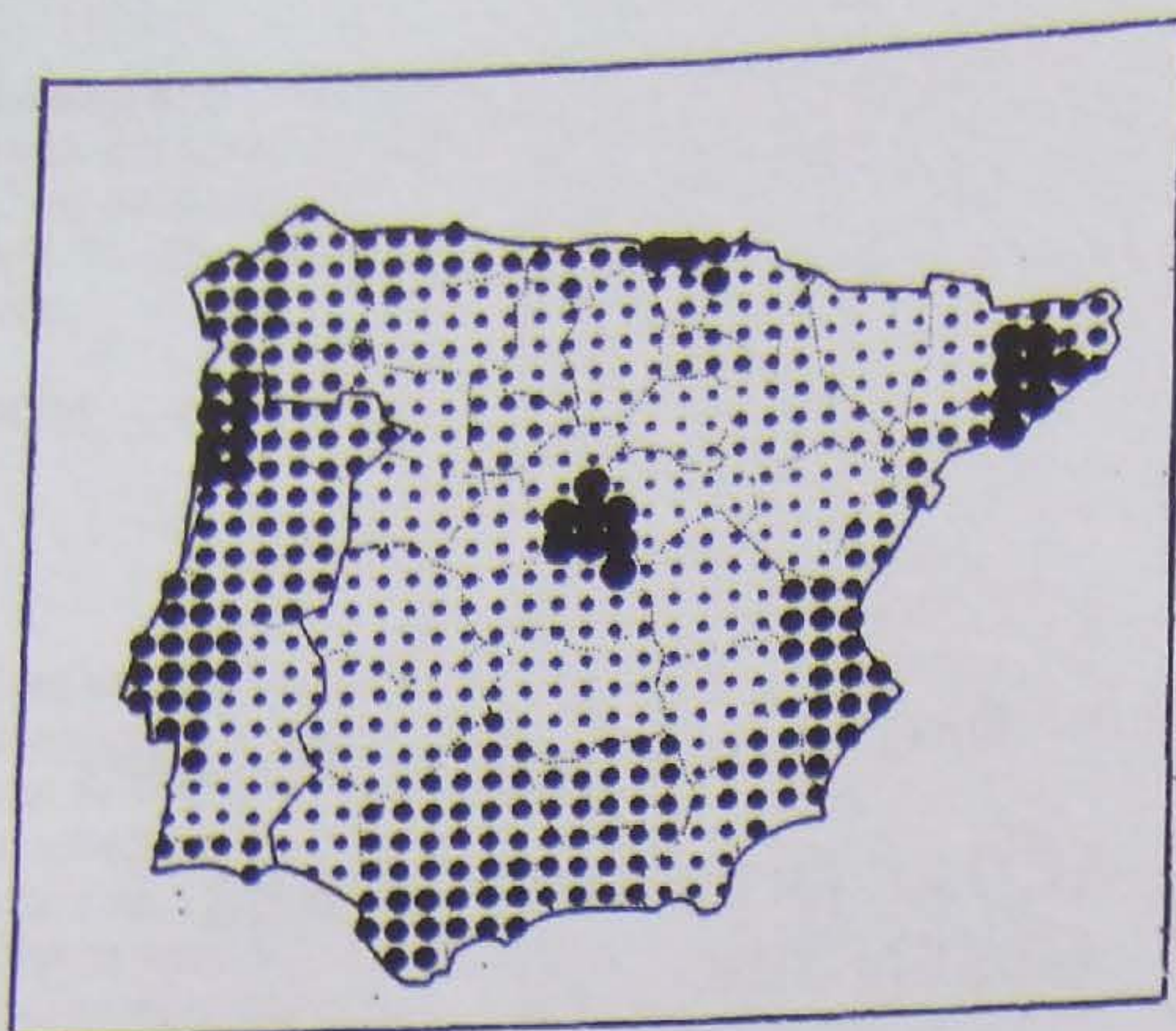
Pour identifier la figure (5) il faut connaître

- l'invariant : les sons audibles
- la 1<sup>re</sup> composante : la fréquence du son (périodes-seconde)
- la 2<sup>e</sup> composante : la puissance du son (niveau sonore en décibels) (6).

On ne peut utilement observer une représentation graphique que si l'on en connaît l'invariant et les composantes.

Titrer un dessin, c'est rendre cette prise de connaissance aussi rapide que possible, sans laisser planer une quelconque ambiguïté.





2

### L'identification des composantes

Dans de nombreux cas cependant, l'identification des composantes peut résulter du dessin lui-même. Pour un public donné, il est clair que dans la figure (1) il s'agit :

- d'une carte de la péninsule ibérique : composante géographique,
- de quantités : composante quantitative.

Il ne suffit plus que de préciser l'invariant (2).

Dans certains cas le dessin peut fournir le moyen d'identifier les composantes, grâce aux habitudes visuelles acquises.

Et grâce à cette aide, un mot définissant l'invariant peut suffire pour préciser en même temps les composantes. Des mots tels cours, prix, température de X, pression barométrique... peuvent définir aussi les deux composantes d'un diagramme. Le langage les a créés, le lecteur les entend ainsi parce que ces images sont d'un emploi relativement courant et renouvelé.

Mais la curiosité scientifique multiplie maintenant les innombrables combinaisons qui ne peuvent être baptisées par un terme concis, ou dont le vocable spécifique n'est familier qu'à un groupe restreint d'individus. Le rédacteur rencontrera donc trois cas :

- Les figurations courantes, qui possèdent un mot pour évoquer les composantes, ou dont l'image suffit (particulièrement en cartographie) pour qu'elles soient reconnues.
- Les combinaisons nouvelles, qui ne possèdent qu'un vocable récent, peu familier du lecteur moyen (diagrammes ombrothermiques, courbes de concentration, stemmas...). Le vocable ne remplit son rôle qu'une fois cette familiarité acquise.
- Les combinaisons nouvelles, qui ne possèdent pas de vocable précis.

Dans les deux derniers cas, la dénomination écrite des composantes est indispensable à l'identification externe (6 p. précédente). Ainsi :

**Dans le cas le plus général, la dénomination écrite des diverses composantes fait partie du titre.**

### L'identification de l'invariant

L'image (1), ou bien le mot "cours" définissent les deux composantes. Mais quantité de quoi? cours de quoi?

**Dans tous les cas, le mot est nécessaire pour définir l'invariant.**

Cours de quoi? De l'action X - au comptant dernier cours - en francs nouveaux - à la bourse de Paris. C'est la catégorie X de la composante "différentes actions".

C'est la catégorie "au comptant" de la composante "différents marchés".

C'est la catégorie "Paris" de la composante "différentes places"...

L'invariant précise le lieu de rencontre des diverses composantes qui s'étalent dans l'ensemble supérieur constitué par le domaine prospecté ou par l'ouvrage consulté.

Il peut donc être rédigé en fonction des informations qui voisinent l'information considérée, et dans un regroupement des cours "à la bourse de Paris", ce terme peut être supprimé; dans un chapitre "au comptant" ce terme peut être supprimé...

Mais les suppressions sont toujours dangereuses car toute information graphique doit en principe pouvoir





3

être détachée de son contexte immédiat pour être mise en corrélation avec toute information ayant un élément commun. C'est ce qui se passe dans la documentation analytique.

#### L'identification externe : la titraison

Par conséquent, et dans le cas le plus général l'identification externe consiste à écrire, dans un caractère visible et dans une disposition type *a)* l'invariant *b)* toutes les composantes d'une information (3).

Le titre aura donc (4) comme *formule générale* et l'ordre des composants suivra la règle exposée p. 18.

Mais la rigueur et la précision de cette formule conduisent à une titraison longue, qui ne remplit plus les conditions de concision et de rapidité de lecture, particulièrement nécessaires lorsque l'on se trouve devant une grande quantité de dessins.

Pour éviter les suppressions définitives, il semble donc que la formule la plus logique, celle qui remplit toutes les conditions requises par le problème de l'identification externe soit :

- 1) de rédiger le titre suivant la formule générale
- 2) de le coiffer d'une VEDETTE (5) rédigée en fonction de l'orientation de pensée que les informations voisines ont déjà donnée au lecteur.

Sera généralement mis en vedette le nom de la catégorie considérée, dans la composante qui définit le groupe immédiatement supérieur.

On offre ainsi, en première lecture, le moyen de pénétrer progressivement dans l'originalité de chaque représentation, et pour le lecteur qui a déjà pris connaissance des documents, le moyen de retrouver rapidement une représentation donnée.

## Invariant

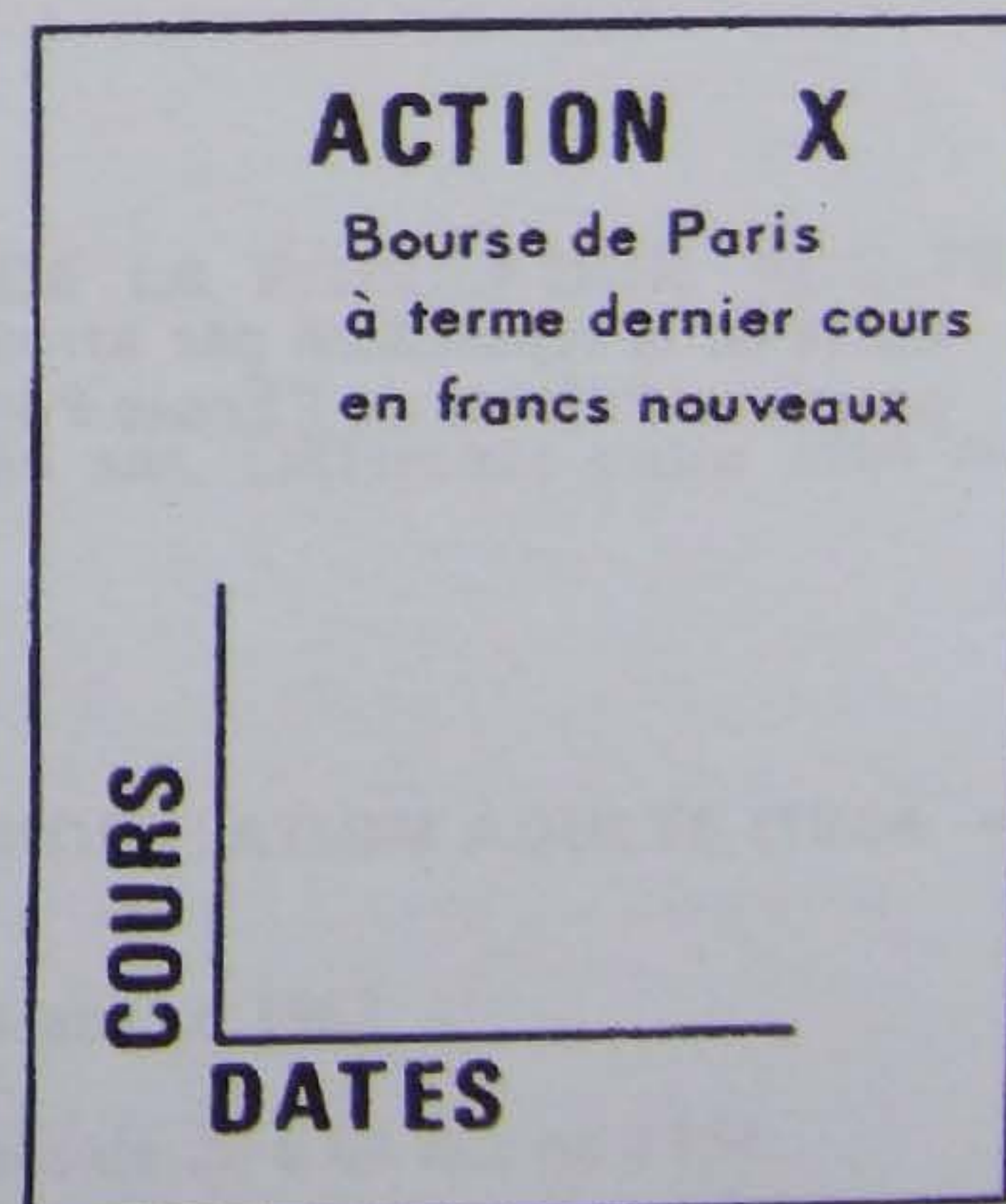
- 1ère composante
- 2ème composante
- 3ème composante
- 
- 

4

## VEDETTE Invariant

- 1ère composante
- 2ème composante
- 3ème composante
- 
- 

5



6

Les divers exemples qui suivent mettent en application ces principes. Ils soulignent ainsi combien la formule courante des "phrases-titre" peut devenir ambiguë. En effet, il existe un grand nombre de phrases-titre qui conviennent à une information graphique donnée, mais inversement une même phrase peut convenir à des informations très différentes.



Population résidant dans la région parisienne, par département de naissance (non compris les départements constituant la région parisienne). Valeur absolue en milliers.

Répartition de 100 personnes nées en dehors de la région parisienne et y résidant en 1962, suivant le département de naissance.

Nombre de personnes résidant en 1962 dans la région parisienne, pour 100 personnes nées dans chaque département (non compris les départements de la région parisienne).

Proportion de la population municipale vivant dans les communes rurales dont 20 à 39,9 % de la population est agricole, en pourcentage.

Carte de la répartition par arrondissement des parents parisiens d'élèves de l'École Polytechnique.

Éléments principaux de décision au cours de la crise cubaine "chaude" en 1962.

## **MIGRATION VERS PARIS**

Habitants de la région parisienne nés en province,  
- quantités absolues suivant  
- le département d'origine.

## **TAUX DE MIGRATION VERS PARIS**

Habitants de la région parisienne nés en province,  
- par département d'origine  
- Q pour 100 personnes nées dans le département.

## **COMMUNES RURALES, AGRICOLES A 20-40 %**

Population vivant dans les communes rurales dont 20 à 39,9 % de la population est agricole,  
- par département  
- Q pour 100 personnes vivant dans toutes les communes rurales.

## **POLYTECHNICIENS**

Domicile des parents parisiens d'élèves à l'École Polytechnique,  
- quantité  
- par arrondissement

## **LA CRISE CUBAINE (1962)**

Décisions au sommet (chefs d'États) suivant  
- qu'elles ont été effectives ou seulement possibles  
- la date  
- le danger de guerre  
- la nationalité (américaine ou russe)  
- la nature.



Pourcentage des élèves inscrits dans les classes de 6<sup>e</sup>, dans les écoles libres, par canton.

#### **L'ENSEIGNEMENT LIBRE EN CLASSE DE 6<sup>e</sup>**

Élèves inscrits en 6<sup>e</sup> dans les écoles libres,  
- par canton  
- Q pour 100 élèves de 6<sup>e</sup>, toutes écoles comprises.

#### **LA CLASSE DE 6<sup>e</sup> DANS LES ÉCOLES LIBRES**

Élèves inscrits en 6<sup>e</sup> dans les écoles libres,  
- par canton  
- Q pour 100 élèves inscrits dans les écoles libres.

Répartition des trois grands secteurs (agriculture, industrie, tertiaire) de la population active, en pourcentage, par département.

#### **GRANDS SECTEURS D'ACTIVITÉ**

Population active en 1954,  
- par département  
- Q pour 100 personnes actives, suivant  
- trois grands secteurs (agriculture, industrie, tertiaire).

#### **GRANDS SECTEURS D'ACTIVITÉ**

Population active en 1954,  
- par département  
- Q pour 100 habitants, suivant  
- trois grands secteurs (agriculture, industrie, tertiaire).

Variation de la population de 20 à 64 ans en France, entre 1954 et 1962.

#### **ACCROISSEMENT DE LA POPULATION ADULTE (1954 → 1962)**

Population de 20 à 64 ans. Différence entre 1954 et 1962,  
- en quantité absolue  
- par département.

#### **ÉVOLUTION DE LA POPULATION ADULTE (1954 → 1962)**

Population de 20 à 64 ans en 1962,  
- par département  
- Q pour 100 personnes de 20 à 64 ans en 1954.

#### **VARIATION DE LA PROPORTION D'ADULTES (1954 → 1962)**

Différence entre le pourcentage 1954 (Q de population de 20 à 64 ans pour 100 hab.) et le pourcentage 1962,  
- en quantité  
- par canton.



## L'IDENTIFICATION INTERNE

Une fois concrétisés dans la pensée l'invariant et les composantes, le lecteur doit encore reconnaître par quelle variable visuelle chaque composante est représentée.

Un diagramme "ombrothermique" devient familier lorsqu'on sait que ce mot signifie :

INV. - lieux plantés (de tel végétal) suivant

COM. - les précipitations enregistrées en ces lieux (total annuel)  
- la température enregistrée en ces lieux (moyenne annuelle).

Mais faut-il encore savoir que *sur le dessin* les précipitations croissent lorsque le regard se déplace de bas en haut (ordonnée) et que les températures croissent de gauche à droite (abscisse).

### Constructions à deux composantes

Chacune des deux dimensions du plan doit être baptisée.

Pour éviter les répétitions de termes on peut, dans les diagrammes, confondre identification externe et interne des composantes. On aboutit à la disposition type (1). Mais qu'advient-il lorsqu'il existe une troisième composante, et en cartographie, où les deux dimensions du plan sont mobilisées par l'ordre géographique ?

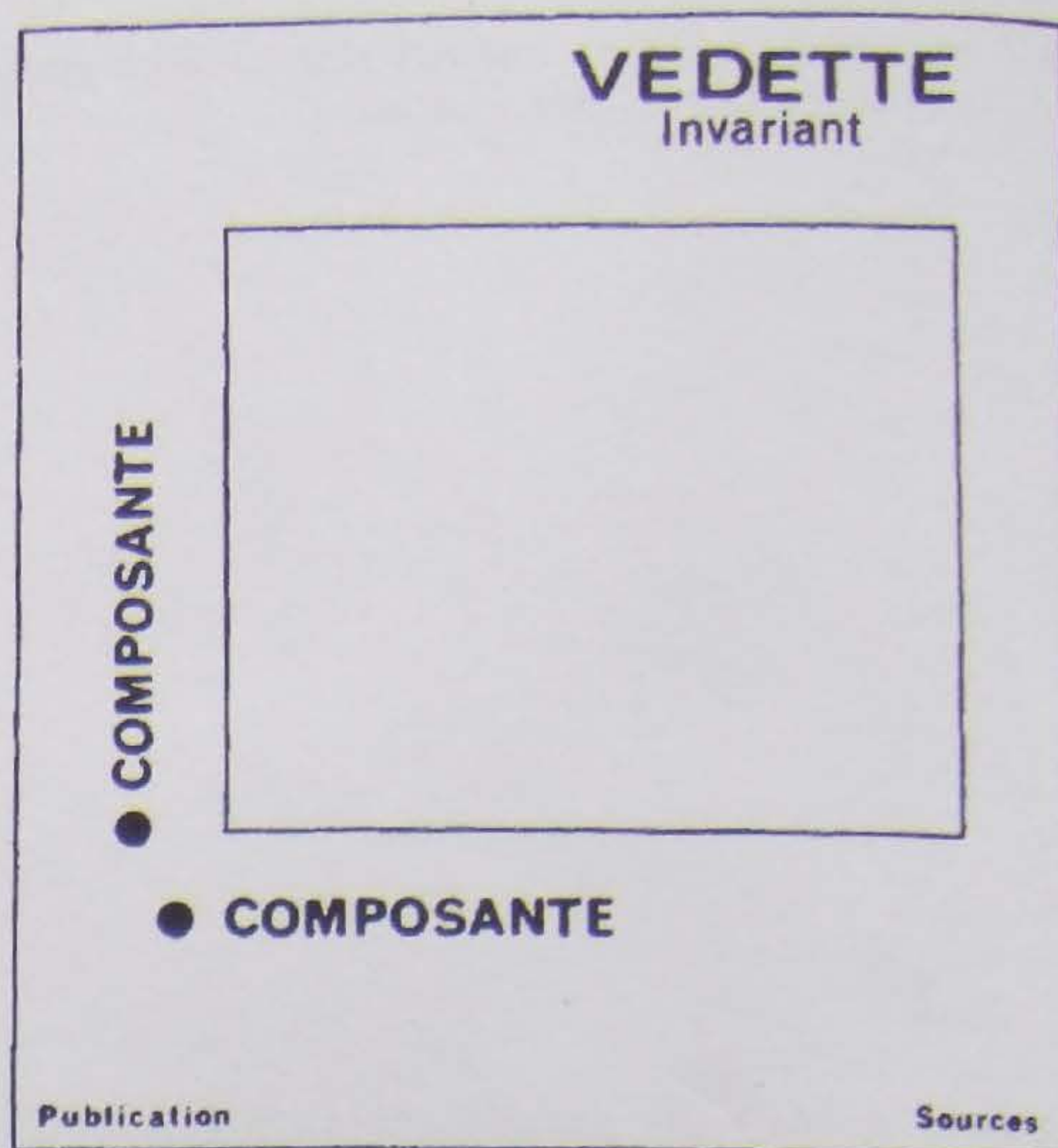
### Constructions à plus de deux composantes

Au-dessus de ce chiffre, les composantes mobilisent des variations visuelles de 3<sup>e</sup> dimension (réliniennes) : variation de taille des points ou lignes, variation de valeur des taches, de couleur, etc... indépendantes de leur position dans le plan.

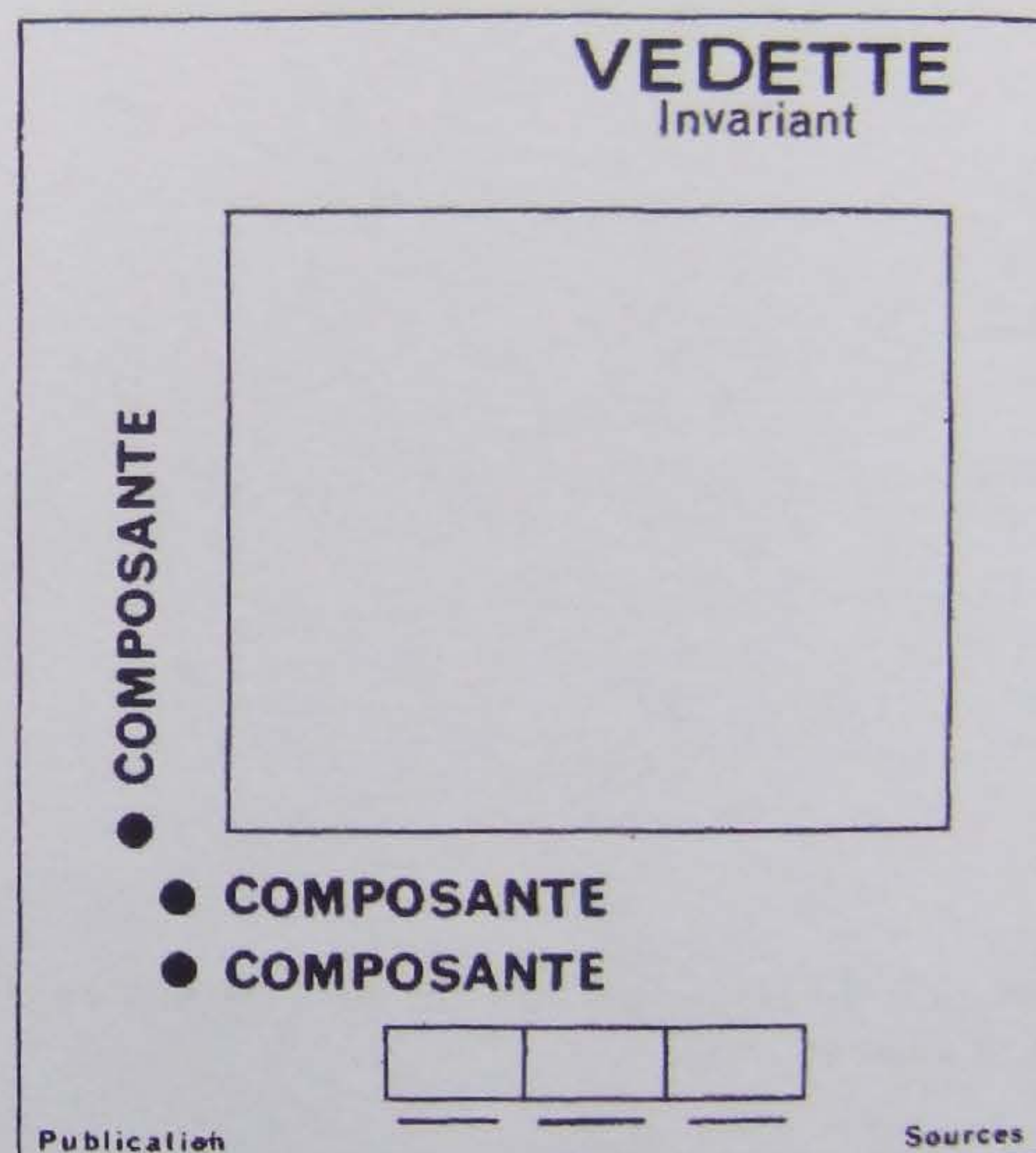
Pour chaque variable de 3<sup>e</sup> dimension, il faut donc dessiner une variation type, la baptiser du nom de la composante qu'elle exprime et mettre ses paliers en correspondance avec les catégories de la composante. C'est ce qu'on appelle la "légende".

Pour éviter les répétitions, on aboutit à la disposition-type (2).

1

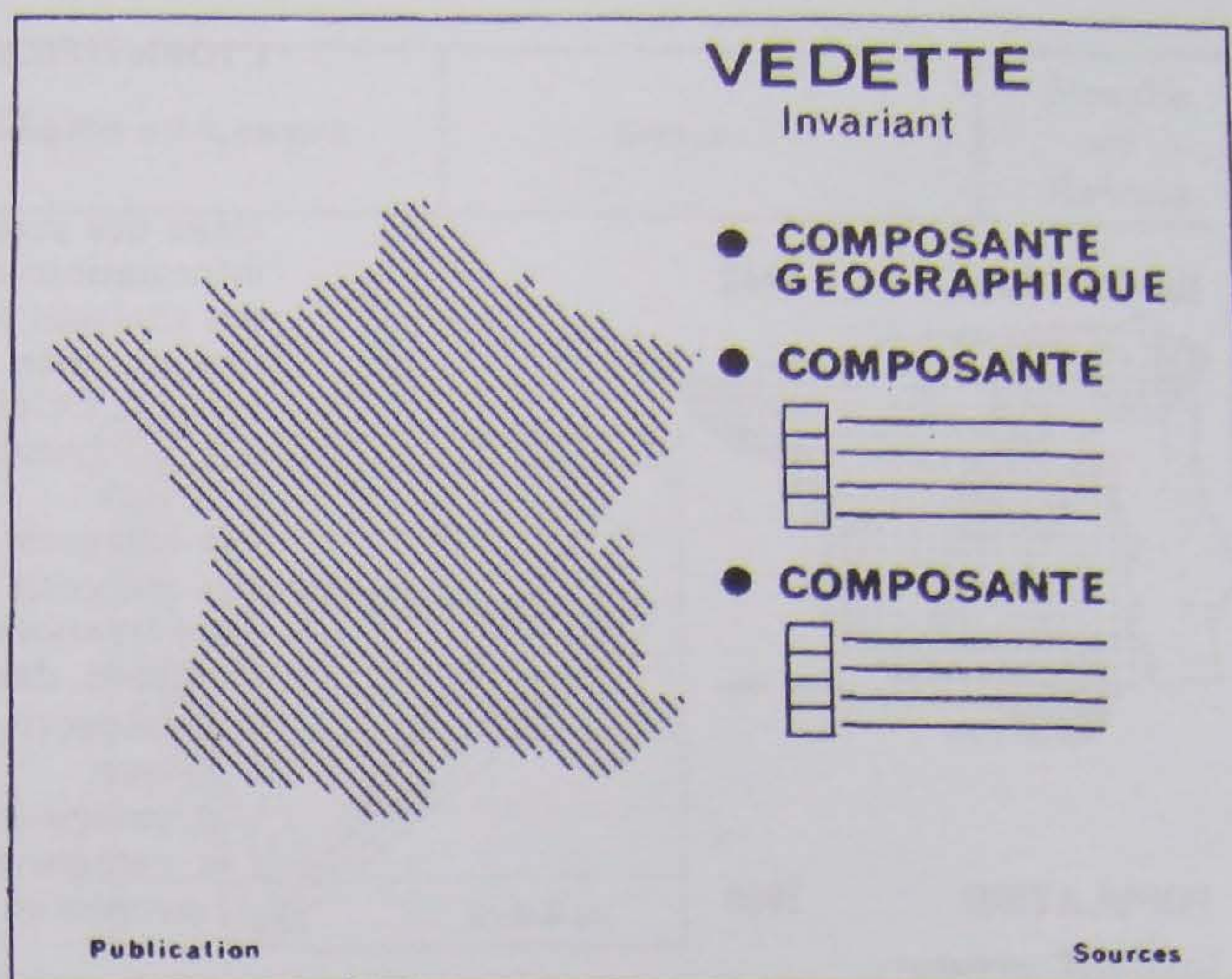


2

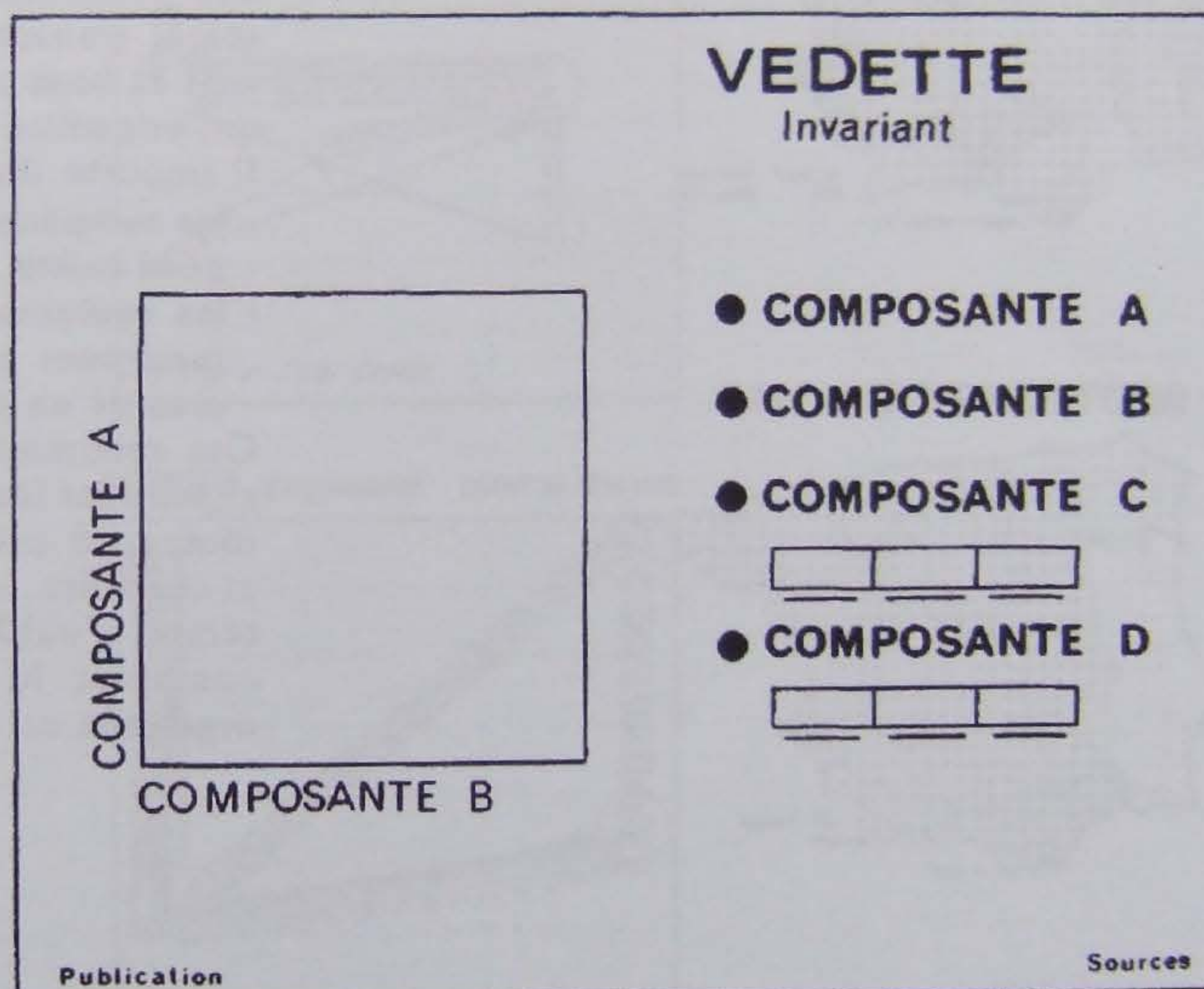




3



4



### La cartographie

Les deux dimensions du plan sont liées par l'identification géographique. Mais faut-il encore préciser, quand il y a lieu, la catégorisation géographique interne : les zones comptables sont-elles les départements, le système des "zones agricoles", les arrondissements, les cantons, les communes ?

De plus, une carte comporte souvent plusieurs composantes de 3<sup>e</sup> dimension.

Il en résulte la disposition-type (3).

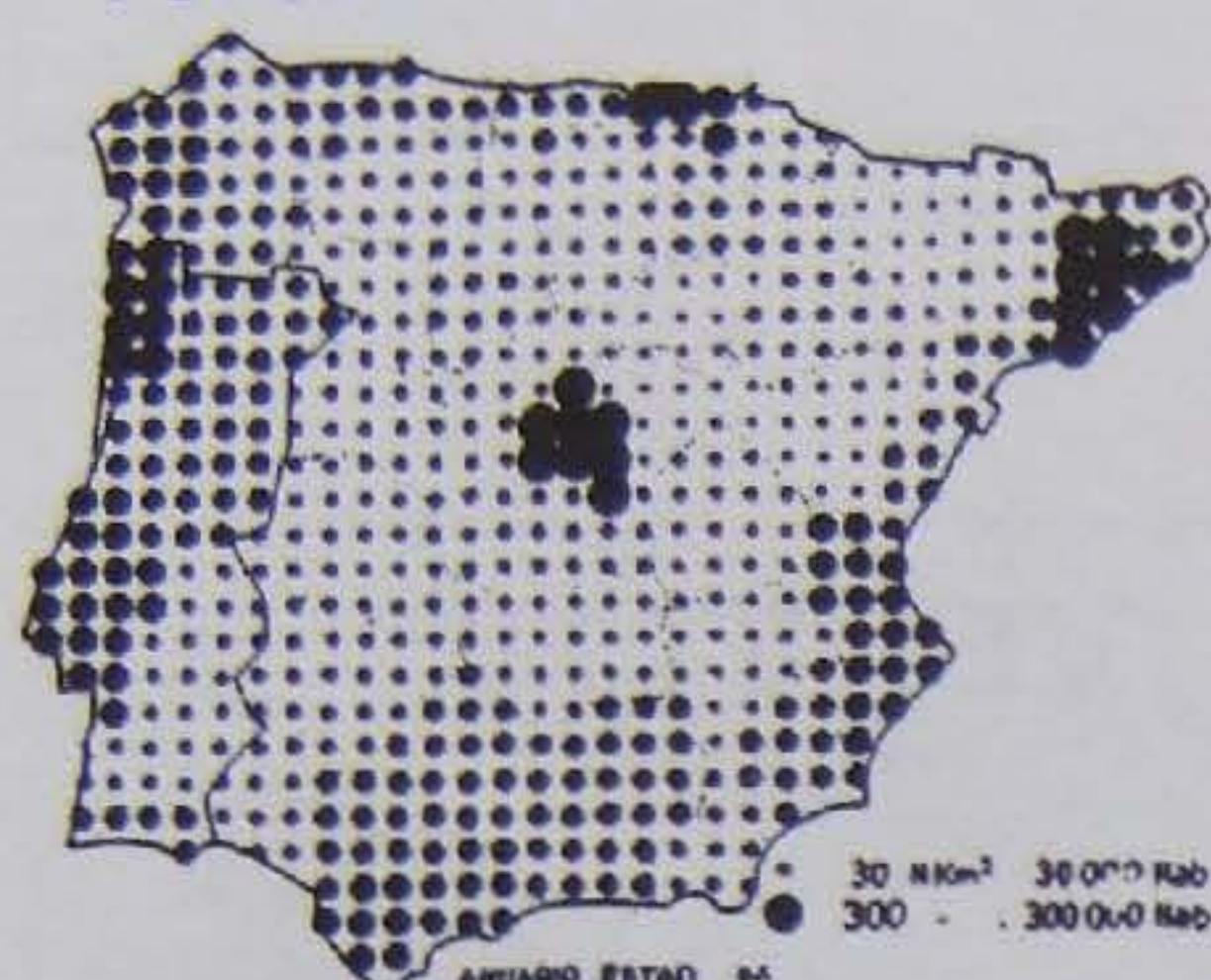
Elle peut aussi servir de modèle dans les diagrammes pour lesquels il est utile de regrouper tous les éléments d'identification (moyennant une répétition pour les dimensions du plan (4)).



# IMPOT TOTAL 1842



# POPULATION 1960



# IMPOT PAR TETE 1848



# RICHESSA AGRICOLE 1960



## L'IDENTIFICATION DES SÉRIES HOMOGÈNES

Dans des séries homogènes telles que l'ensemble des informations (1) sur l'Espagne (p. 398) ou la série (3) des analyses phoniques des chants populaires (p. 262), chaque carte, chaque diagramme est identifié par l'invariant. Celui-ci précise telle catégorie dans chacune des composantes qui s'étalent le long de la série d'images :

- la catégorie "1848" de la composante "temps",
- la catégorie "population" de la composante "diverses observations",
- ou bien, dans les chants populaires
- la catégorie "États-Unis" de la composante géographique,
- la catégorie "ballade" de la composante "genre",
- la catégorie "première strophe" de la composante "strophe et refrain".

L'information proprement dite est constituée par la série des cartes, par l'ensemble des diagrammes et les composantes qui courent tout le long de la série sont des constituants de l'information, bien qu'elles ne soient transcrites que par l'écriture. Ces composantes sont la base du travail de classement, de groupement qui constitue l'objectif réel de telles représentations. Il importe donc que :

- les composantes qui s'étalent le long d'une série homogène soient toujours transcrites à la même place,
- les catégories de ces composantes aient la visibilité maximum et pratiquement qu'elles soient écrites en gras et en CAPITALES d'imprimerie.

Ces recommandations, apparemment anodines, sont cependant fondamentales. Le chercheur qui sait utiliser toutes les propriétés de la représentation graphique et conduire le traitement de l'information jusqu'à son terme n'oublie jamais de suivre cette règle et de consacrer la place nécessaire à une identification organisée et efficace.

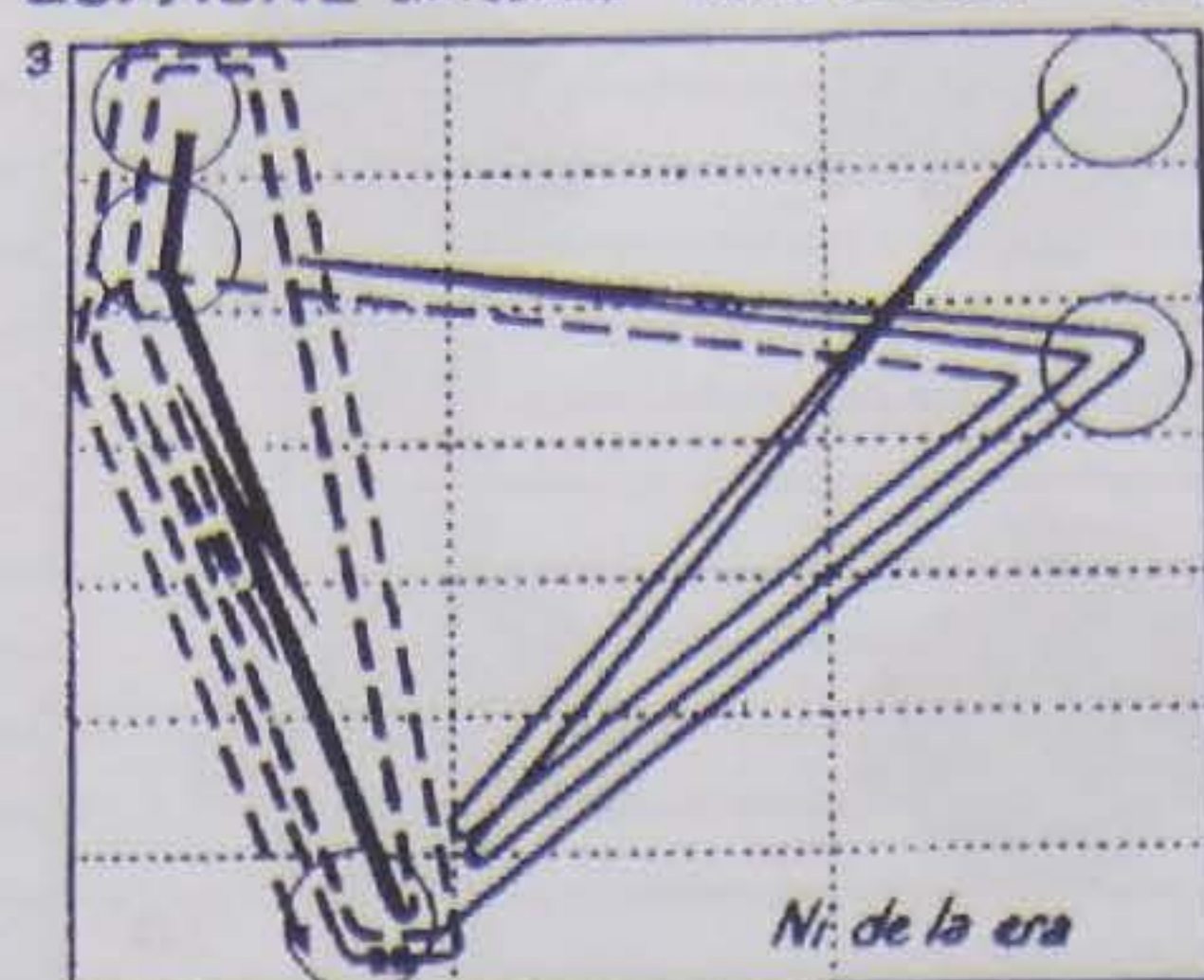
## IDENTIFICATION DES SOURCES ET DE LA PUBLICATION

Dans la perspective d'une documentation généralisée, chaque représentation graphique doit pouvoir être extraite de son contexte d'édition et devenir un élément de n'importe quel traitement d'information. Mais il est indispensable que le lecteur puisse facilement retrouver le contexte original, s'assurer des sources documentaires mises en œuvre, connaître l'auteur, c'est-à-dire celui qui traite d'un domaine d'information semblable ou voisin.

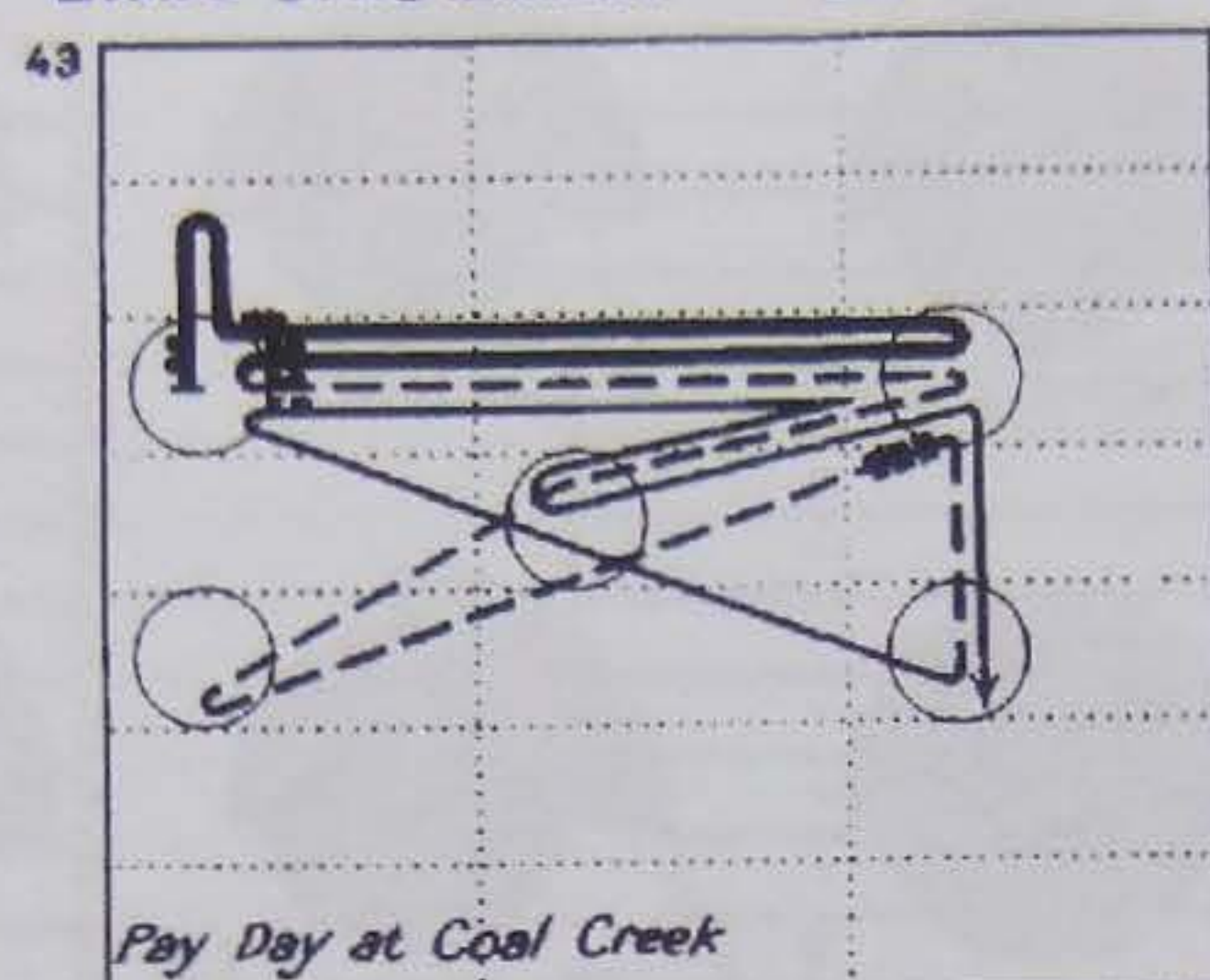
En règle générale on portera donc, dans ou sous chaque image ou groupe homogène d'images les sources, l'auteur, l'ouvrage, l'éditeur, le lieu d'édition et la date de telle sorte que ces éléments puissent être photographiés avec le dessin (4).



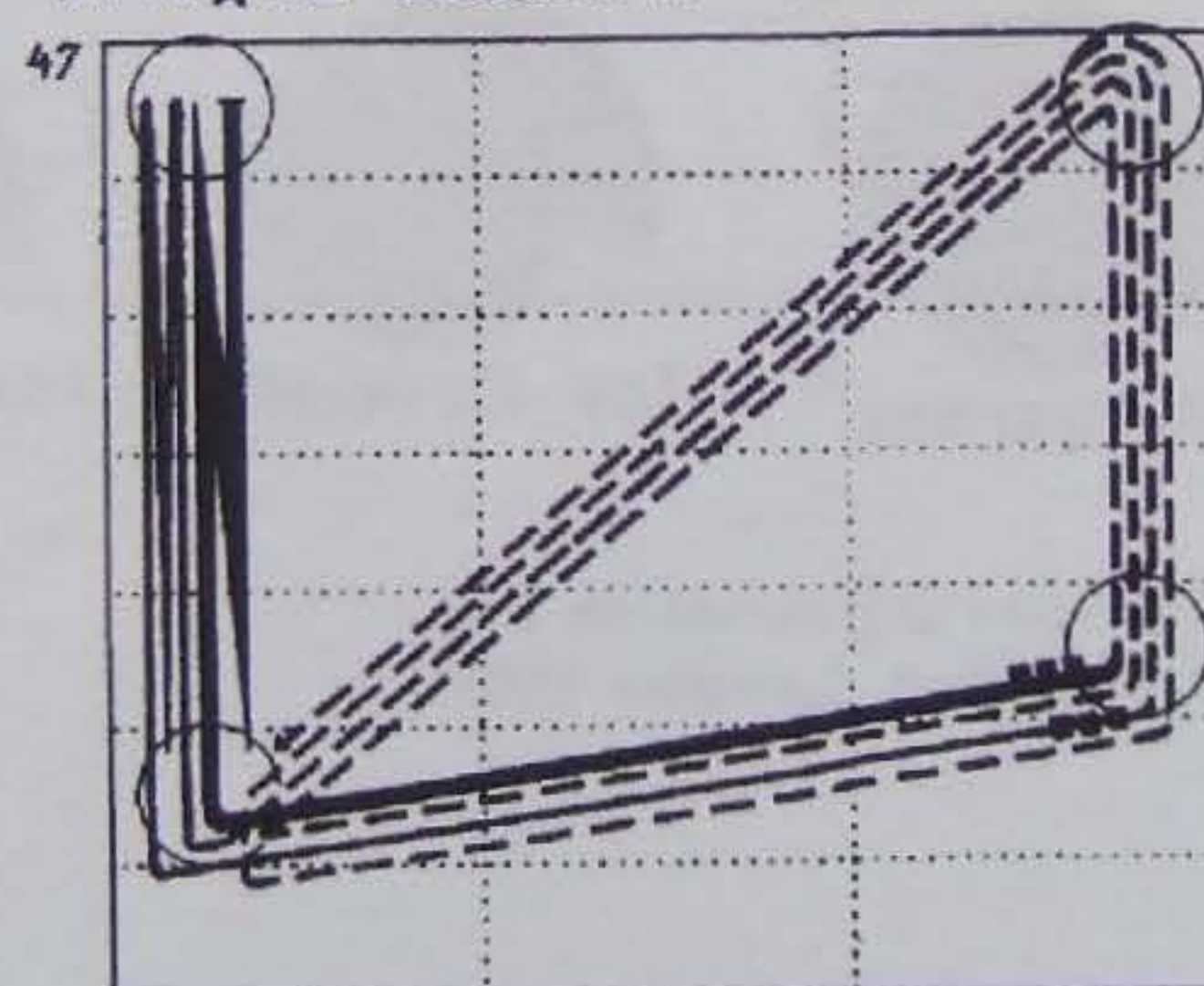
PAYS	Région ou Langue	Genre	Strophe ou Refrain
2	3	ESPAGNE ENV. SEVILLE CHT DE LABOUR S 1	



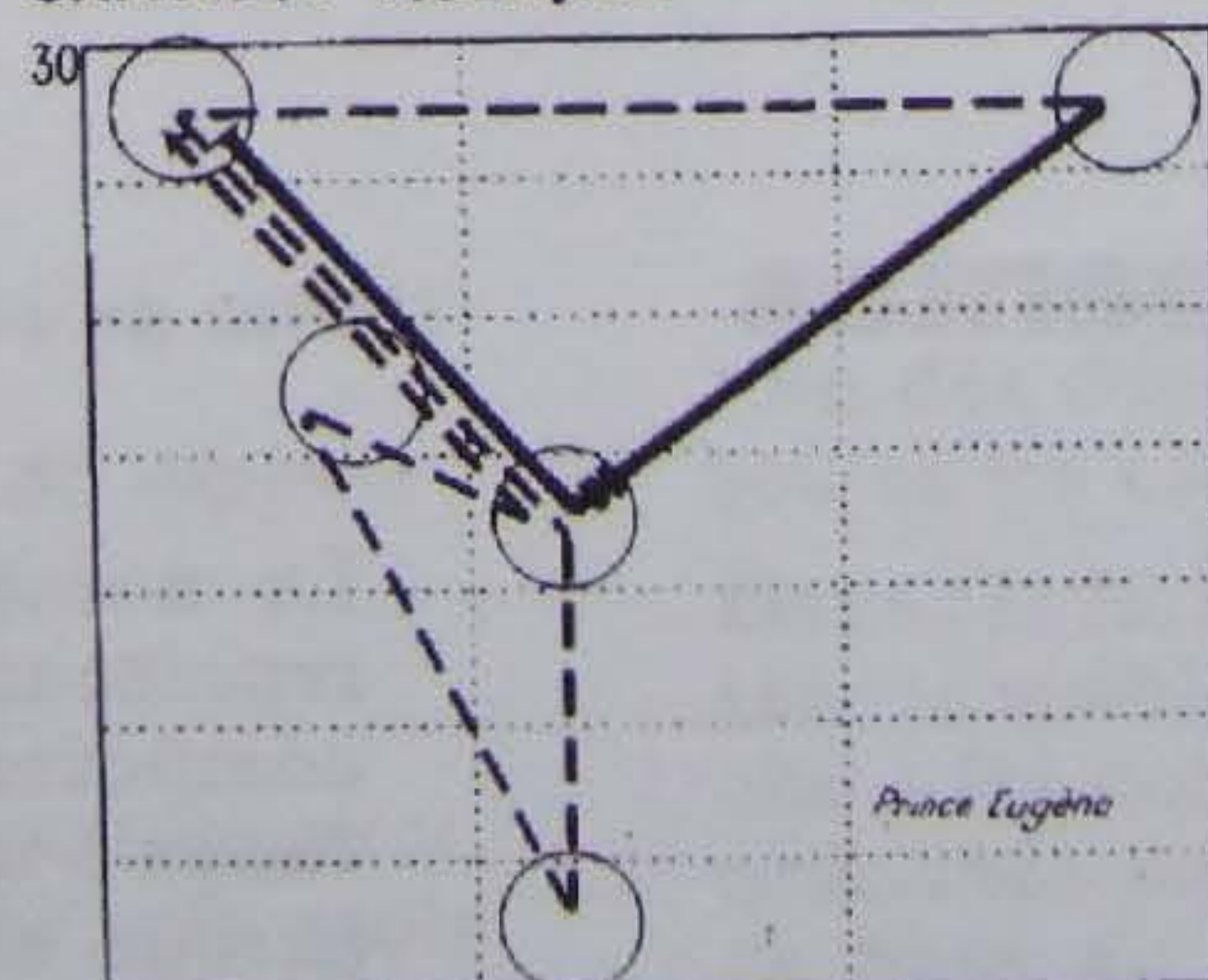
ÉTATS-UNIS KENTUCKY BLUE S 1



AFRIQUE BUSHMAN CHANT DE FEMMES



CANADA FRANÇAIS BALLADE R



4



# COMPARAISON DES POSTES DE DEPENSE SUIVANT LES CLASSES DE POPULATION DANS LE ROYAUME-UNI . EN 1960.



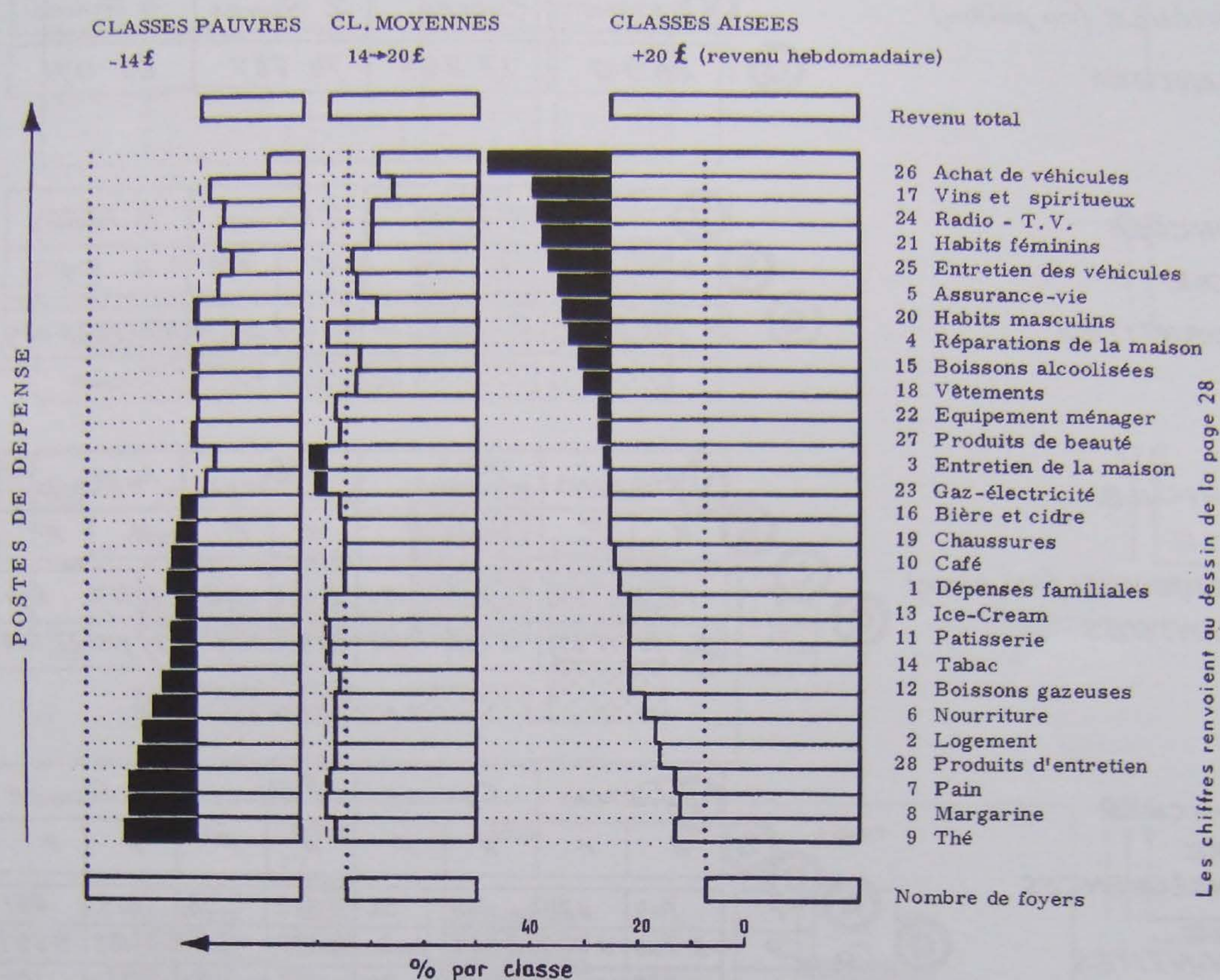
d'après Harry HENRY. Thomson Organisation Ltd.  
Sources : Central Statistical Office. London 1961

## B. Nombre de composantes

Utilité de cette notion :

- Le nombre de variables visuelles nécessaires à la représentation est au moins égal au nombre de composantes de l'information.
- Jusqu'à trois composantes, une information peut être perçue en une image. Au-dessus, elle nécessite la perception de plusieurs images successives.
- Il y a autant de types de questions possibles que de composantes.
- Le nombre de composantes est la base du classement des constructions graphiques.





Soit l'information suivante :

INV. - dépenses effectuées dans un "poste de dépense" par la population anglaise.

COM. - 28 postes différents

- Q pour 100 par poste suivant

- 3 classes de population (riches, moyens, pauvres).

C'est parce que l'information ne comporte que trois composantes qu'il est possible de remplacer la construction (1) qui nécessite d'additionner dans la mémoire de nombreuses images, par la construction (2) qui offre une image mémorisable.

Ne ressort-il pas de la figure (1) un sentiment d'uniformité, de non variation, et peut-on croire que la réparti-

tion des dépenses est à peu près semblable à travers toutes les classes de la société ?

Dans (2) le lecteur est attiré et conduit par des différences visibles (soulignées d'ailleurs par le noir) et cherche à les comprendre. Il perçoit rapidement la logique ordonnée de l'image : de gauche à droite les classes, de haut en bas les postes, ordonnés suivant l'objet même de l'information.

Le lecteur a conscience de pouvoir trouver une réponse à toutes les questions possibles, il est libre de s'interroger sur les caractéristiques d'une classe, d'un poste, ou sur l'ordre des postes.



# PERSONNES ACCIDENTÉES, en France, en 1958

1

VEHICULE (ou piéton)  
QUANTITÉS

(V) PIÉTONS	CYCLES	2 ROUES	4 ROUES
(Q) 28 951	17 247	74 887	63 071

VEHICULE  
SEXE  
QUANTITÉS

S	V PIÉTONS		CYCLES		2 ROUES		4 ROUES	
	H	F	H	F	H	F	H	F
Q	16 702	12 249	13 009	4 238	61 609	13 278	39 732	23 339

VEHICULE  
SEXE  
CONSEQUENCES (tué, blessé)  
QUANTITÉS

Q	C	S	V PIÉTONS		CYCLES		2 ROUES		4 ROUES		
			H	F	H	F	H	F	H	F	
			T	1232	570	701	126	2 664	322	1 817	694
			B	15 470	11 679	12 308	4 112	58 945	12 956	37 915	22 645

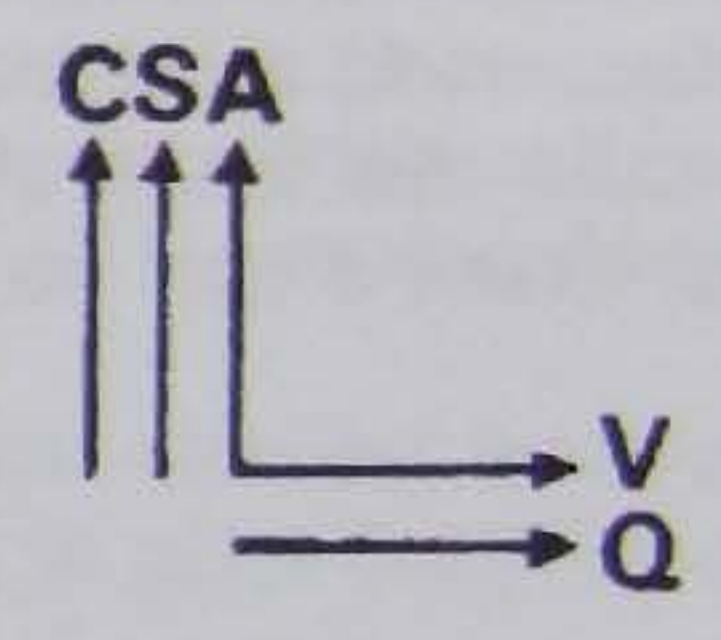
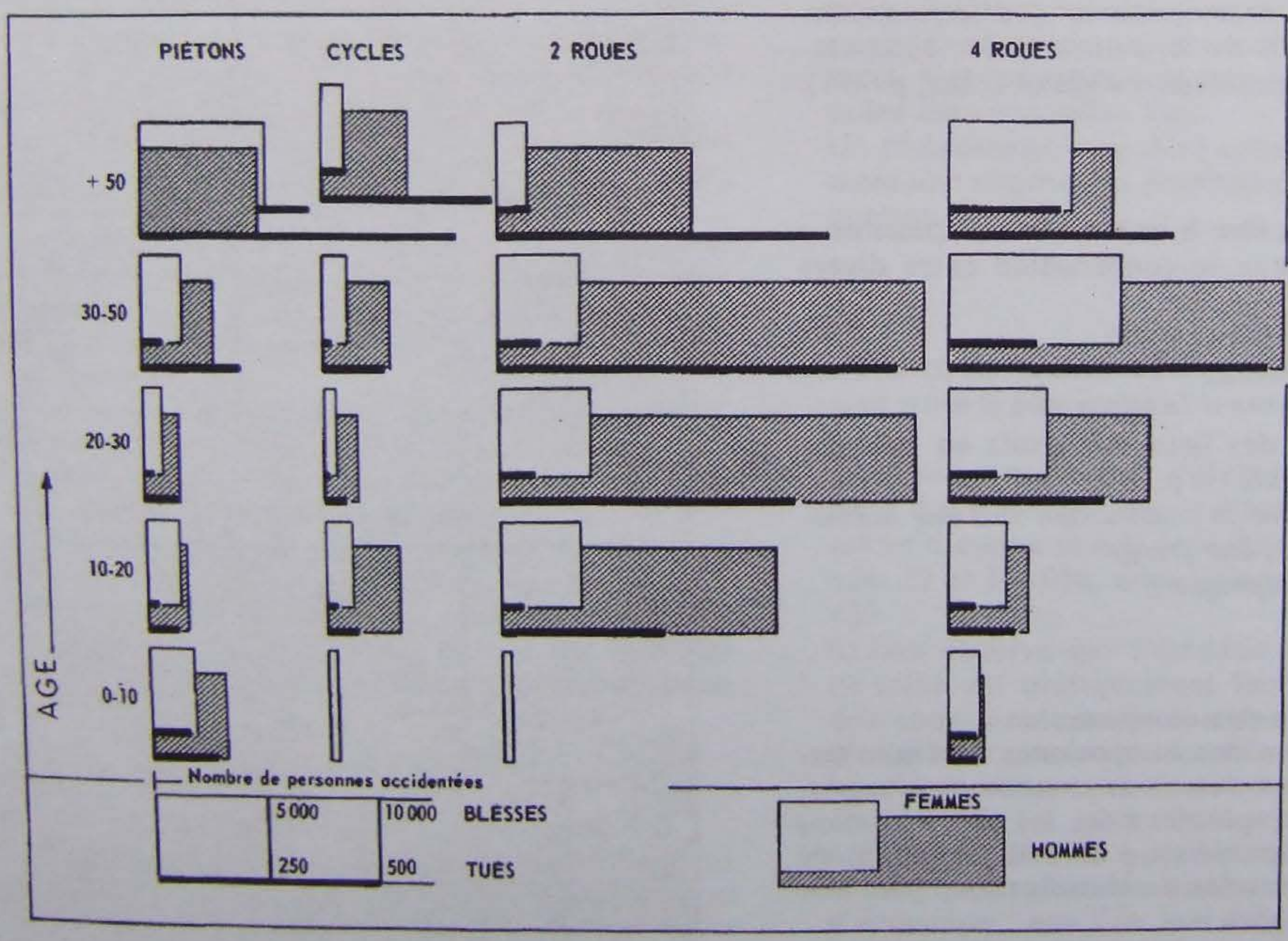
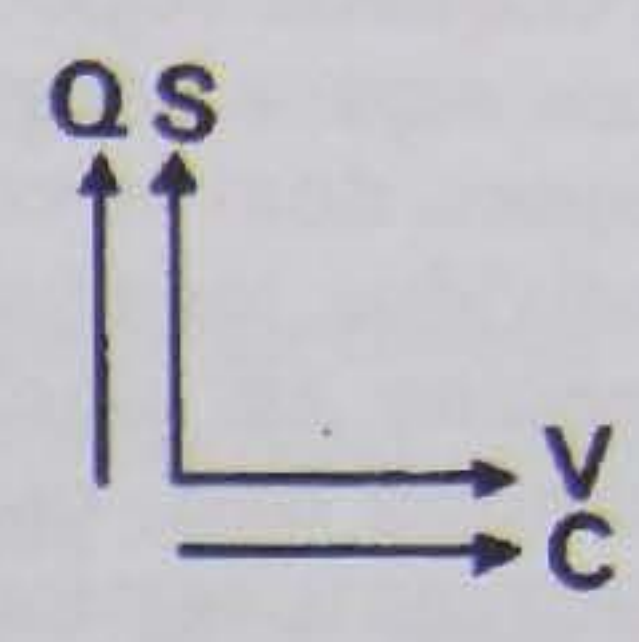
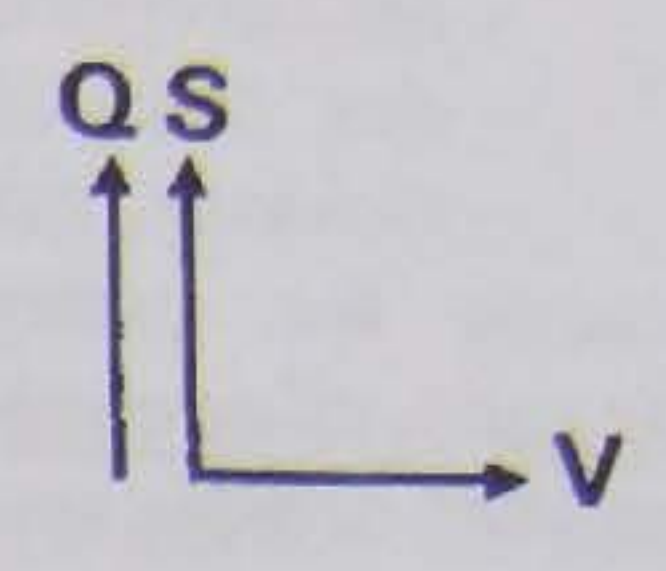
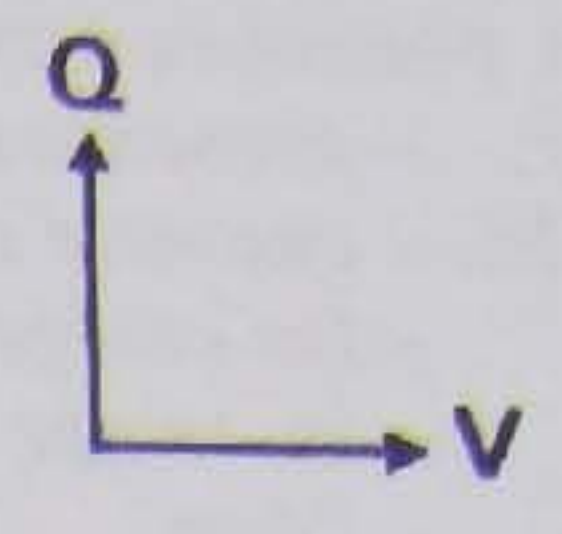
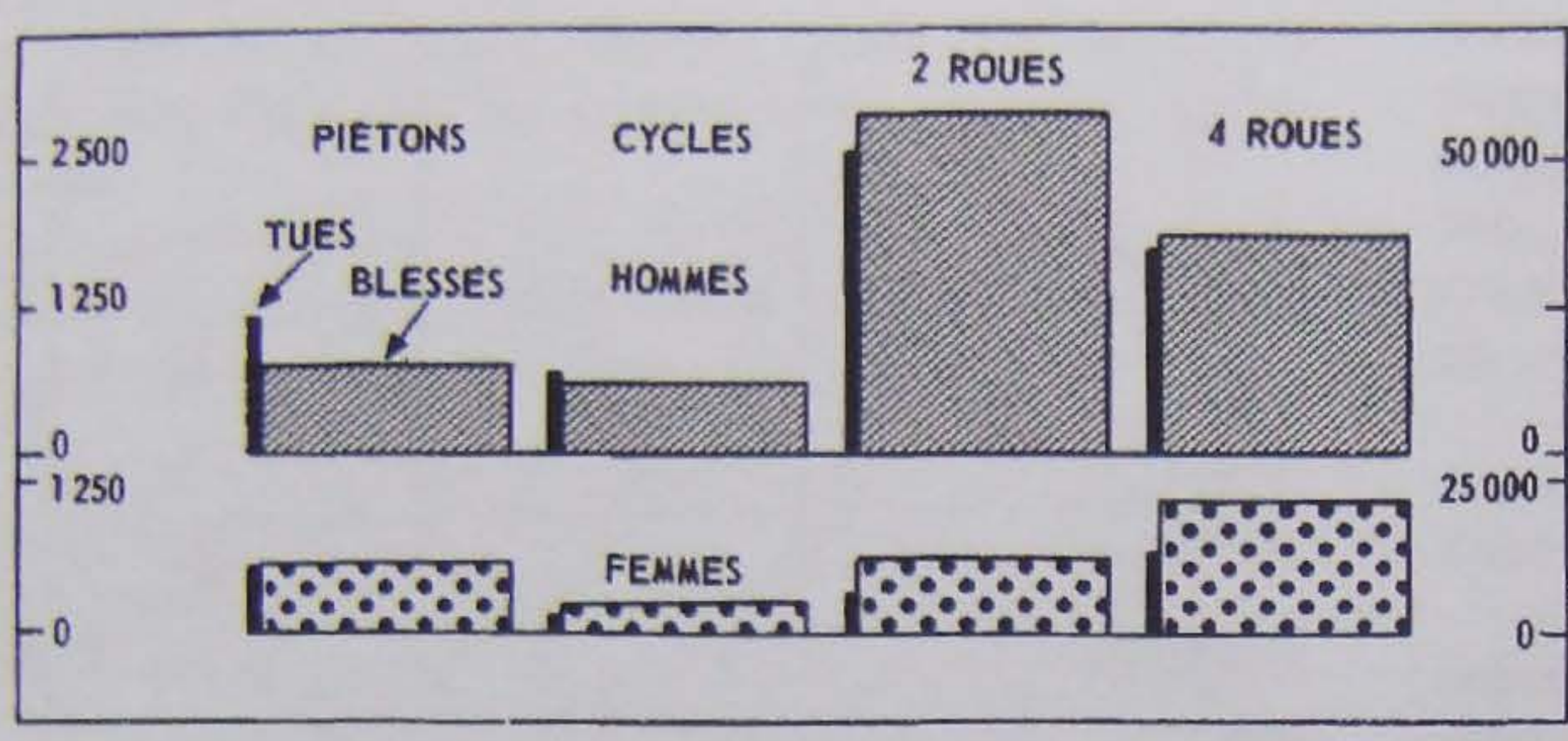
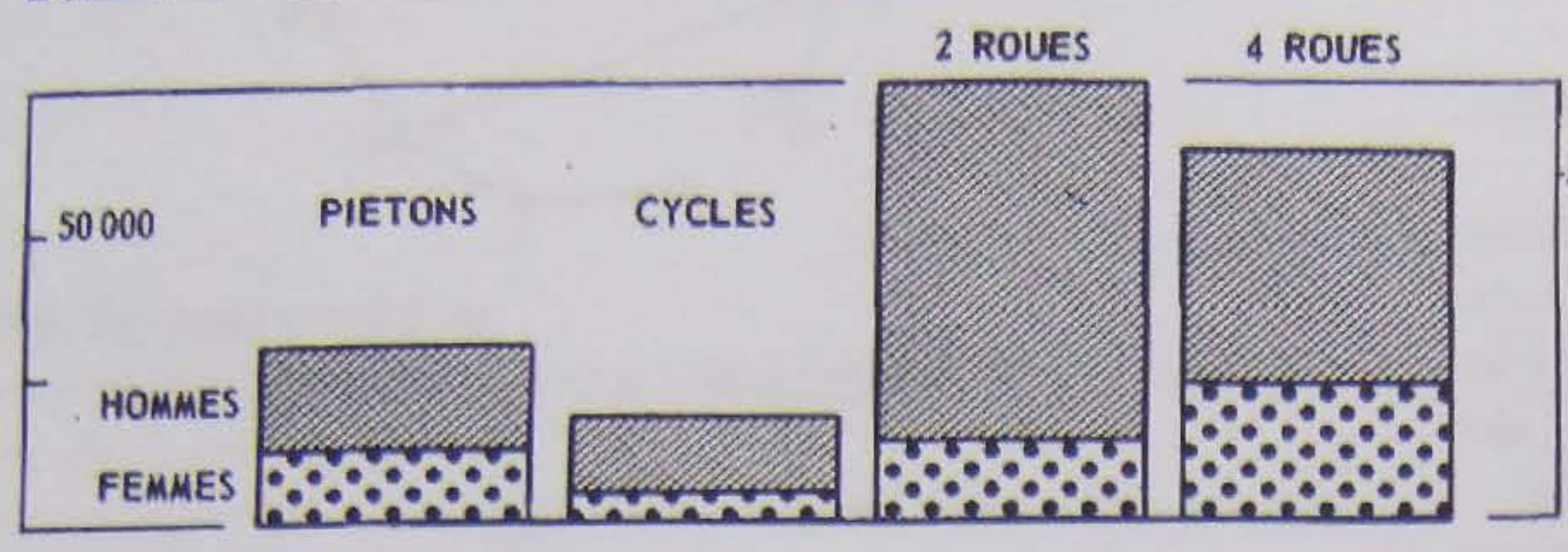
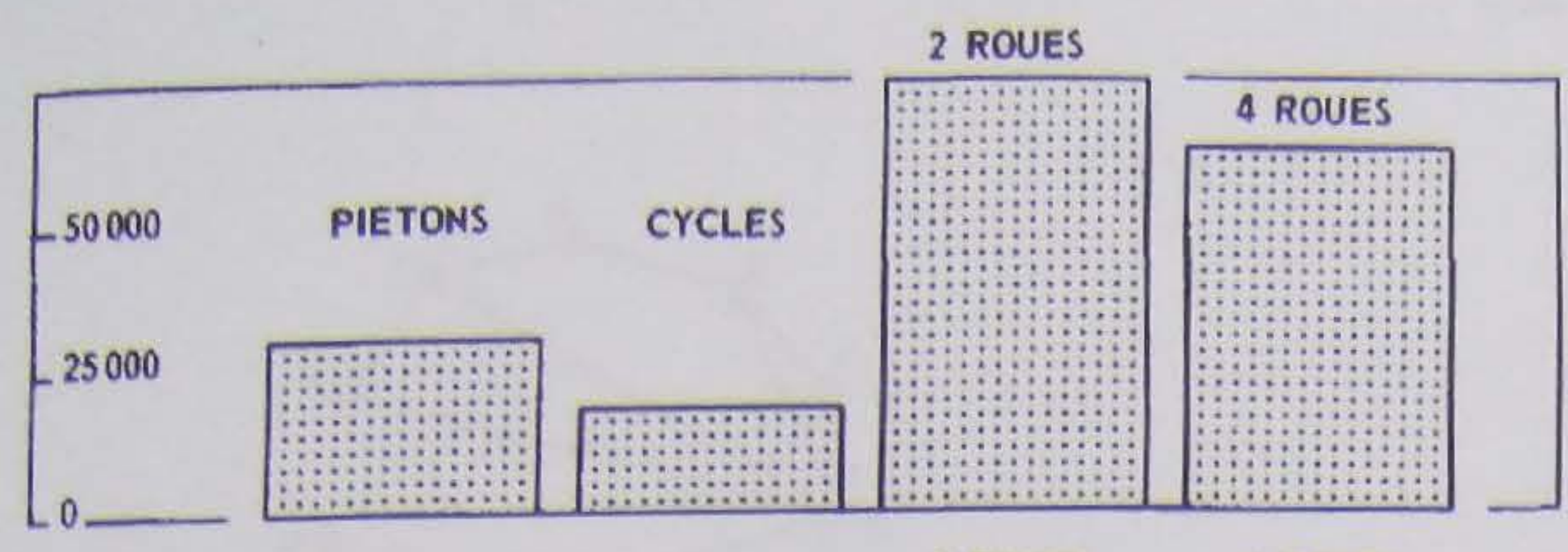
VEHICULE  
SEXE  
CONSEQUENCES  
ÂGE  
QUANTITÉS

		(V) PIÉTONS		CYCLES		2 ROUES		4 ROUES		
		H	F	H	F	H	F	H	F	
(Q)	(A)	T	704	378	396	56	742	78	513	253
	50	B	5 206	5 449	3 863	1 030	8 597	1 387	7 423	5 552
	30	T	223	49	146	24	889	98	720	199
		B	3 178	1 814	3 024	1 118	18 909	3 664	15 086	7 712
	20	T	78	24	55	10	660	82	353	107
		B	1 521	864	1 565	609	18 558	4 010	9 084	4 361
	10	T	70	28	76	31	362	54	150	61
		B	1 827	1 495	3 407	1 218	12 311	3 587	3 543	2 593
		T	150	89	26	5	6	6	70	65
		B	3 341	1 967	3 78	1 26	181	131	1 593	1 362

Source : Ministère  
des Travaux Publics

Une information peut être à 2,3, n, composantes et n peut être très grand. Il suffit qu'une composante où que l'invariant soit commun à toutes les observations. Soit l'exemple suivant :  
Analyse des accidents de la route, en France.  
INV. - Personne accidentée.  
L'exemple admet de nombreuses composantes.  
A chaque composante nouvelle (1), nouvelle information, mais aussi nouvelle représentation qui introduit une variable nouvelle et conduit à une construction différente (2).







### L'ensemble informationnel.

Considérons la répartition de la population active suivant plusieurs concepts :

INV. - *personnes actives en France.*

COM. - *quantité suivant*

- *les catégories géographiques*

- *le temps*

- *l'âge*

- *les catégories socio-professionnelles*

- *les catégories confessionnelles*

- *les catégories politiques*

- *des taux divers (mortalité, fécondité, natalité, richesse, éducation...)*

Lorsque les composantes sont nombreuses, nous parlerons d'ensemble informationnel. Il est utile de l'analyser comme une unité et de considérer l'ensemble fini des composantes pour déterminer le système de traitement le plus efficace et le plus économique.

Les enquêtes régionales, dont la composante commune est un espace géographique défini, les enquêtes sociologiques, dont la composante commune est un groupe d'individus, les études historiques dont la composante commune est une tranche dans le temps, sont des ensembles finis, que l'on s'efforce de réduire à leurs constituants minimums par les différents systèmes de "traitement de l'information".

Suivant le système adopté l'expression graphique aboutira à des séries de diagrammes, à des séries de tableaux croisés, à des séries de cartes...

De même au moment de la publication, l'ensemble des dessins doit être envisagé comme une unité de démonstration, et la mise en page devient un problème scientifique, lié aux impératifs de la lecture et des comparaisons, avant d'être un problème esthétique. (ex. p. 401).

### Une information peut être à une seule composante :

**Exemple (1) :** Relations de conversation entre divers individus.

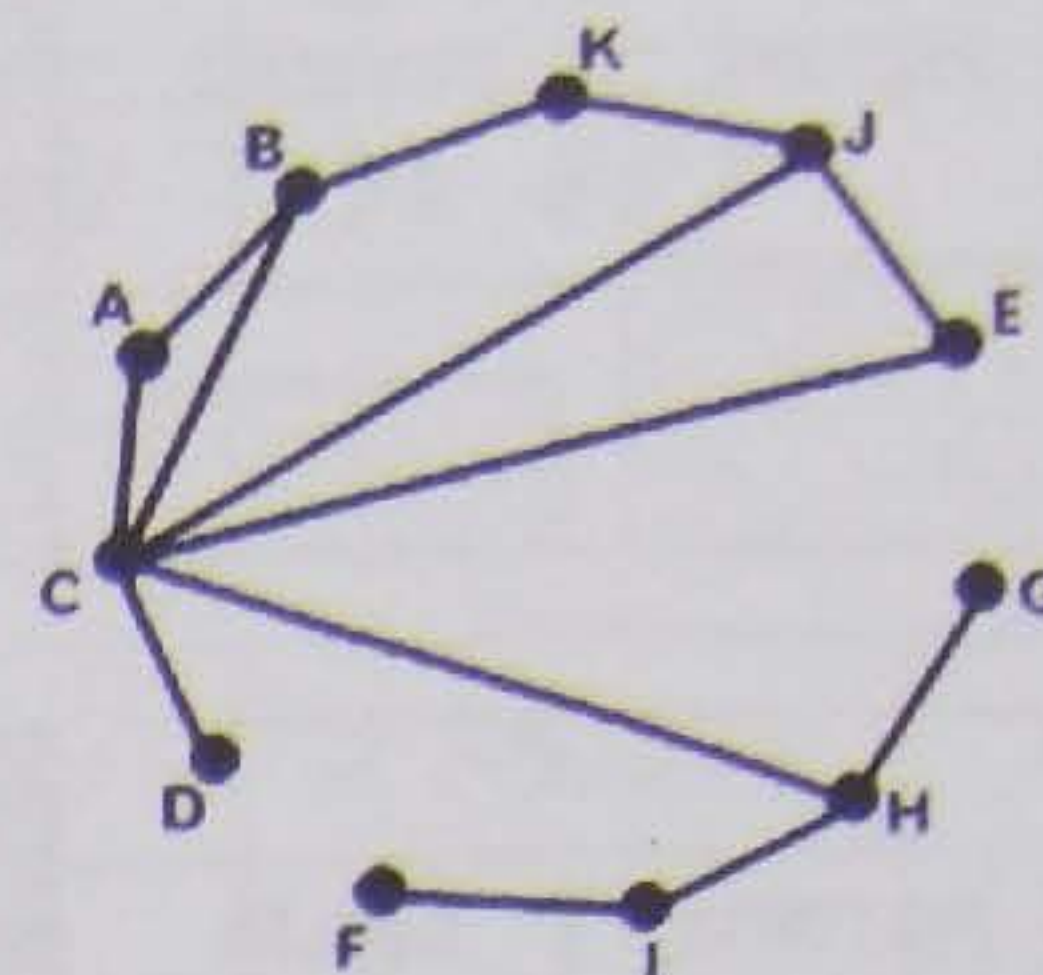
INV. - *un échange de conversation*

COM. - *une série d'individus.*

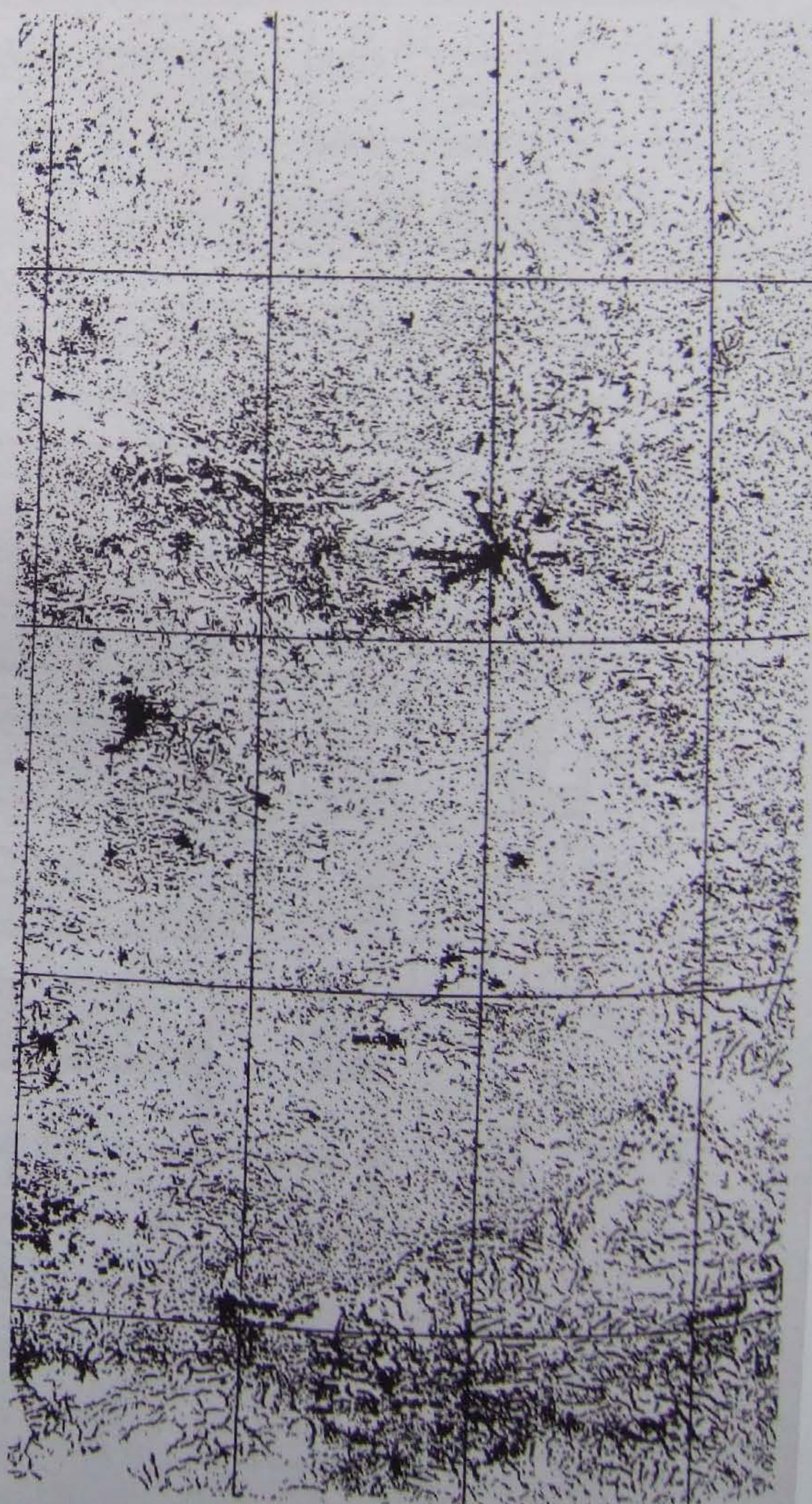
**Exemple (2) :** Carte des lieux construits en Pologne d'après F. UHORCZAK (v. p. 318).

INV. - *un lieu bâti, que la construction soit une habitation, une usine, une grange.*

COM. - *l'espace géographique.*



2



### Définition du nombre des composantes

Pour définir le nombre des composantes de l'information, le moyen le plus commode consiste à disposer, avant tout essai de représentation, les données dans un tableau à double entrée (1, p. 30). Il y a autant de composantes que d'entrées de classification, plus une pour les quantités s'il y a lieu.

Mais attention, ce tableau définit et clarifie l'information, mais ne définit pas la construction graphique efficace qui sera généralement très différente de la disposition du tableau.



## C. Longueur des composantes

### Utilité de cette notion.

- Les composantes longues conduisent à la "construction de base".
- Les composantes courtes conduisent aux "constructions particulières".
- Les variables visuelles doivent avoir au moins la même longueur que les composantes qu'elles représentent.
- Dans un problème à plus de trois composantes, le nombre minimum d'images nécessaire est fonction de la longueur des composantes.

Concepts de variation, les composantes sont par définition divisibles. Ces divisions portent des noms différents suivant les circonstances et les niveaux.

On parle des *éléments* de la composante "différentes personnes formant un arbre généalogique" ou des *objets* de la composante "différents objets à classer". On parle des *catégories* socio-professionnelles, géographiques, linguistiques... et en général de toutes les composantes peu ou pas ordonnées.

On parle des *classes* annuelles, classes d'âge, classes de revenu, et en général de toutes les composantes ordonnées ou quantitatives.

Enfin on parle de *paliers* de valeurs, de grain, de taille dans les variables visuelles (composantes du système graphique de signes). Chaque variable, chaque combinaison de variables a une longueur donnée, le plus souvent très limitée.

Tous ces termes recouvrent en fait une même réalité, les divisions utiles et séparables d'une composante.

**On appellera LONGUEUR d'une composante le nombre des divisions qu'elle permet d'identifier.**

Cette notion prend toute son importance lorsque l'on observe que la perception catégorise, que le nombre des catégories que l'homme peut saisir dans une perception courante est très limité, et que les variables visuelles ne comportent de ce fait qu'un nombre réduit de paliers sensibles.

### Composantes courtes.

On parlera de composantes courtes lorsque la longueur ne dépassera pas 4. Les alternatives sont de longueur 2 (sexe, vivant ou décédé, décision effective ou possible etc.). L'âge est souvent à trois grandes catégories : jeunes, adultes, vieillards; de même les grands secteurs d'activité (agriculture, industrie, tertiaire)... Les com-

posantes courtes sont remarquables dans les problèmes graphiques. Elle simplifient les problèmes de sélection visuelle et autorisent des "constructions particulières" différentes de la construction de base.

### Composantes longues

On parlera de composantes longues au-dessus d'une quinzaine de divisions. Elles conduisent obligatoirement aux "constructions de base".

On parlera de la longueur d'une série quantitative lorsque celle-ci sera divisée en paliers ou en classes, ou lorsqu'elle traduira une composante "discrète" (telle que nombres d'objets, effectifs, nombres de francs et centimes, qui n'admettent pas d'être divisés au-delà d'une certaine unité limite).

La suite des nombres étant infiniment divisible, on ne peut plus parler de longueur lorsque le phénomène est considéré comme continu (vitesses, altitudes, température). Notons cependant que le nombre des décimales utiles est un nombre fini.

Un phénomène considéré comme continu trouve aisément une expression graphique, le plan étant lui-même continu.

**L'ÉTENDUE D'UNE SÉRIE QUANTITATIVE est le rapport entre le plus grand et le plus petit nombre de la série.**

C'est une notion très différente de la longueur. Une série dont les nombres extrêmes sont 0,07 et 32 a la même étendue que la série dont les nombres extrêmes sont 22 et 10.054, elles s'étendent toutes deux de 1 à 457.

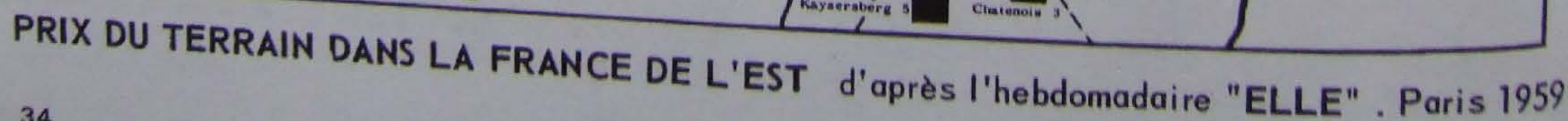
Si l'on observe que l'étendue de la variation visuelle de taille est pratiquement limitée, et qu'elle ne peut descendre au-dessous du rapport 1 à 10 sans perdre la plus grande partie de son efficacité, que, d'autre part, les informations quantitatives peuvent aussi bien être étendues de 1 à 1,2 (taille des individus) que de 1 à 10 millions (cartes de population), on comprendra aisément l'importance de cette notion et des "correctifs d'extension" que l'on est obligé d'introduire dans de nombreuses représentations quantitatives, de manière à ajuster l'information aux facultés de la perception visuelle (p. 357).



1

Une composante sera donc *qualitative, ordonnée* ou *quantitative*. Ce sont les trois niveaux d'organisation de composantes.

Les variables visuelles qui représentent chaque composante doivent permettre de prendre des attitudes perceptives analogues. Mais, de même que les compo-





santes, les variables visuelles ont chacune leur propre niveau d'organisation, et l'on ne peut percevoir un ordre si la variable n'est pas ordonnée, on ne peut percevoir un rapport si la variable n'est pas quantitative. L'utilité de la notion de niveau d'organisation apparaît donc immédiatement.

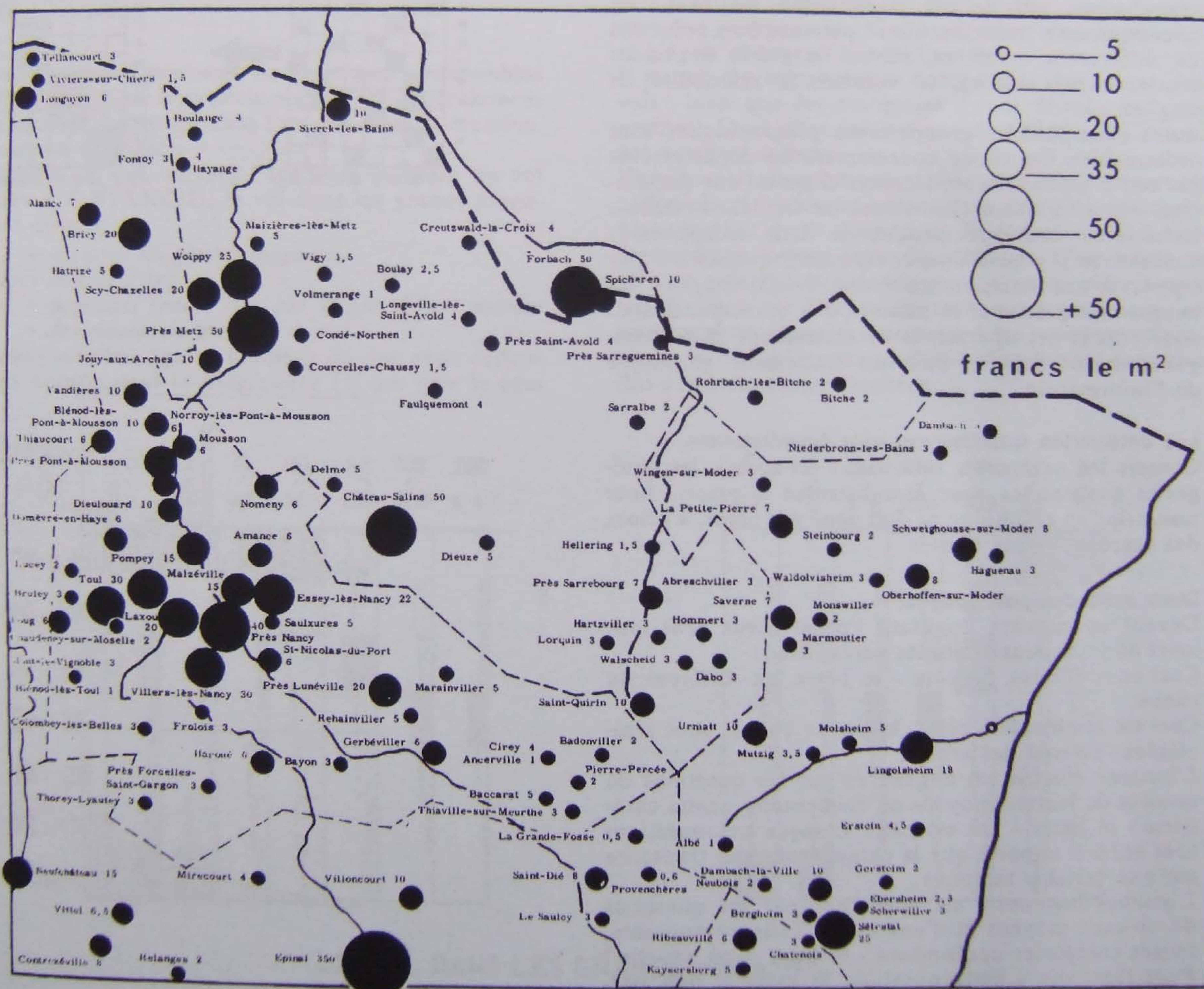
#### Utilité de cette notion :

- La mise en ordre d'une composante ordonnable, la comparaison de composantes ordonnées, les groupements résultant d'une composante quantitative sont la base du traitement graphique de l'information.

- Les variables visuelles doivent avoir un niveau au moins égal au niveau des composantes qu'elles représentent.
- Les trois niveaux d'organisation fournissent le premier sous-classement des constructions graphiques.

C'est parce que le niveau de la variable visuelle employée ne correspond pas au niveau de la composante que la carte (1) est inefficace et conduit à la lecture "onéreuse" de multiples images successives. Lorsque les niveaux correspondent (2), la carte est visuellement mémorisable. Elle ne nécessite qu'une image, perçue spontanément.

2



PRIX DU TERRAIN DANS LA FRANCE DE L'EST



## LE NIVEAU QUALITATIF (ou combinatoire). (Ressemblance et différence).

Il groupe tous les concepts de simple différenciation. Ils sont innombrables : professions, produits, langages, races, religions, loisirs, maladies, couleurs, formes, traits sociaux, ethniques, culturels, politiques...

**Une composante est qualitative lorsque ses catégories ne s'ordonnent pas d'une manière universelle. Elles sont en conséquence ordonnables de différentes manières.**

### Les catégories qualitatives sont ordonnables.

Dans le commerce portuaire par exemple, les catégories charbon, pétrole, blé, laine, coton, vin, bois... de la composante "marchandises" peuvent être ordonnés de différentes manières, suivant le poids, la valeur totale, le prix au kg, le volume, la rentabilité, la fragilité...

Autre exemple : les groupements géographiques sont ordonnables. On classe couramment les départements par ordre alphabétique, les pays d'après leur population, leur production, leur niveau de vie, leur natalité... La mise en ordre réciproque de deux composantes qualitatives (1) ou d'une composante qualitative par rapport à une composante ordonnée (2) simplifie les images sans diminuer le nombre des correspondances observées et ces opérations de classement et de "diagonalisation" sont la base du traitement graphique de l'information.

### Les catégories qualitatives sont équidistantes.

Comme les catégories ordonnées (ci-après), les catégories qualitatives sont équidistantes à priori. Leur transcription graphique ne doit donc pas créer, à priori, des regroupements visuels.

### Deux attitudes perceptives.

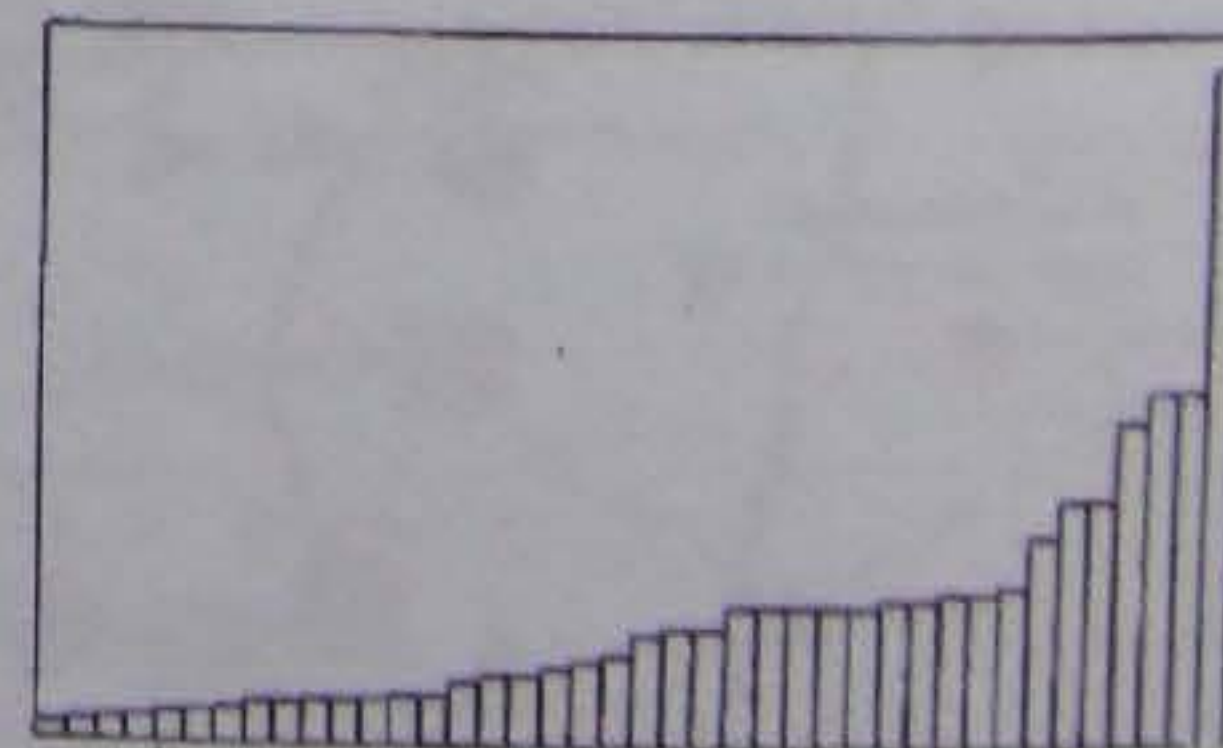
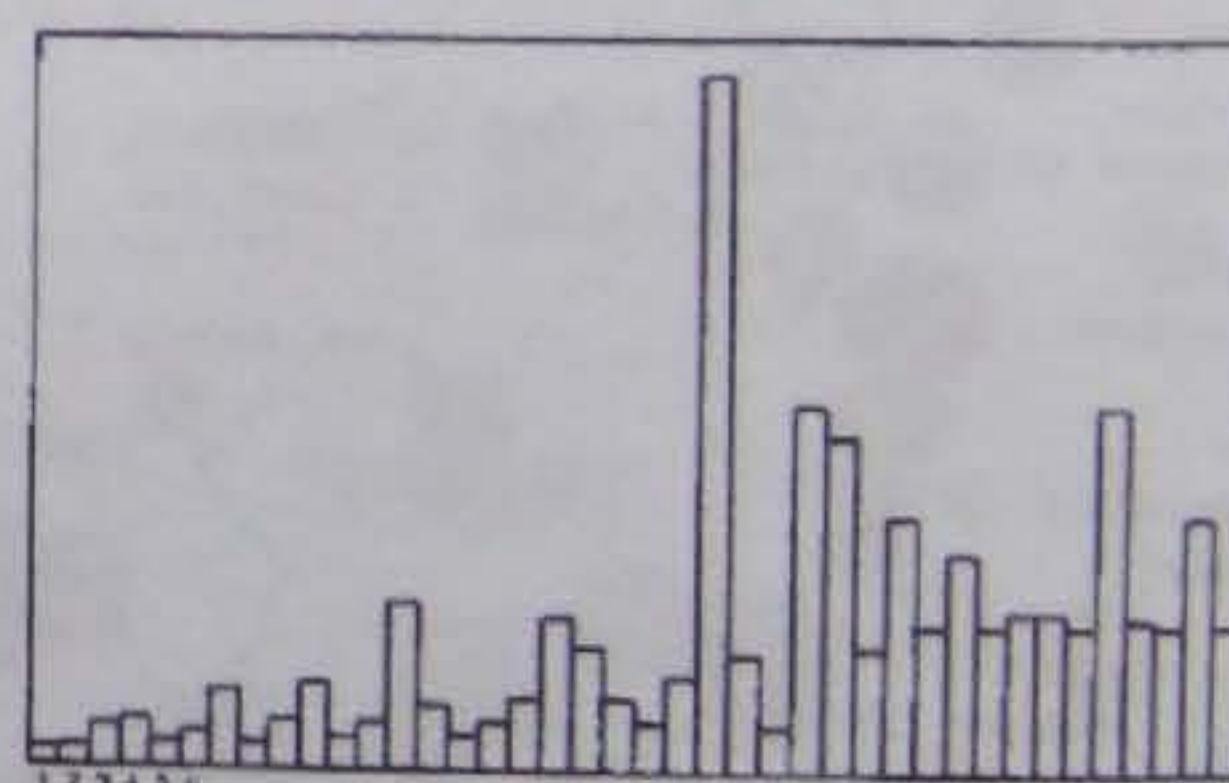
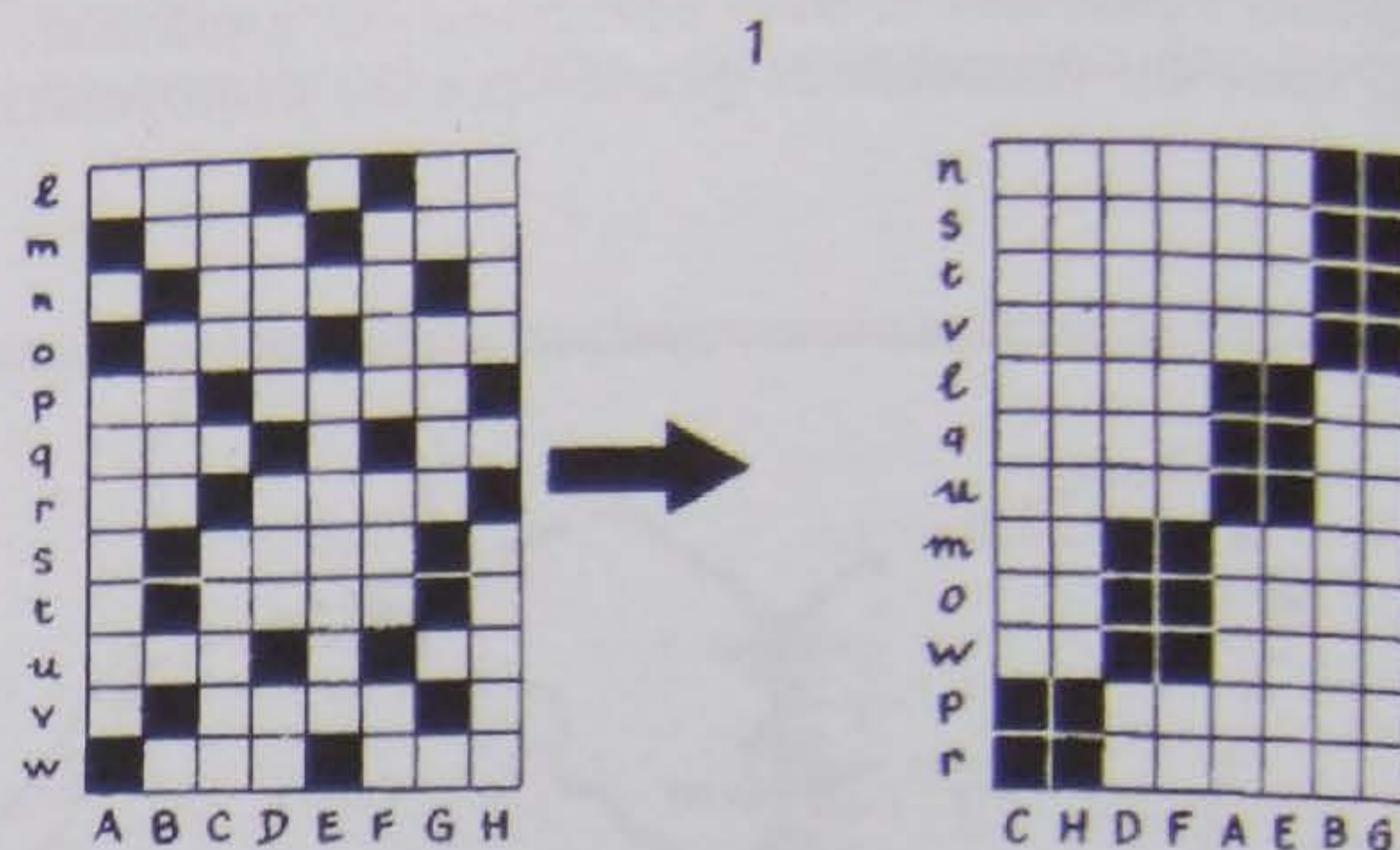
Devant un concept qualitatif l'observateur peut toujours adopter deux attitudes perceptives :

Ceci est différent de cela - le hêtre est différent du chêne.

Ceci est semblable à cela - hêtres et chênes sont semblables - ce sont des arbres.

*L'attitude sélective* est engendrée par les questions de niveaux de lecture moyens ou élémentaire : telle catégorie - le hêtre - où est-elle ? Lorsque ces questions sont utiles il importe que la composante soit transcrite par une variable sélective.

*L'attitude associative* est engendrée par les questions de niveaux moyens et d'ensemble. Telle composante, toutes catégories confondues - la forêt - où est-elle ? Pour répondre à cette question, la variable doit permettre d'égaliser dans la perception toutes les catégories, elle doit être associative.





## LE NIVEAU ORDONNÉ (Ordre et désordre)

Il groupe tous les concepts qui sont susceptibles d'ordonner des catégories, d'une manière universellement admise. Chacun conviendra de la même façon que ceci est plus que cela, et moins que cet autre.

Les concepts ordonnés sont toujours définis plus ou moins directement par rapport :

à l'ordre du temps : âge, génération, état matrimonial, géologie...

à l'ordre des appréciations sensibles : chaleur, vision (noir-gris-blanc, grand-moyen-petit, ici-près-loin) poids (lourd-moyen-léger), santé.

à l'ordre des appréciations intellectuelles et morales : (bon-médiocre-mauvais).

et à certaines habitudes sociales : hiérarchies sociales, militaires, administration.

Une composante est ordonnée, et seulement ordonnée :

- quand ses catégories s'ordonnent d'une seule manière et universellement
- quand ses catégories sont par définition équidistantes.

Les catégories ordonnées ne sont pas ordonnables ou plus exactement leur déclassement est généralement une source d'ambiguïté dans l'acte de communication. En voici un exemple :

Propension au vol, suivant l'âge et le montant du vol (d'après V.V. STANCIU; le vol dans les grands magasins, en cours).

INV. - vol dans les grands magasins

COM. - classes d'âge

- quantités (pour 100 par classe d'âge) suivant
- des classes de montant du vol.

Les composantes, âge et montant du vol sont ordonnées et construisent le diagramme (3) (en noir le plus

fort pourcentage de chaque colonne, c'est-à-dire l'âge de la plus forte tendance observée).

Il peut être intéressant de désordonner la composante "montant du vol" pour construire une relation linéaire (4), qui permet de réfléchir sur la psychologie du vol. La lecture en est cependant plus délicate car le déplacement de l'œil, de gauche à droite, n'a plus de signification homogène.

Il résulte de cette information que si l'on s'appuie sur l'ordre des âges pour parler de vols, la nature n'ordonne pas ceux-ci d'après leur valeur, et inversement.

### Les catégories ordonnées sont équidistantes par définition.

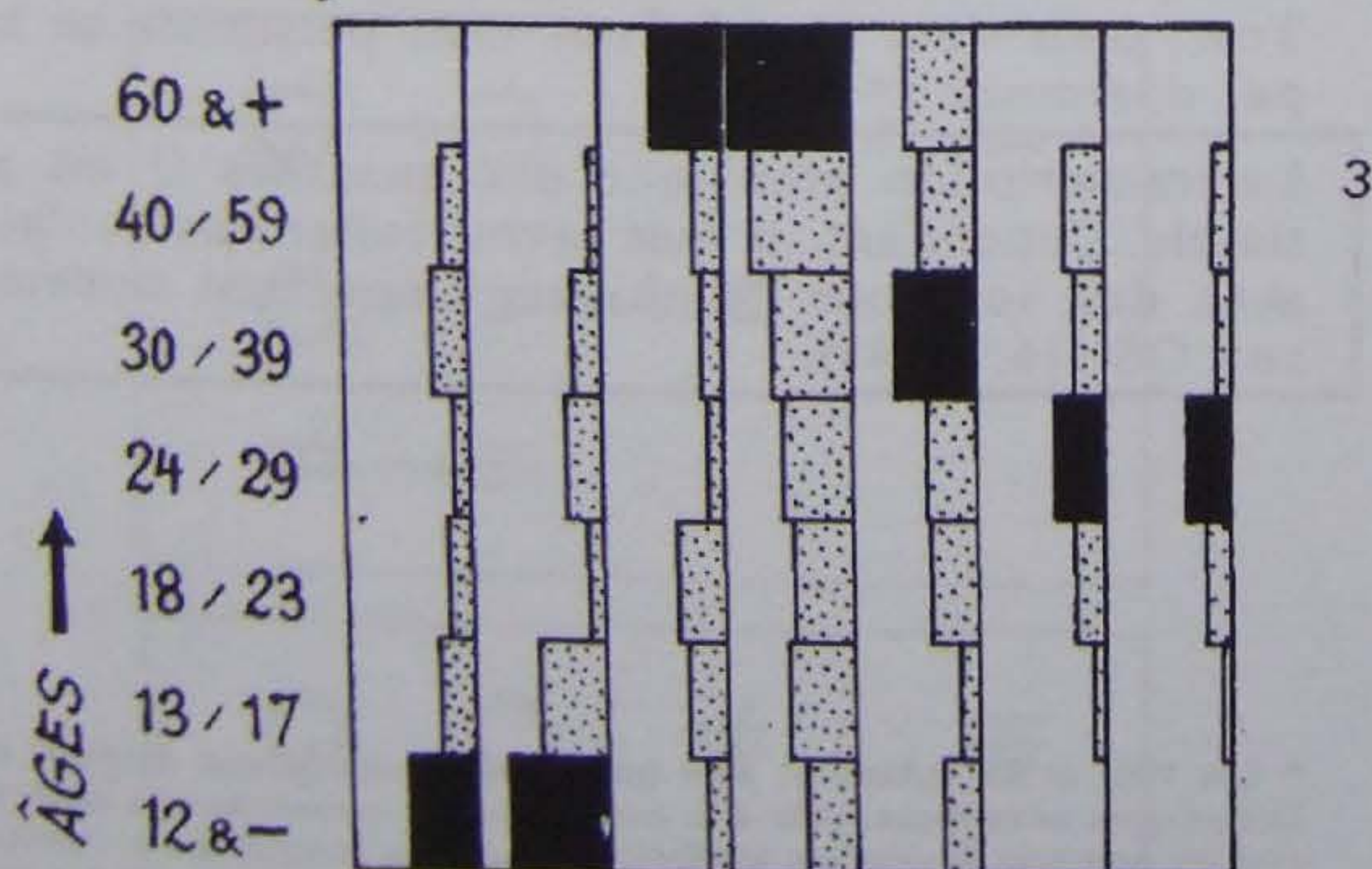
Ce caractère différencie une composante ordonnée d'une composante quantitative.

La série célibataire, marié, veuf, décédé, est un ordre universel. Mais il n'y a aucune raison à priori de rapprocher deux catégories, ou deux autres, et de constituer des groupements. Ces catégories sont ordonnées et à égale distance l'une de l'autre.

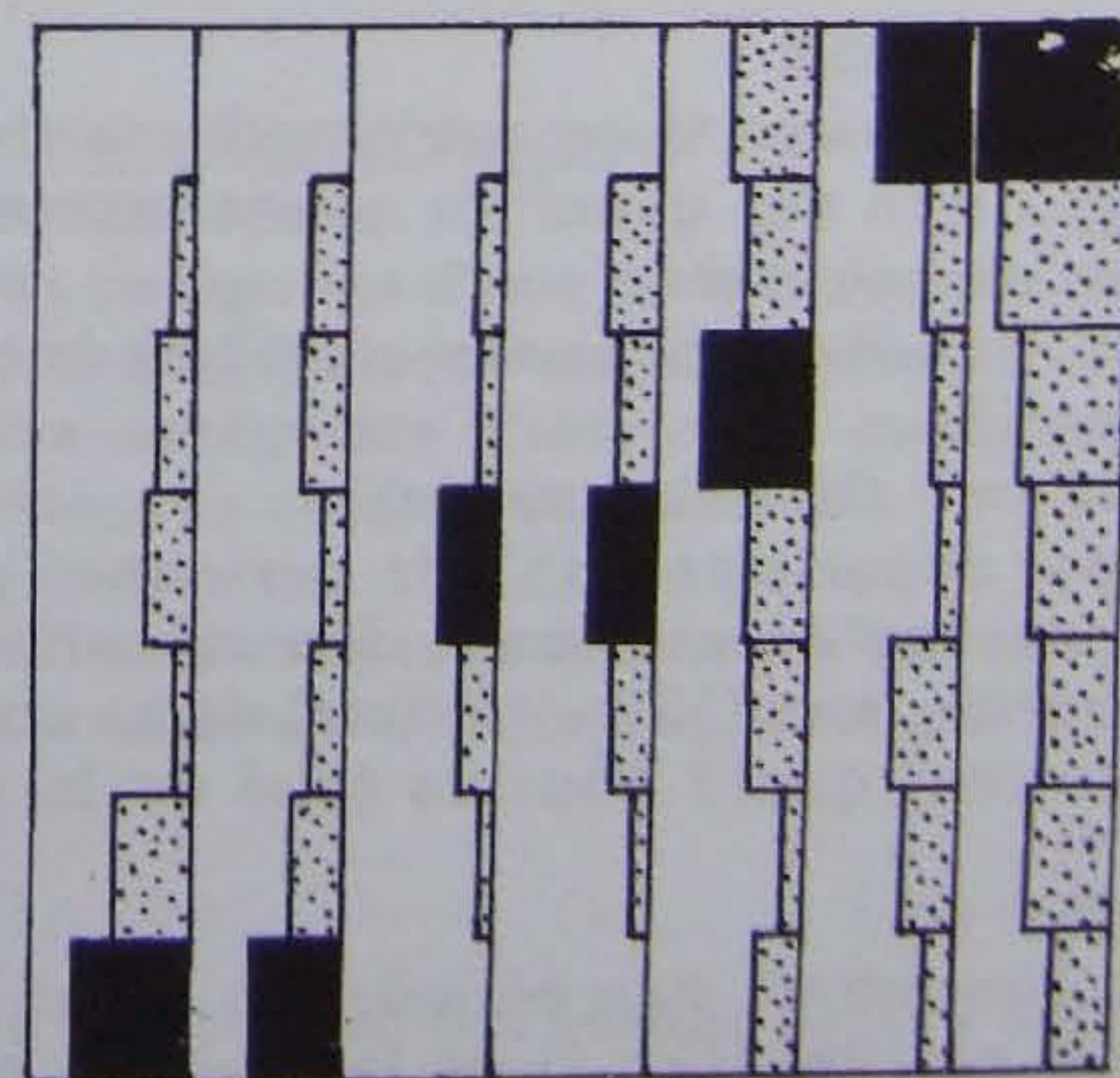
Il en est de même de la composante "montant des vols" bien que les catégories soient définies par des nombres. Ceux-ci ne servent que de définition. Ce sont des *nombres ordinaux*.

Dans toute transcription graphique d'une composante ordonnée et particulièrement dans l'emploi des variables visuelles de 3<sup>e</sup> dimension, le rédacteur doit s'efforcer de conserver cette équidistance, c'est-à-dire de ne pas créer, à priori des groupements visuels sans signification car l'objet du traitement graphique est justement de dégager, à posteriori, les groupements qui résultent de l'information, c'est-à-dire du seul ensemble fini des composantes traitées.

MONTANT  
DU VOL → 0 5 10 20 50 100 200  
5 10 20 50 100 200 & +



5 0 200 100 50 10 20  
10 5 & + 200 100 20 50



LE VOL DANS LES GRANDS MAGASINS  
Distribution des délinquants suivant  
l'âge et le montant du vol



## LE NIVEAU QUANTITATIF (ou métrique)

Il est atteint lorsque l'on dispose d'une unité comptable qui permet de dire : ceci est le double, la moitié, 4 fois cela...

**Une série de nombres est quantitative lorsqu'elle a comme objet de préciser la variation de distance entre des catégories.**

Grâce à la série des nombres  $Q$ , il est possible de représenter une variation de longueur des colonnes de (1) et d'en déduire des groupes, caractérisés par de faibles différences de longueur (de faibles "distances").

### Relations entre quantités et classes de comptage

Avant de représenter les quantités, tout graphique représente d'abord les classes de comptage. Une carte de population par commune est d'abord une carte des communes.

*Lorsque les classes de comptage sont inégales :*

- la représentation des classes dans le plan peut aboutir à des figures égales (nuage de points) ou inégales (carte des communes);

- la représentation des quantités peut être indépendante (un seul point par zone) ou dépendre (couleur sur toute la zone) de l'inégalité de ces figures.

*mais les quantités elles-mêmes* peuvent être indépendantes (mortalité communale) ou dépendre (quantité de population) de l'inégalité des classes de comptage. La représentation graphique conduit donc à analyser en premier lieu toute série quantitative en fonction de cette dernière dépendance.

### Les quantités dépendantes des classes (ou QS)

Le géographe calcule des densités de population par commune pour tenir compte des surfaces inégales des communes et pour obtenir des quantités indépendantes de ces inégalités. Ce calcul est rendu nécessaire parce que ces quantités de population *ne sont pas indépendantes des surfaces (S) inégales* des communes. Il en est de même pour l'historien qui dispose de quantités d'émigrants comptées suivant des périodes (S) inégales de temps, ou pour le démographe qui dispose de quantités de personnes comptées suivant des classes (S) inégales d'âge. Ces quantités ne sont pas indépendantes de la dimension (S) de la classe.

#### Sont de la forme QS

*Les quantités absolues Q comptées suivant des classes variables (S), que ces quantités soient exprimées :*

• *par les nombres observés :*

Q de tonnes de lait par département (S), Q de personnes par période (S)...

• *en 100<sup>e</sup> (ou en 1.000<sup>e</sup> du total (\*) :*

Q de lait par département (S), de personnes par classe d'âge, exprimées en centièmes (ou en millièmes) du total de la série, soit  $QS \times 100/\text{total de la série}$ .

Test : pour cent quoi ? Pour un total de la série égal à cent (\*\*);

• *par un indice (\*) :*

Q de lait consommé par période (S), pour 100 litres consommés en 1950 ( $Q_i$ ), Q de lait produit par département (S), pour 100 litres produits par le Calvados ( $Q_i$ ), soit  $Q_s \times 100/Q_i$ .

Test : pour cent quoi ? Pour 100 litres produits par le Calvados (\*\*);

• *par un rapport établi sur une variable indépendante de S :*

Q moyenne mensuelle de lait produit par département (S),

Q moyenne communale de dépenses par période (S),  
soit  $QS/\text{total/nombre de classes (mois, communes)}$ .

Lorsque S est représenté par des lignes ou des zones, la transcription graphique des QS peut conduire à de graves erreurs (p. 45). Il est généralement nécessaire de transformer la donnée en effectuant le calcul  $QS/S$  (2 et 3).

### Les quantités indépendantes des classes (ou Q)

Lorsque le géographe cherche des quantités de population indépendantes de la surface des communes, il calcule des densités : Q de population/surface, soit  $QS/S = Q$ .

Le démographe réduit sa variation de classe de la même manière : Q de personnes/longueur (en années) de la classe, soit  $QS/S = Q$ . Mais les quantités Q ne sont pas toutes de cette nature.

#### Sont de la forme Q

• *les cotes*, cotes d'altitude, de température, prix d'une denrée, quantité d'ouvriers par usine, etc. Ce sont des mesures ou des effectifs prélevés en un point, par définition sans longueur ni surface. Ils caractérisent donc une classe invariable ;

• *les réductions à une classe unitaire*, densités, fréquences "absolues", telles que les exemples cités plus haut et qui résultent de l'opération  $QS/S = Q$  ;

• *les rapports simples*, dans lesquels la classe variable (S) pondère les deux termes du rapport :

Q de blé produit par commune (S)/Q d'ha emblavés par commune (S),

Q d'émigrants par période (S)/Q de bateaux par période (S),

soit  $QaS/QbS = Qa/Qb = Q'$  ;

• *les "taux" et "pourcentages"* qui multiplient par cent (ou mille) les rapports simples :

Q de décès par commune (S)  $\times 1000/Q$  de personnes par commune (S),

Q d'actifs par classe d'âge (S)  $\times 100/Q$  de personnes par classe d'âge (S),

soit  $QaS \times 100/QbS = Qa/Qb = Q'$  pour cent.

Test : pour cent quoi ? Pour cent personnes au total par commune (\*\*).

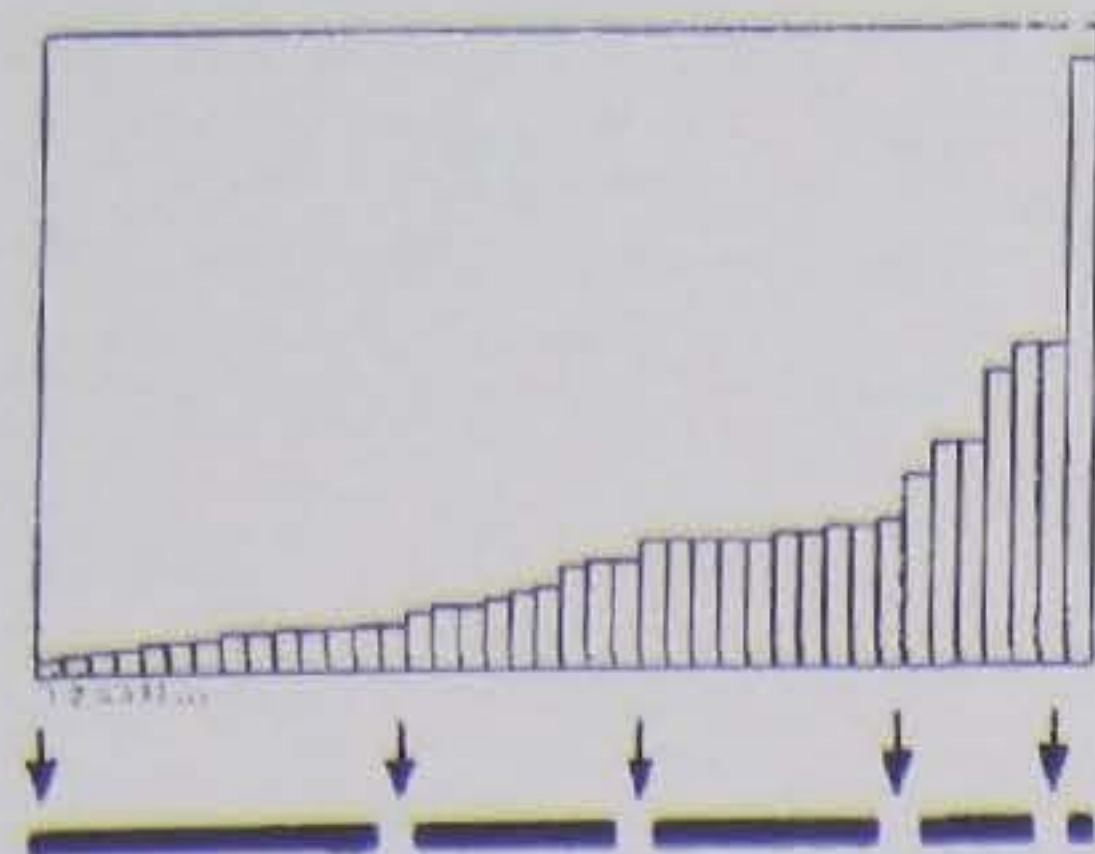
La transcription graphique des quantités Q est plus simple. Cependant, il faut savoir éviter une confusion avec des solutions graphiques convenant seulement aux QS (16, p. 45).

\* Les 100<sup>e</sup> et les indices ne sont qu'un simple changement d'échelle dans l'expression numérique, utile à la communication verbale dans la mesure où tous les nombres deviennent intelligibles lorsqu'on conçoit ce que représentent 100, ou 1 000. Graphiquement, Q absolues, centièmes ou indices fournissent la même image d'une série.

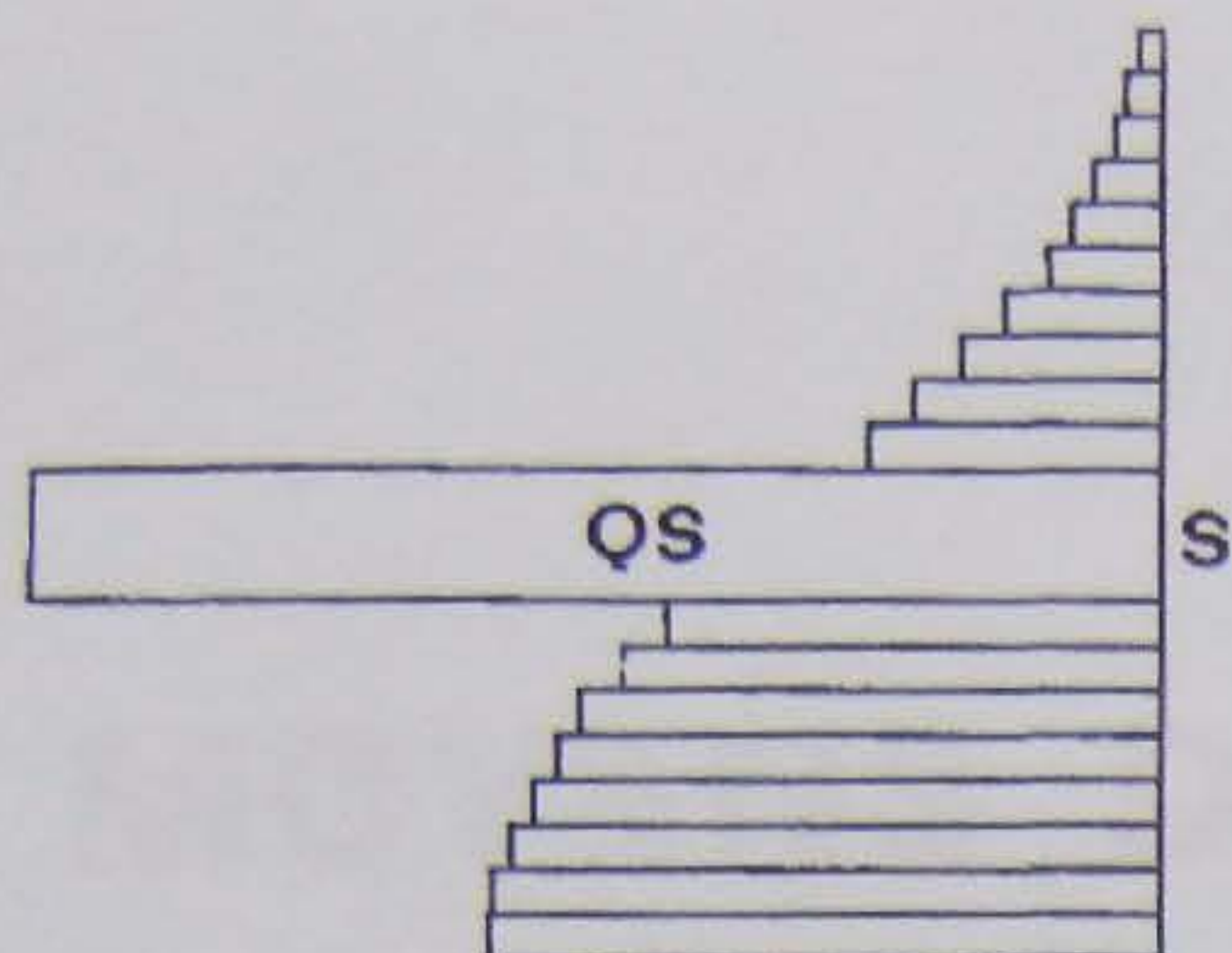
\*\* Le test : pour cent quoi ? est indispensable. Il permet d'éliminer les faux pourcentages et de comprendre ce dont il s'agit. Il oblige à fournir au lecteur les éléments de la réponse. Il révèle, trop souvent encore, des séries pour lesquelles la réponse est impossible, et qu'il faut par conséquent clarifier.



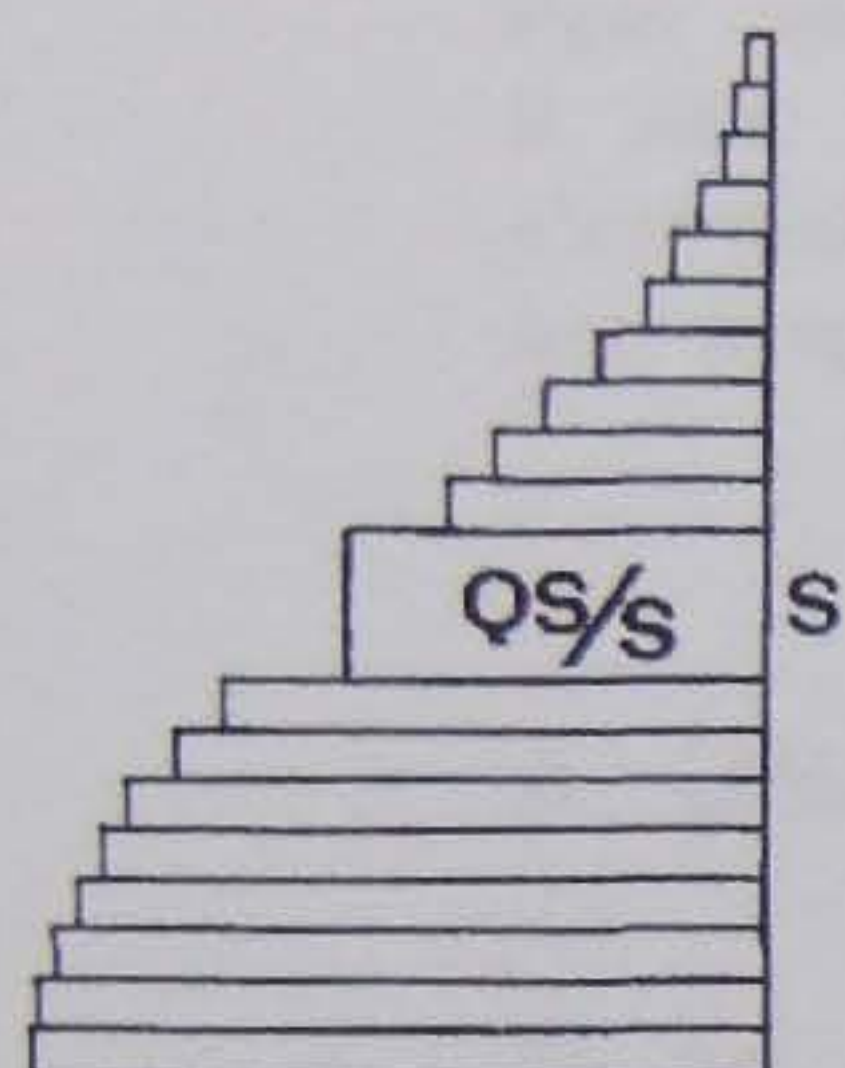
## L'INCLUSION DES NIVEAUX D'ORGANISATION



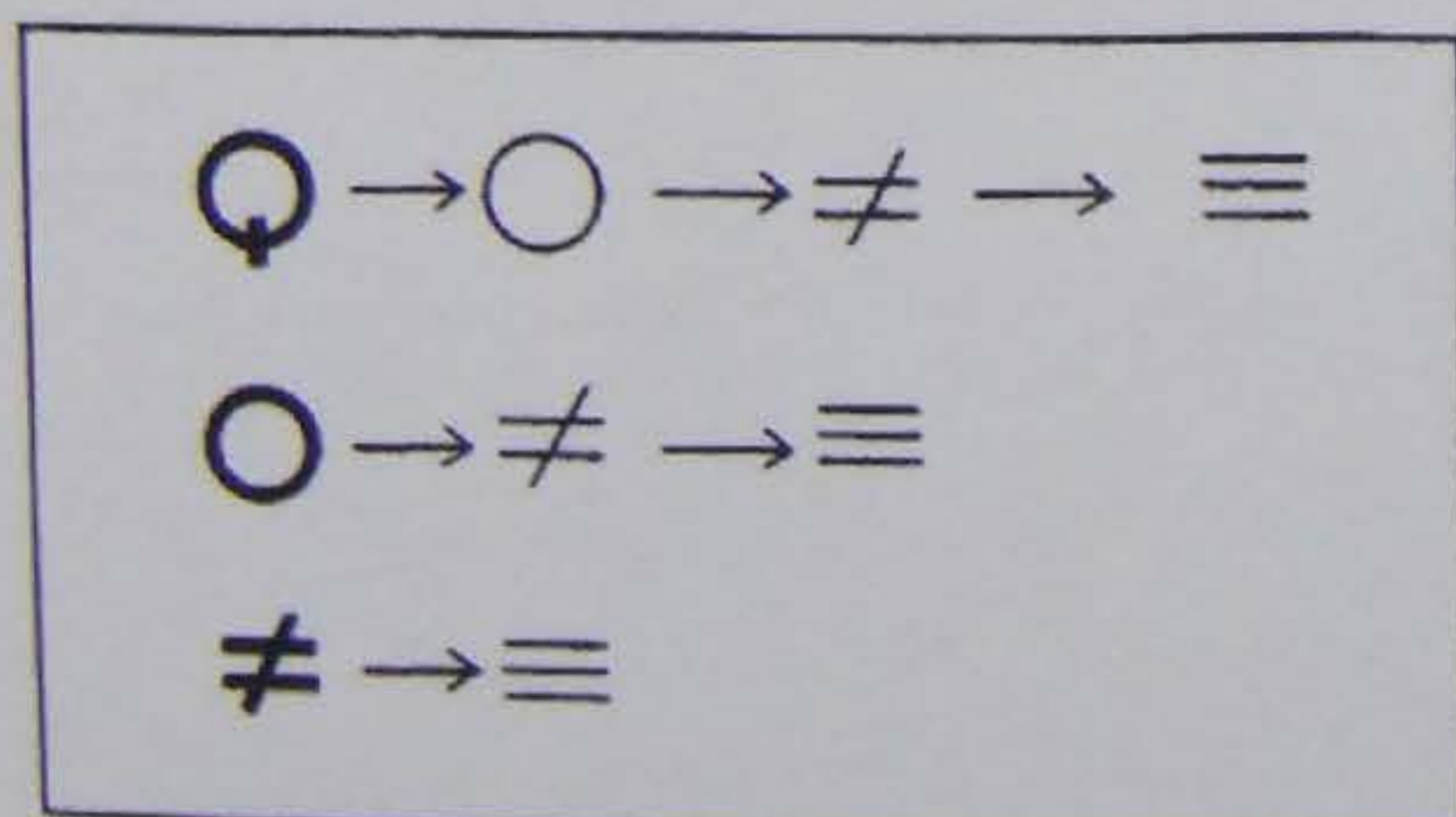
1



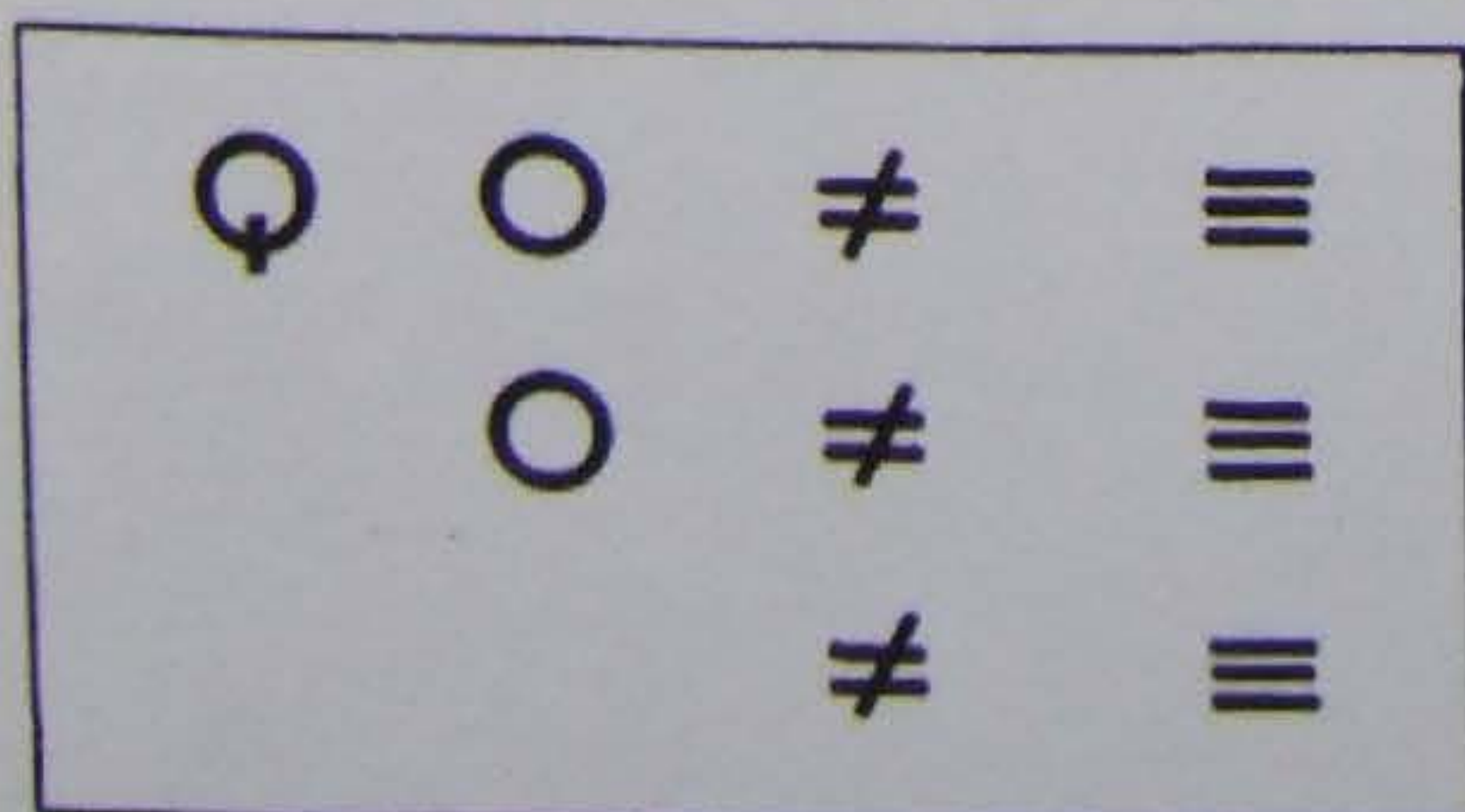
2



3



4



5

### Conventions graphiques.

Pour désigner une composante et en même temps spécifier son niveau d'organisation, nous emploierons les signes suivants :

**Q** - Série quantitative mesurant les variations de distance entre des catégories ordonnées.

**O** - Composante dont les catégories sont équidistantes et s'inscrivent dans un ordre unique, universellement admis.

**≠** - Composante qualitative dont les catégories sont identifiées et équidistantes.

**≡** - Composante qualitative dont on peut abstraire le caractère différentiel (que l'on considère "toutes catégories confondues").

### L'inclusion des attitudes perceptives.

Le niveau d'organisation détermine les attitudes perceptives que l'on peut prendre devant une composante. Ces attitudes sont ordonnées et inclusives. En effet, devant une composante quantitative, il est possible de prendre :

*une attitude perceptive quantitative* et se poser la question : quel rapport y a-t-il entre ces deux longueurs, entre ces deux populations, entre ces deux surfaces?...

*une attitude perceptive ordonnée* et se poser les questions : Dans quel ordre ces longueurs se classent-elles? L'ordre des quantités départementales de population correspond-il à l'ordre alphabétique des départements?...

*une attitude perceptive sélective* et se poser la question : Où sont toutes les villes de 15 000 habitants?

*une attitude perceptive associative* et se poser les questions : quelle est la répartition des "villes", abstraction faite de toute différenciation entre elles? Où est la forêt, abstraction faite de toute différenciation d'âge des arbres, de taille, de nature?

Ainsi :

- Toute série quantitative peut être envisagée comme seulement ordonnée.

- Toutes les catégories d'une série ordonnée peuvent être envisagées comme seulement différentes.

- Toutes les catégories d'une série qualitative peuvent être envisagées comme semblables.

Mais

- Une série seulement qualitative n'est pas ordonnée.

- Une série seulement ordonnée n'est pas quantitative.

Le système d'inclusion qui résulte de ces constatations trouve son expression dans le tableau (4) dont la construction la plus lisible est (5). Il permet de reconnaître les attitudes perceptives que peut susciter chaque composante, de choisir une représentation visuelle d'un niveau au moins égal et de classer les variables visuelles entre elles.



## **II**

# **LES MOYENS DU SYSTÈME GRAPHIQUE**

*Pour utiliser la représentation graphique  
il faut connaître l'étendue du système  
c'est-à-dire les variables visuelles disponibles,  
leur longueur et leur niveau d'organisation.*

**A. Délimitation du système**

**B. Le plan**

**C. Les variables rétinienne**



# A. Délimitation du système graphique

## LES LIMITES

On ne peut analyser un système de signes sans le délimiter strictement. Toutes les perceptions visuelles n'entrent pas dans cette étude et le mouvement réel en particulier en est exclu. Une incursion dans l'expression cinématographique montre très rapidement que la plupart de ses lois sont différentes des lois du dessin intemporel. Si le mouvement apporte une variable de plus, celle-ci est écrasante, elle mobilise toute la perception et limite à l'extrême l'attention que l'on peut porter à la signification des autres variables. De plus il est à peu près certain que le temps réel n'est pas quantitatif, il est élastique. L'unité de temps semble s'allonger dans l'immobilité tandis qu'elle se contracte dans l'action, sans que l'on ait pu encore déterminer tous les facteurs de cette variation.

Le relief réel n'a pas non plus sa place ici, et nous ne le citons qu'à titre de comparaison.

On ne considérera dans cette étude :

- que ce qui est représentable ou imprimable
- sur une feuille de papier blanc
- d'un format moyen, visible d'un "coup d'œil"
- à une distance de vision correspondant à la lecture d'un livre ou d'un atlas
- sous un éclairage normal et constant (mais en tenant compte éventuellement de la différence entre la lumière du jour et la lumière artificielle).
- par tous les moyens graphiques disponibles.

Seront exclus par conséquent

- les variations de distance et d'éclairage
- le relief réel, épaisseurs, anaglyphes, stéréoscopie.
- le mouvement réel (tremblement de l'image, dessins animés, cinéma).

Dans ces limites, de quoi le dessinateur dispose-t-il ?  
De TACHES!

Pour être visible une tache doit avoir un pouvoir de réflexion de la lumière différent de celui du papier. Plus la tache est grande, moins cette différence a besoin d'être marquée. On considère que la tache noire minimum visible et séparable doit avoir un diamètre de 2/10 de mm. Mais ici rien n'est absolu, car une constellation de taches plus fines est parfaitement visible.

## LES VARIABLES VISUELLES

Une tache visible peut varier de position dans la feuille de papier. Le rectangle noir est en *bas* et à *droite* du carré blanc (1). Il pourrait être en bas et à gauche, en haut et à droite.

Une tache peut donc exprimer une correspondance entre les deux séries fournies par les

### DEUX DIMENSIONS DU PLAN

Fixée en un point significatif dans le plan, la tache, à condition d'avoir une certaine dimension, peut être dessinée de différentes manières. Elle peut varier de :

TAILLE  
VALEUR  
GRAIN  
COULEUR  
ORIENTATION  
FORME

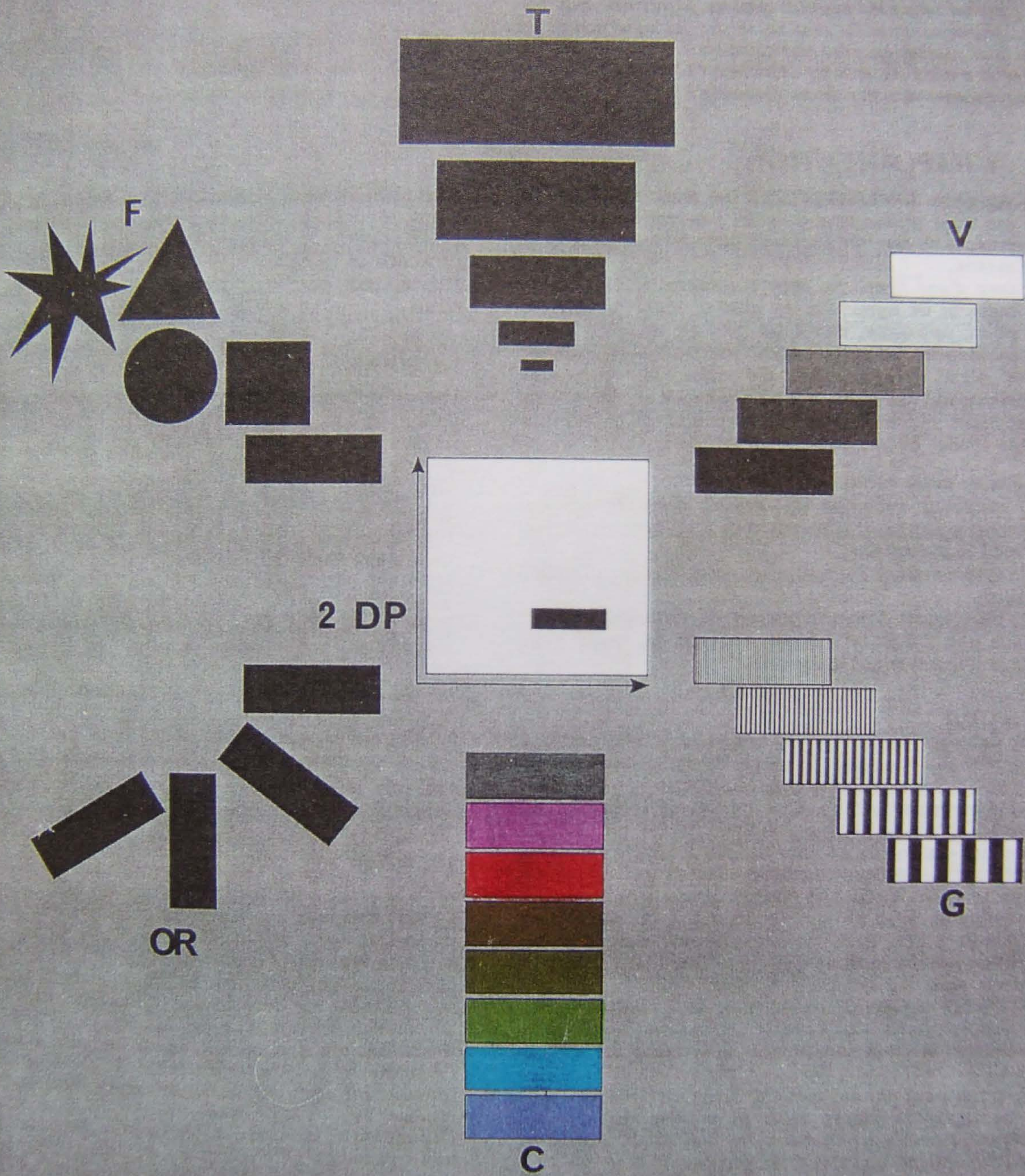
et exprimer une correspondance entre sa position plane et sa position dans la série étalonnée de chaque variation.

Le dessinateur dispose ainsi de huit variations sensibles. Ce sont les composantes du système d'expression. Nous les appellerons *variables visuelles*. Elles forment le monde des images. C'est avec elles que le dessinateur suggère la perspective, le peintre la matière et la vie, le rédacteur graphique les relations d'ordres, le cartographe l'espace.

Cette analyse de la perception visuelle intemporelle en huit facteurs n'exclut pas les schémas antérieurs. Mais combinée avec la notion d'implantation, elle présente sur ceux-ci l'avantage d'être constructive et de s'ajuster d'une manière homogène aux problèmes pratiques que rencontre le rédacteur graphique.

Ces variables ont des propriétés significatives, des capacités d'expression différentes. Comme toutes les composantes, chaque variable est caractérisée par son niveau d'organisation et par sa longueur. Nous étudierons successivement le PLAN, puis les variables d'élévation ou variables RÉTINIENNES que l'on peut élever en 3<sup>e</sup> dimension au-dessus du plan.







## B. Le plan

*Le plan est le support de toute représentation graphique. Il nous est tellement familier que ses propriétés semblent des évidences, mais ce sont les choses les plus familières qui sont souvent les plus mal connues. Le plan est homogène et a deux dimensions. Avons-nous envisagé toutes les conséquences visuelles de ces évidences ?*

### 1. L'IMPLANTATION

On appellera **IMPLANTATIONS** les trois significations qu'une tache visible peut recevoir par rapport aux deux dimensions du plan. Ce sont les figures élémentaires de la géométrie.

Le long d'une ligne, on peut considérer un point ou un segment de ligne. Sur un plan on peut considérer un point, une ligne, une zone. Si l'on ne perçoit pas les incidences de cette notion fondamentale, tout le reste n'est qu'ambiguïté. En effet, ce que l'on appelle point ou ligne n'a ni épaisseur ni surface et cependant requiert, pour être visible, la perception d'une tache, c'est-à-dire d'une surface!

**Utilité de cette notion :**

- la longueur (nombre de paliers disponibles) des composantes de 3<sup>e</sup> dimension et leur emploi varient avec l'implantation,
- la représentation des quantités varie suivant l'implantation,
- les différences d'implantation sont sélectives,
- dans une image, un même concept ne peut avoir deux implantations différentes.

#### LE POINT

Une ligne droite, tracée sur le papier, a une certaine longueur que l'on peut mesurer. Mais, au moment de la mesure, ses extrémités sont considérées ne pas avoir de longueur sur la ligne. Ce sont des **POINTS**. Ils ont cependant une position sur la ligne.

Le point distant de 51 mm du bord horizontal de la feuille, et de 34,5 mm du bord vertical a une position dans le plan. Qu'il soit visible grâce à un "picot" d'aiguille de 1/10 de mm de diamètre, ou grâce à un cercle de 5 mm, dans les deux cas son centre a une position précise mais ne signifie ni longueur ni surface dans le plan.

**UN POINT** signifie un moment du plan, sans longueur ni surface. Cette signification est indépendante de la dimension et de la constitution de la tache qui le rend visible.

Un point peut par conséquent varier en position. Mais il ne signifiera jamais ligne ni surface du plan de l'image. Par contre la tache qui le rend visible peut varier de taille, valeur, grain, couleur, orientation et forme, mais ne peut varier de position. La signification positionnelle s'applique naturellement au centre visuel de la tache. Toute autre application doit être explicitée.

De nombreux exemples concrétisent cette notion : points géodésiques, confluent, carrefours, "corne"

d'un bois, position d'un avion, d'un émetteur sont des points de l'espace plan, sans longueur ni surface. Leur représentation graphique n'en requiert pas moins la présence de taches.

Représentés sur une carte géographique, ces phénomènes sont en **implantation ponctuelle**.

#### LA LIGNE

Un raisonnement analogue permet de comprendre qu'une ligne est essentiellement la limite entre deux surfaces. Elle a une longueur, une position dans le plan, mais n'a pas de surface.

**UNE LIGNE** signifie un moment du plan, ayant une longueur mesurable, mais sans surface. Cette signification est indépendante de la largeur et de la constitution de la tache qui la rend visible.

Une ligne par conséquent peut varier en position mais ne signifiera jamais surface du plan de l'image. La tache qui la rend visible peut varier suivant toutes les variables autres que celles du plan : en largeur, valeur, grain, couleur, orientation de ses constituants et formes de détail. La signification positionnelle s'applique naturellement à l'axe linéaire de la tache, seul lieu universel parmi tous les possibles. La limite de la mer, d'une maison, d'une nation, le parcours d'un train, d'un bateau sont des lignes sans surface. Représentés cartographiquement ils sont en **implantation linéaire**.

#### LA ZONE

Mais la tache peut signifier surface du plan.

**LA ZONE** signifie une partie du plan, ayant une surface mesurable. Cette signification s'applique à toute la surface couverte par la tache visible.

Une zone peut varier en position, mais la tache qui la représente ne peut varier de surface, sans que la zone visible ne varie elle-même.

En conséquence pour une zone donnée, la tache qui l'exprime ne peut varier de taille, de forme ni d'orientation, mais elle peut varier de valeur, de grain et de couleur.

Cependant si la zone est définie visuellement comme une constellation de points ou de lignes, ces points et lignes peuvent varier de taille, d'orientation ou de forme, sans que la zone ne varie. Des phénomènes tels que surface lacustre, île, terre, surface bâtie, pays... représentés cartographiquement sont en **implantation zonale**.



## L'ANALYSE DES QUANTITÉS A REPRÉSENTER, première conséquence de l'implantation.

Lorsque les classes sont de dimensions variables, la représentation des quantités affectées à ces classes doit tenir compte : 1) de l'implantation ponctuelle, linéaire ou zonale des classes ; 2) de la nature Q ou QS des quantités à représenter (p. 38).

Soit l'information suivante concernant quatre communes (classes) A B C D :

Classes (communes)	A	B	C	D
Surfaces (S)	4	4	1	1
Quantité de populat. (QS)	4	8	2	4
Densité de populat. (Q)	1	2	2	4

(dizaines de km<sup>2</sup>)  
(milliers de personnes)  
(00)

En (1) les communes sont en **implantation ponctuelle**. Ce sont les points d'un diagramme de corrélation (répartition des communes suivant le % de population agricole (I) et industrielle (II)). Chaque point peut recevoir en 3<sup>e</sup> dimension soit des quantités QS (2), soit des quantités Q (3) que l'œil percevra correctement.

En (4) les communes sont en **implantation linéaire** verticale et proportionnelle à S. Si l'on construit les quantités QS sur l'autre dimension du plan (5), l'œil perçoit horizontalement les QS, mais il voit surtout la surface construite, c'est-à-dire QS<sup>2</sup>, qu'il interprète comme étant la population QS. Surfaces et profil sont erronés. Il faut donc construire horizontalement QS/S, c'est-à-dire Q (6) qui donne, en surface, une image exacte de la quantité Q, et horizontalement une image exacte de la densité Q.

En (7) les communes sont en **implantation zonale** proportionnelle à S. Les QS et les Q se distribuent suivant (9) et (10). La représentation la plus simple (1 point pour 1.000 habitants) fournit l'image (8) qui est incontestable.

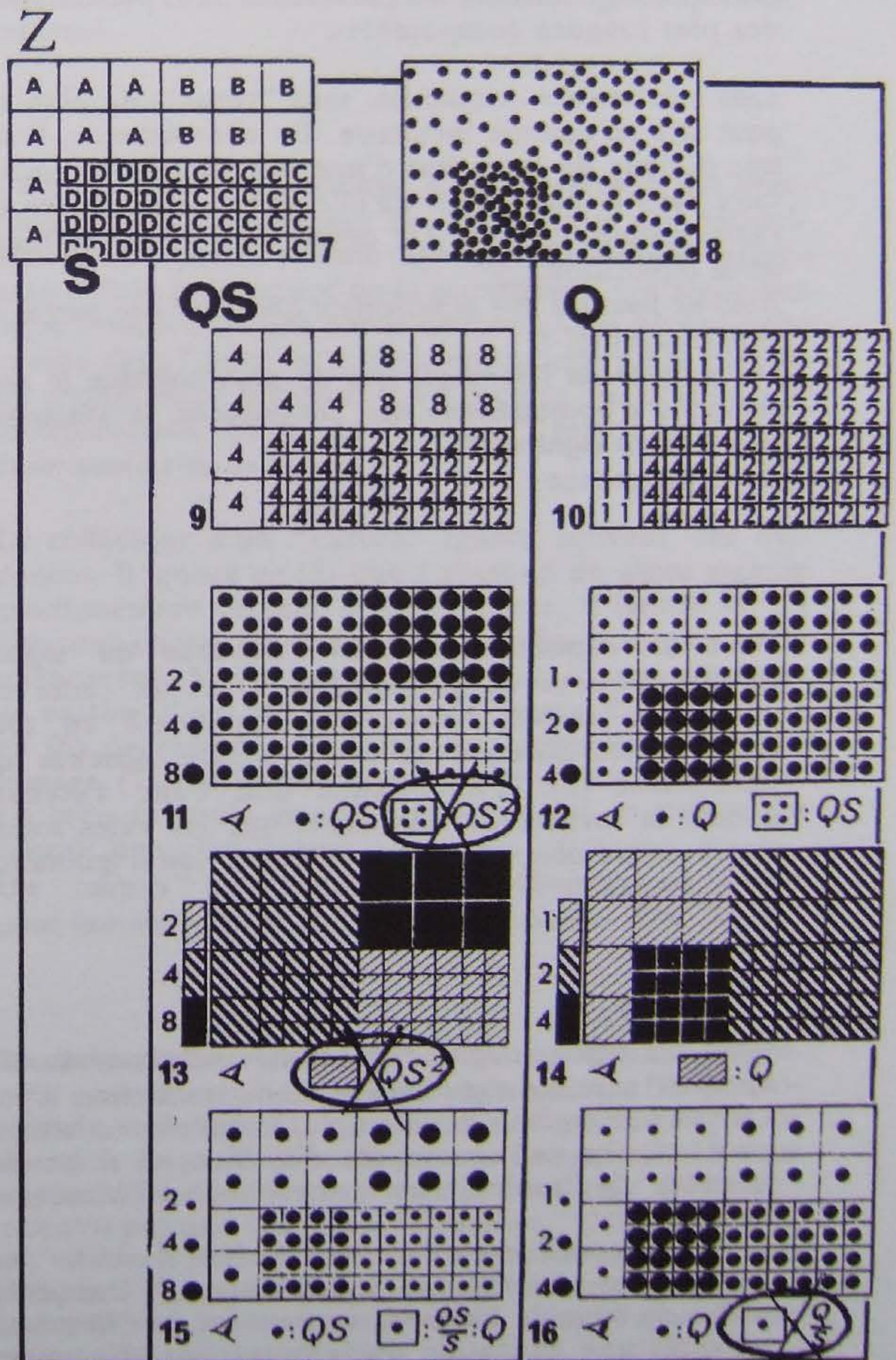
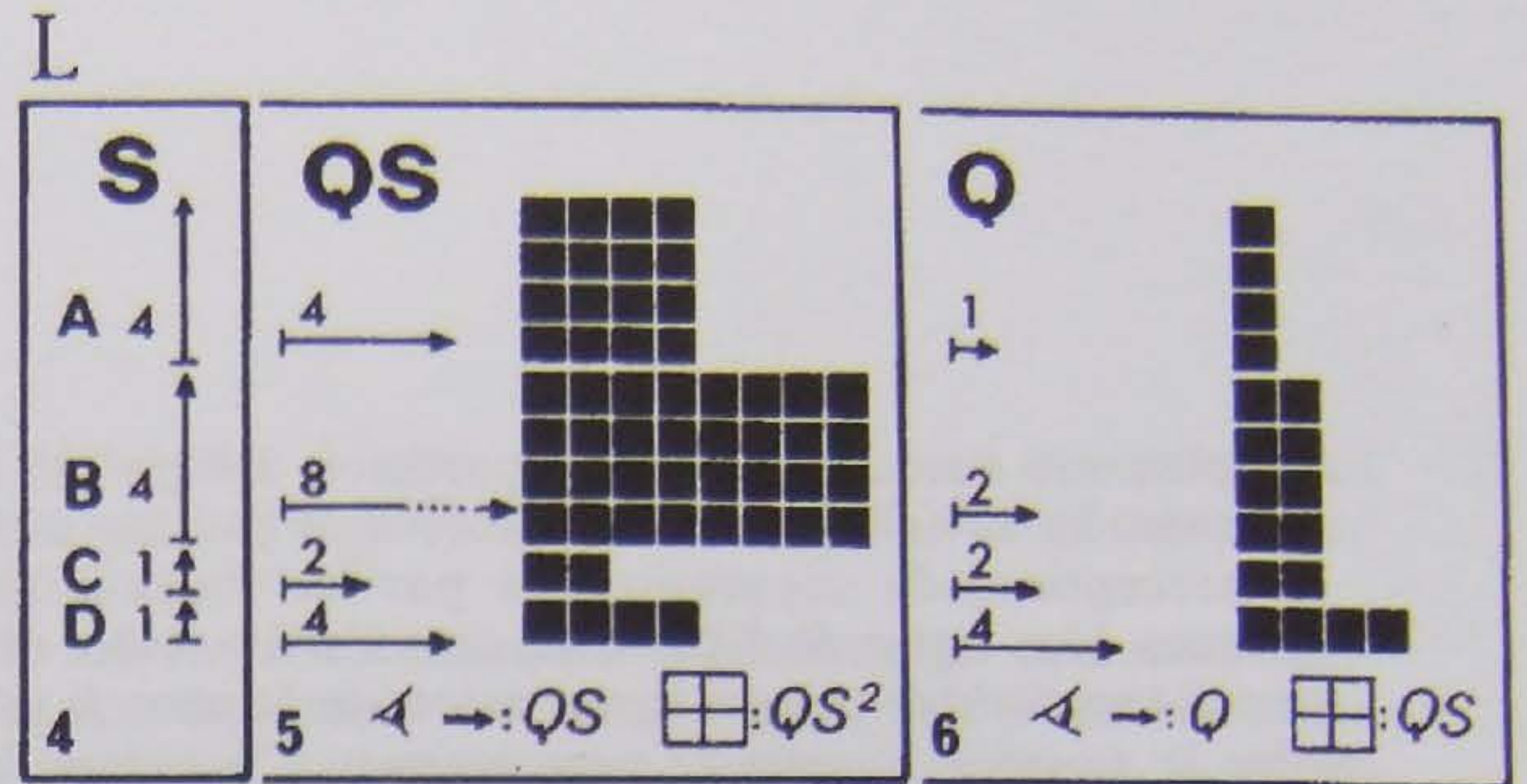
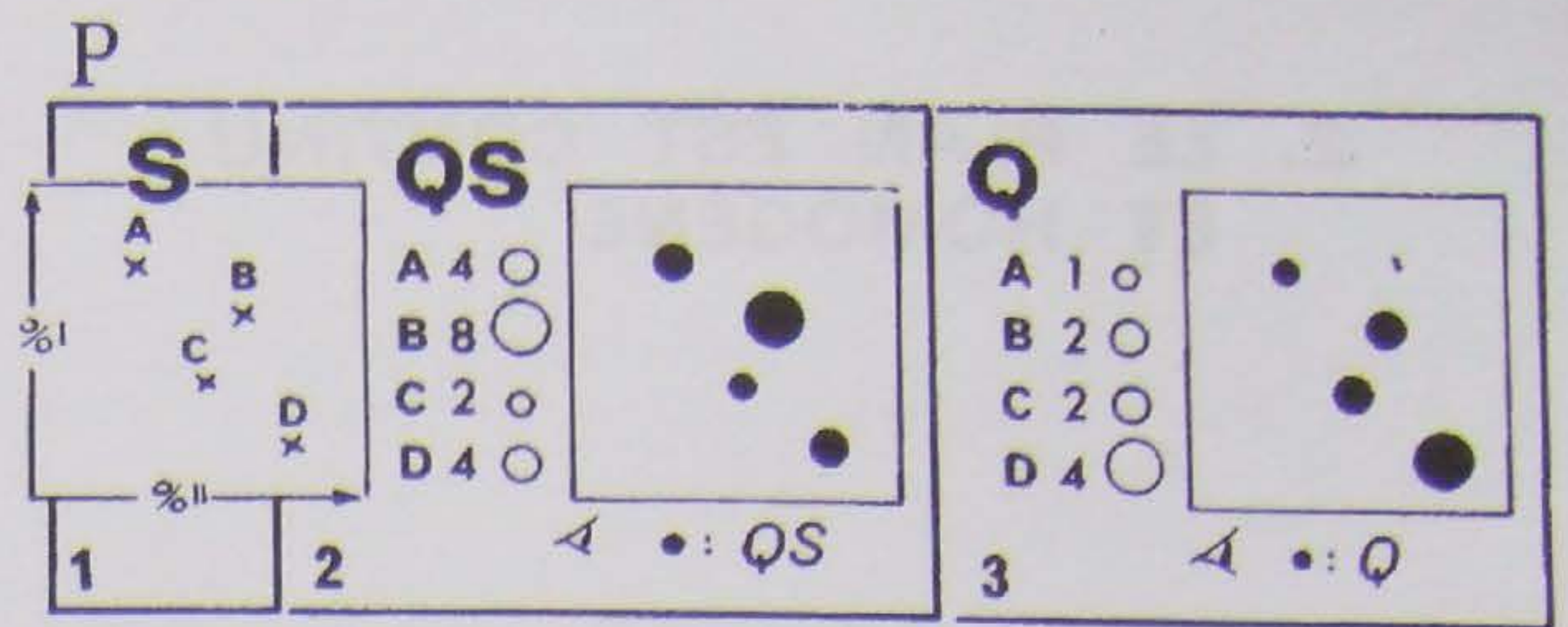
On juge aisément des confusions visuelles auxquelles aboutissent les constructions (11) et (13) qui étendent la valeur QS à toute la zone.

L'œil y voit, comme en (5), QS multiplié par la surface, c'est-à-dire QS<sup>2</sup> (voir aussi p. 76, 5 et 6).

La représentation des QS peut cependant être utile (c'est, par exemple, la mesure de la responsabilité des maires). Dans ce cas, la construction (15), c'est-à-dire un point QS par zone, évite les confusions visuelles précédentes.

Par contre, construire un point Q par zone conduit à une représentation erronée (16).

Il est intéressant de constater que l'erreur de perception fournie par la construction (5) est bien connue des statisticiens et qu'elle est toujours évitée, tandis que les perceptions erronées fournies par les images (11) et (13), et dont l'erreur s'exprime mathématiquement de la même manière (perception de QS<sup>2</sup>) se rencontrent encore. Le contrôle de la perception en troisième dimension est moins évident que le contrôle de la perception dans le plan. Il n'en est pas moins important puisqu'il intéresse toute la cartographie.





## 2. LE PLAN EST CONTINU ET HOMOGÈNE

Le plan est susceptible d'une partition infinie. Il est continu. Sa divisibilité n'est limitée que par les seuils de perception, de séparation, et par les moyens graphiques. Une ligne de 1 cm supporte aisément dix divisions identifiables. Après la variation de forme, *le plan offre la variable visuelle la plus longue*. C'est donc au plan que l'on confiera de préférence la représentation des plus longues composantes.

Sans solution de continuité, sans "trous", un plan ne peut être vu comme lacunaire. En conséquence, il est très difficile de faire état d'une information fragmentaire dans le plan. Bien qu'elle signale les lacunes de l'information, la carte (1) donne une vision ambiguë de la répartition.

*Nous ne pouvons que difficilement abstraire une partie du plan significatif.*

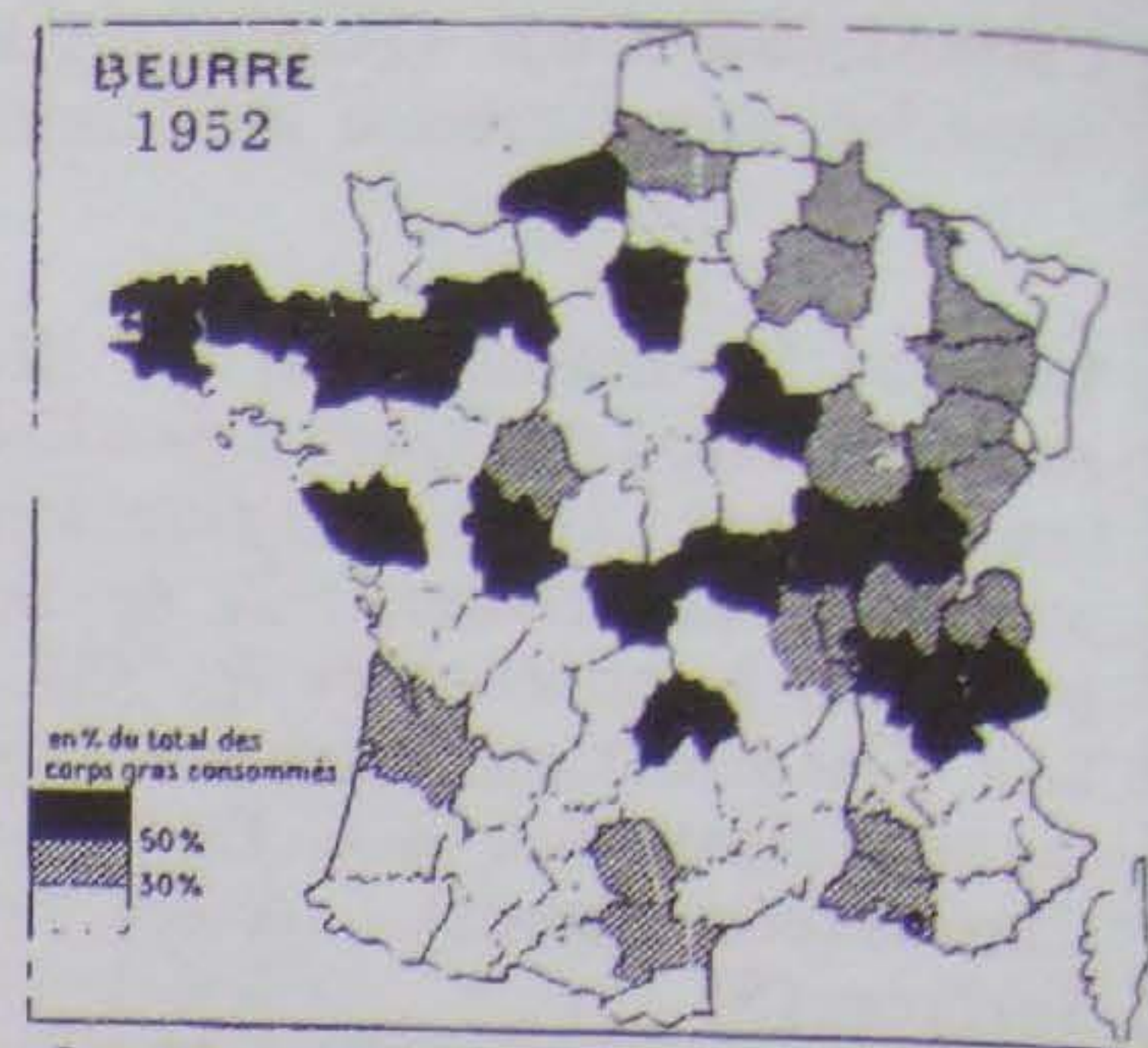
La certitude de l'homogénéité du plan entraîne la présomption d'homogénéité des conventions, à l'intérieur d'un espace significatif.

En conséquence :

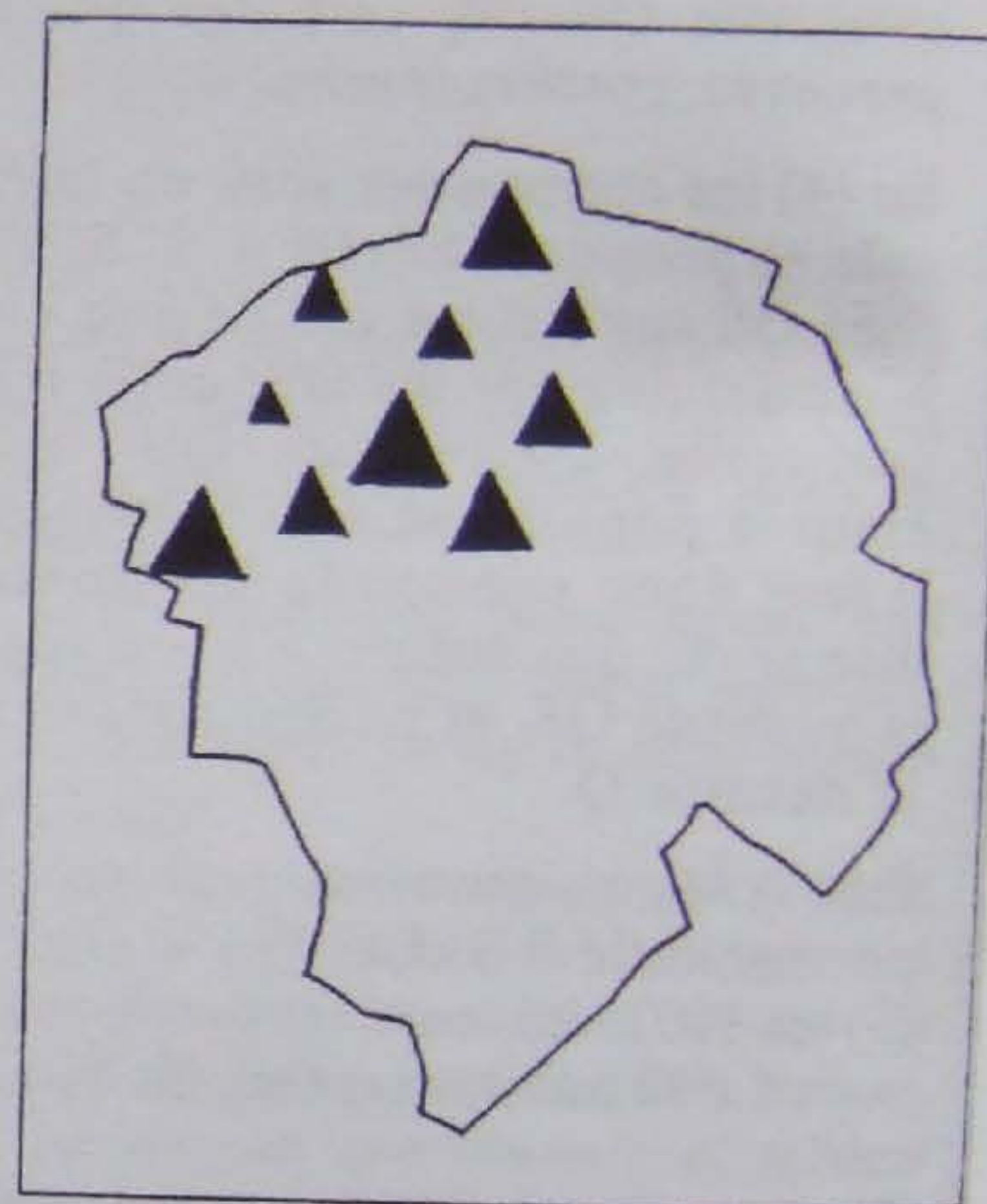
Dans un espace significatif l'absence de signes signifie absence de phénomène. Dans un cadre ou une limite visible, l'espace est significatif en tout point. Toute absence de signal signifie absence de phénomène (2). L'information doit donc s'étendre à toute la surface de telle sorte que les vides soient significatifs d'absence du phénomène et non d'ignorance du phénomène.

Dans un espace significatif, toute variation visuelle apparaît comme significative et l'introduction d'une variation de couleur par exemple, à seule fin esthétique ou décorative est une source d'inefficacité si les différences de couleur ne correspondent à aucune composante.

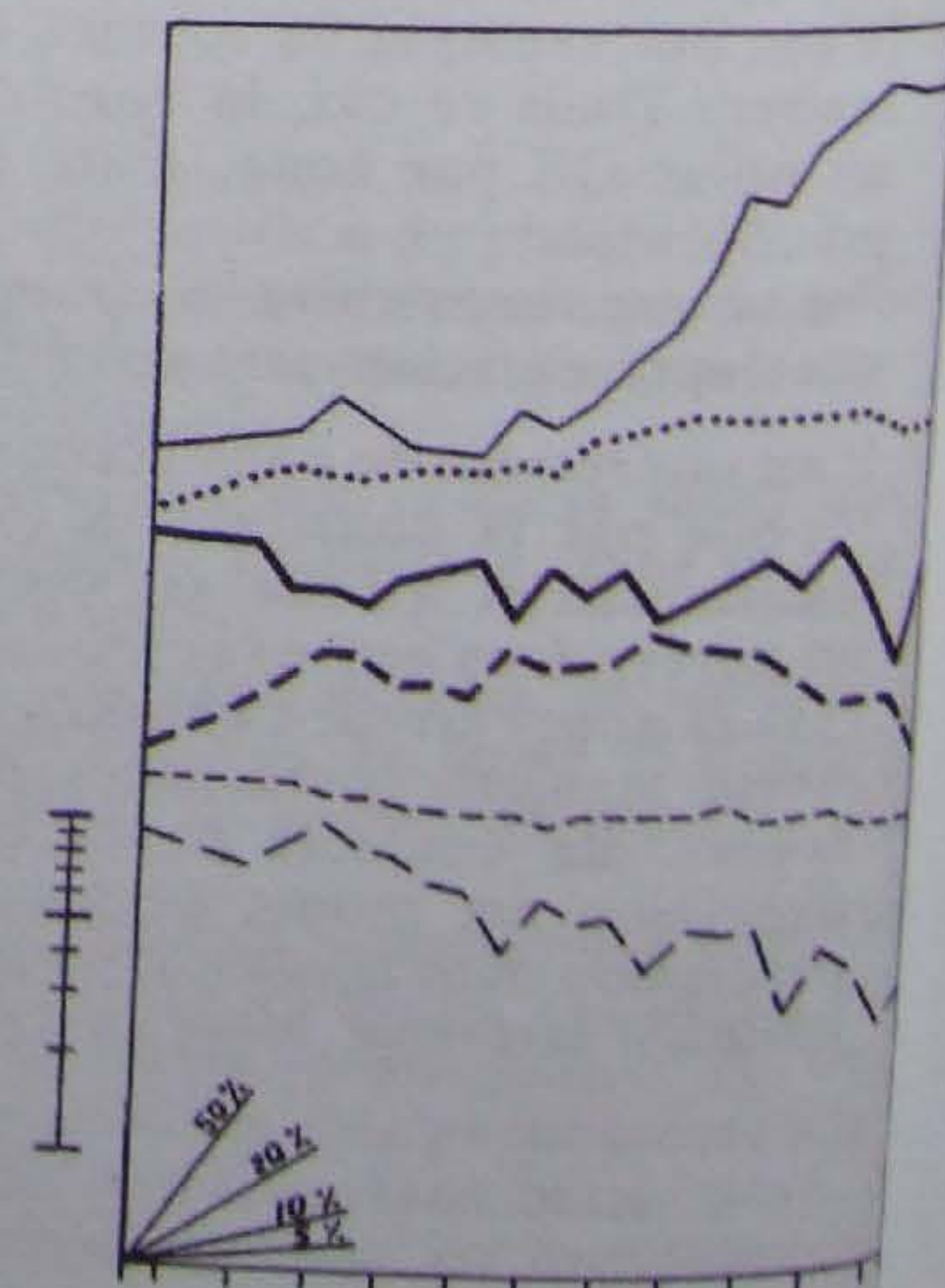
Cette propriété exclut la spontanéité dans la perception des diagrammes logarithmiques. Des différences visibles de longueur ne peuvent être abstraites qu'après une éducation de la perception. Il importe



1 Le blanc signifie absence de renseignements

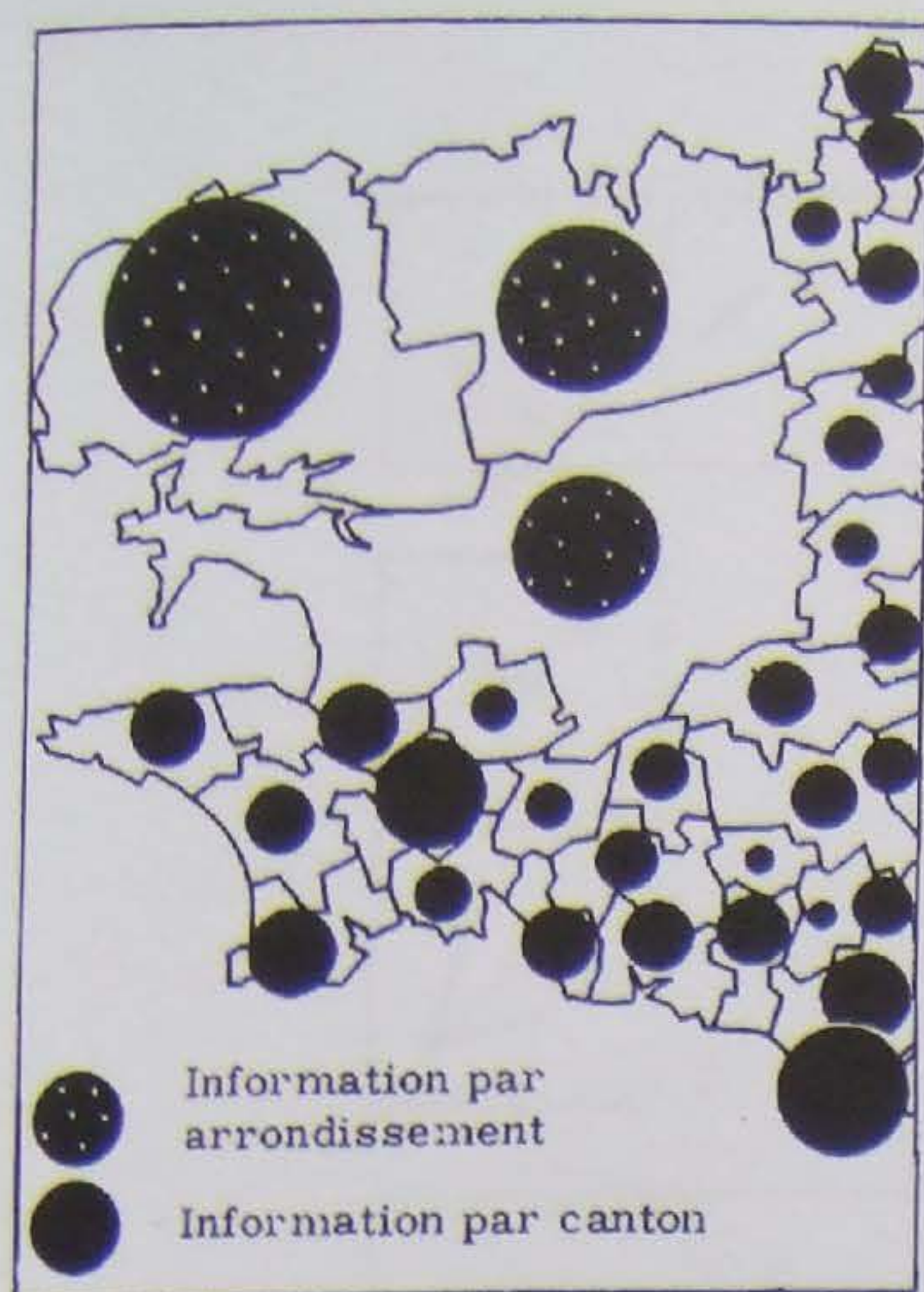


2



3

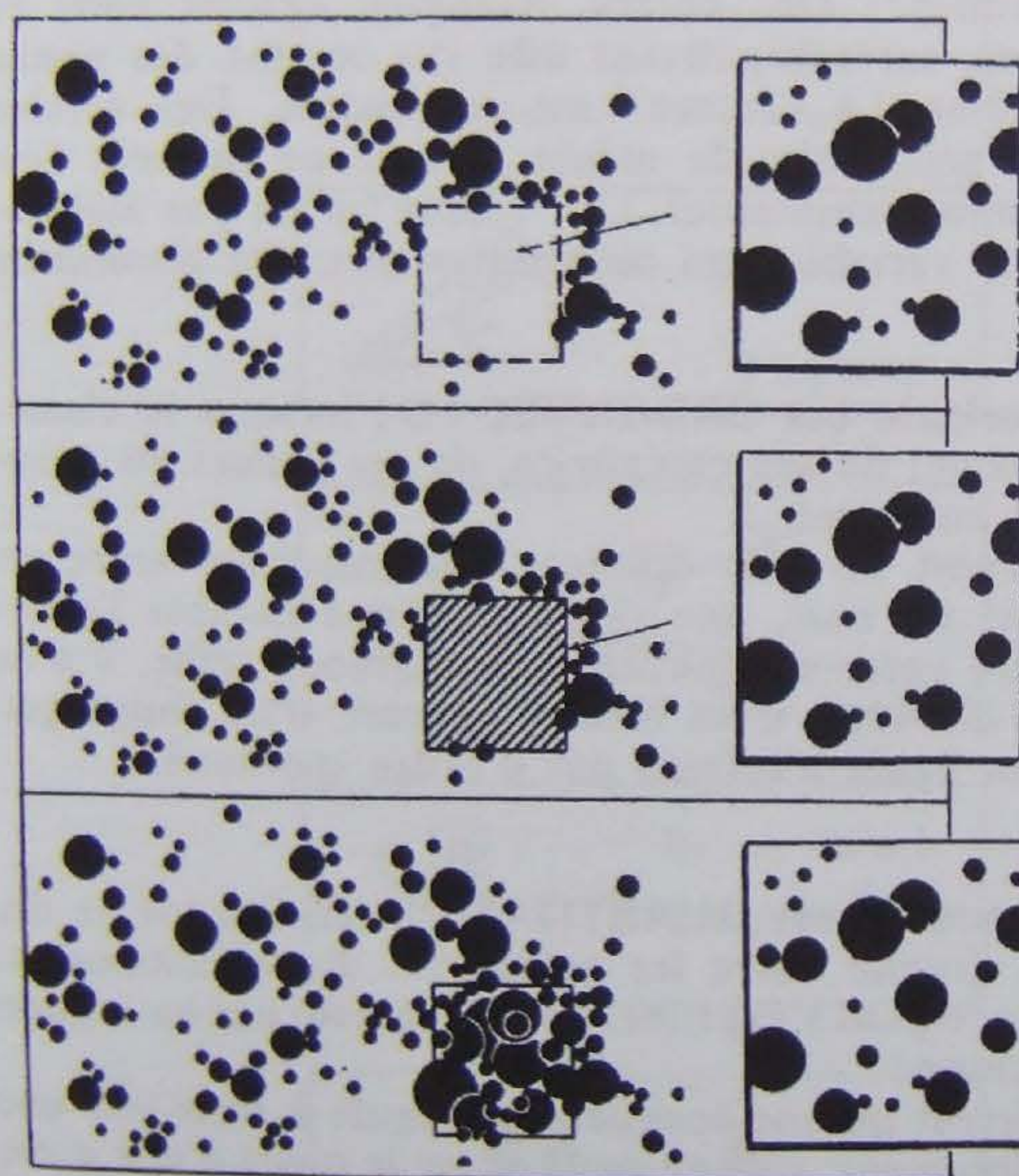




4

d'apprendre à voir. On y parvient ici lorsqu'on sait que seules les différences de pente des courbes sont significatives (3).

De même, des longueurs différentes ne peuvent signifier spontanément des longueurs égales. Pourtant cette abstraction est nécessaire, particulièrement dans les réseaux (p. 275), le lecteur doit en être rigoureusement informé.



5

6

7

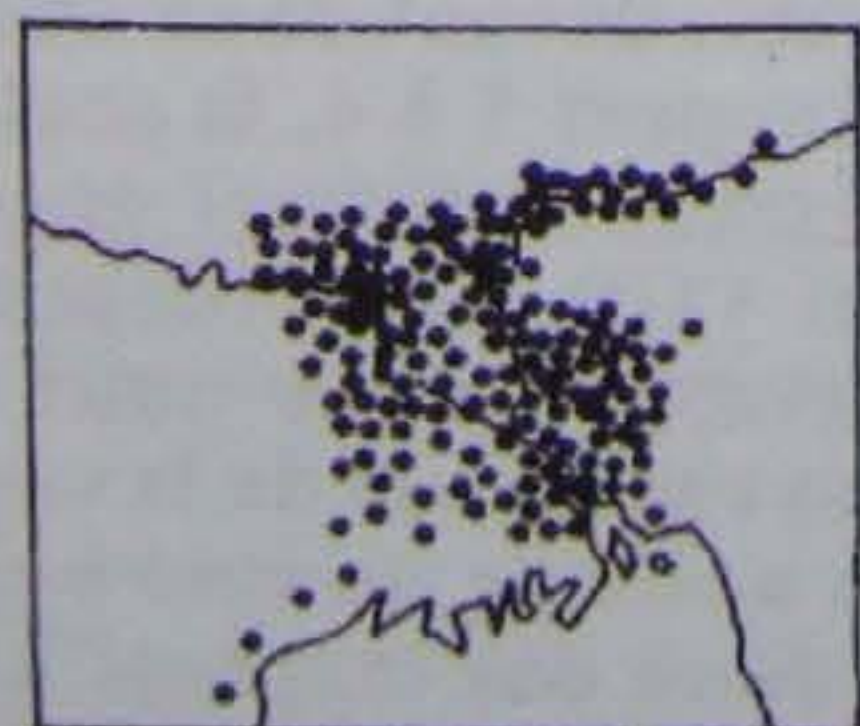
Dans un espace significatif, une convention est invariable et un changement de convention est naturellement interprété comme une transformation significative dans la structure de la répartition. Un signe par département dans une partie de l'image (4), un signe par canton dans l'autre est spontanément interprété comme un changement significatif. Le lecteur ne corrige son interprétation qu'en considérant "séparément" les deux parties de la figure.

Le rédacteur d'un "carton" ignore souvent ces évidences. Il ignore en (5) que l'absence de signe signifie spontanément absence de phénomène, il ignore en (6) que tout changement de signe signifie changement de phénomène. Si l'on peut croire que le signe renvoie au carton, il est de toute façon impossible en (5) et en (6) de restituer l'information originale que seule l'image (7) permet de comprendre et de mémoriser. (7) crée la seule image homogène, et le carton en fournit une clarification.

Un "carton" est une image supplémentaire, qui ne peut jamais remplacer l'image principale. (ex. p. 189)



Production du jute au Bengale • 10 000 t.



Le cadre d'une représentation limite le plan significatif mais il ne limite pas le phénomène. Un phénomène naturellement circonscrit, et par exemple le domaine de production du jute au Bengale (8) ne nous apparaît fini dans l'espace qu'à la condition d'être circonscrit par une marge où "l'absence" du phénomène est visible (9). Si le cadre est trop proche, il y a présomption d'une extension du phénomène au-delà du cadre (8) et la démonstration de l'unité spatiale du phénomène n'est pas faite.

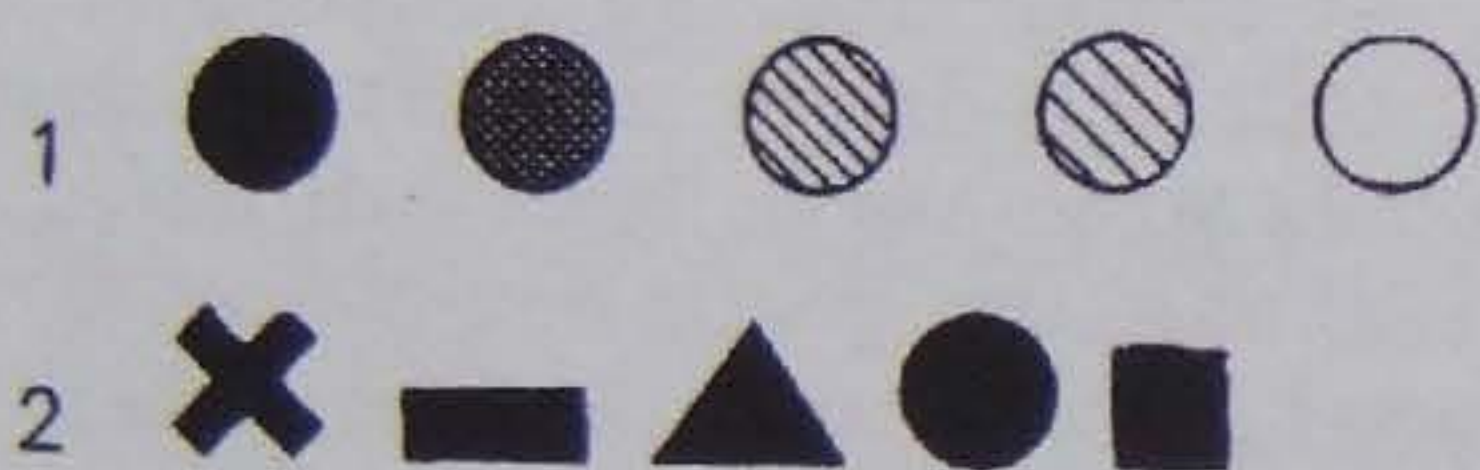


### 3. LE NIVEAU D'ORGANISATION DU PLAN

#### LE NIVEAU D'UNE VARIABLE

Ce sont les propriétés perceptives d'une variable qui permettent d'en définir son niveau.

Tout individu classera spontanément une série de valeurs, échelonnées du noir au blanc, dans un ordre constant (1) A, B, C, D, ou D, C, B, A, mais jamais dans un autre ordre. La valeur est ordonnée.



Mais chaque individu classera une série de formes à sa manière : A, B, C, D, ou B, A, D, C, ou... Aucun classement visuel ne s'impose à priori (2). La variation de forme n'est pas ordonnée.

La variation de valeur est donc susceptible de transcrire une composante ordonnée, c'est-à-dire de fournir une réponse visuelle aisée à toute question impliquant une attitude perceptive ordonnée. La variation de forme par contre ne peut transcrire une composante ordonnée. Si l'on adopte cette transcription, une question de nature ordonnée n'aura pas de réponse visuelle spontanée (p. 34).

On définira le niveau de chaque variable visuelle de la manière suivante (v. aussi p. 65).

**Une variable est SÉLECTIVE ( $\neq$ )** lorsqu'elle permet d'isoler spontanément toutes les correspondances appartenant à une même catégorie (de cette variable). Ces correspondances forment entre elles une "famille" : la famille des signes rouges, celle des signes verts - la famille des signes clairs, celle des signes foncés - la famille des signes de droite, celle des signes de gauche dans le plan.

**Une variable est ASSOCIATIVE ( $\equiv$ )** lorsqu'elle permet de regrouper spontanément toutes les correspondances différenciées par cette variable.

Ces correspondances sont vues "toutes catégories confondues". Des carrés, triangles, cercles noirs et de même surface peuvent être vus comme des signes semblables. La "forme" est associative. Des cercles blancs, gris, noirs de même surface ne peuvent être vus comme semblables. La "valeur" n'est pas associative. une variable non associative sera dite *dissociative* ( $\neq$ ).

**Une variable est ORDONNÉE (O)** lorsque le classement visuel de ses catégories, de ses paliers est spontané et universel.

On perçoit un gris comme l'intermédiaire entre un blanc et un noir, une taille moyenne comme l'intermédiaire entre une petite et une grande taille, il n'en est pas de même d'un bleu, d'un vert, d'un rouge qui à valeur égale n'offrent pas d'ordre spontané.

**Une variable est QUANTITATIVE (Q)** lorsque la distance visuelle entre les catégories d'une composante ordonnée peut s'exprimer spontanément par un rapport numérique.

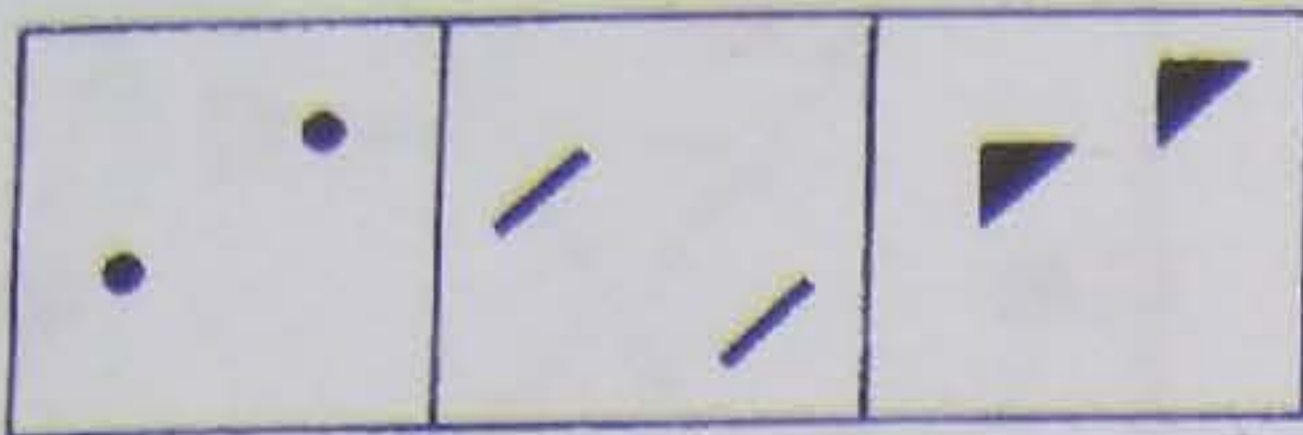
On perçoit qu'une longueur est égale à trois fois une autre longueur, qu'une surface est le quart d'une autre surface.

Notons que la perception visuelle quantitative n'a pas la précision des mesures numériques (si elle avait cette précision, les nombres n'auraient sans doute pas été inventés).

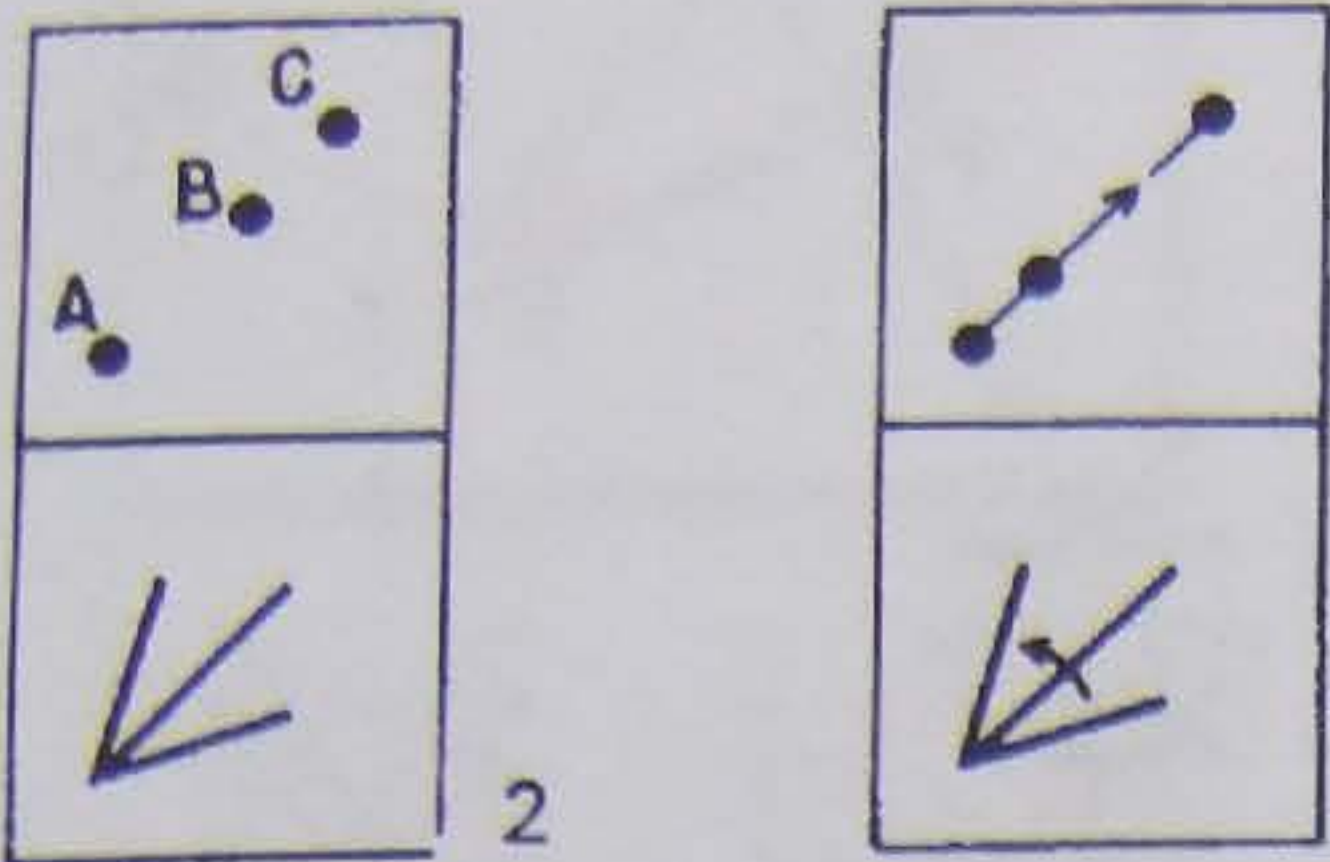
Cependant, devant deux longueurs approximativement dans le rapport 1 à 4, la seule perception visuelle spontanée permet d'affirmer que le rapport significatif n'est ni 1/2 ni 1/10. La perception quantitative est fondée sur la présence d'une unité que l'on peut comparer à toutes les catégories de la variable. Le blanc ne pouvant être une unité de mesure pour le gris ou le noir, on ne peut traduire des rapports quantitatifs par la variation de valeur, on ne peut traduire qu'un ordre.



## LE NIVEAU D'ORGANISATION DU PLAN

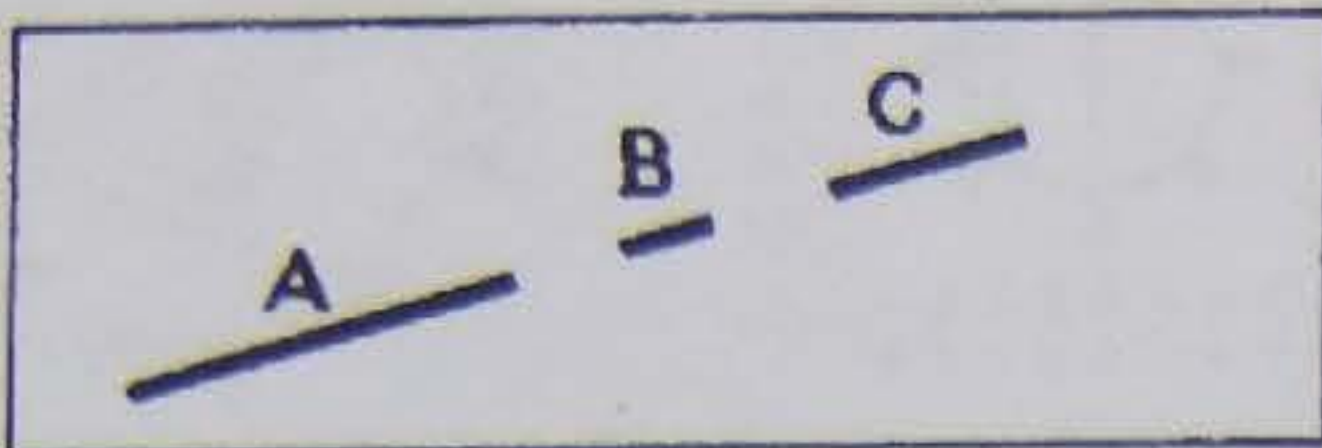


1

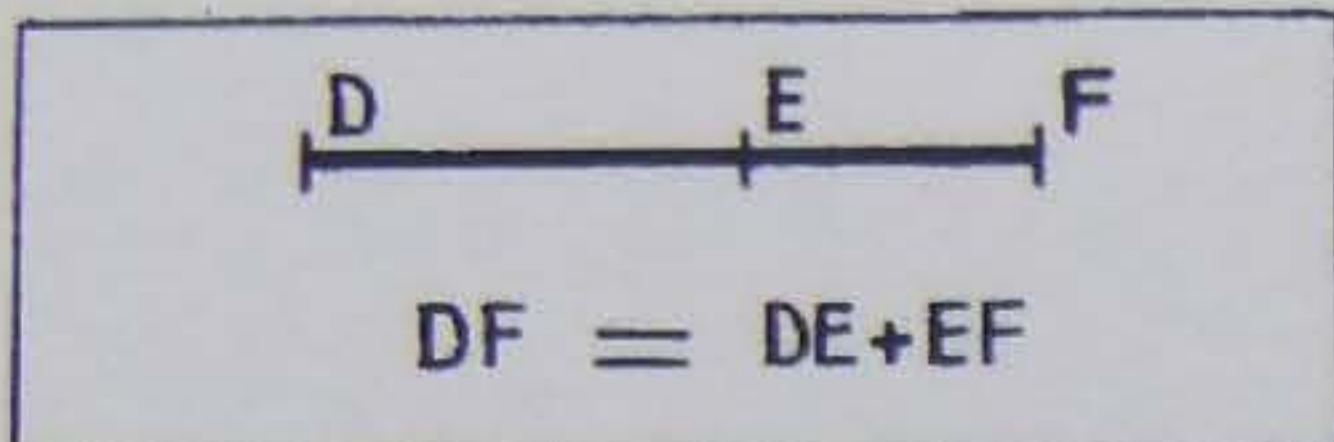


2

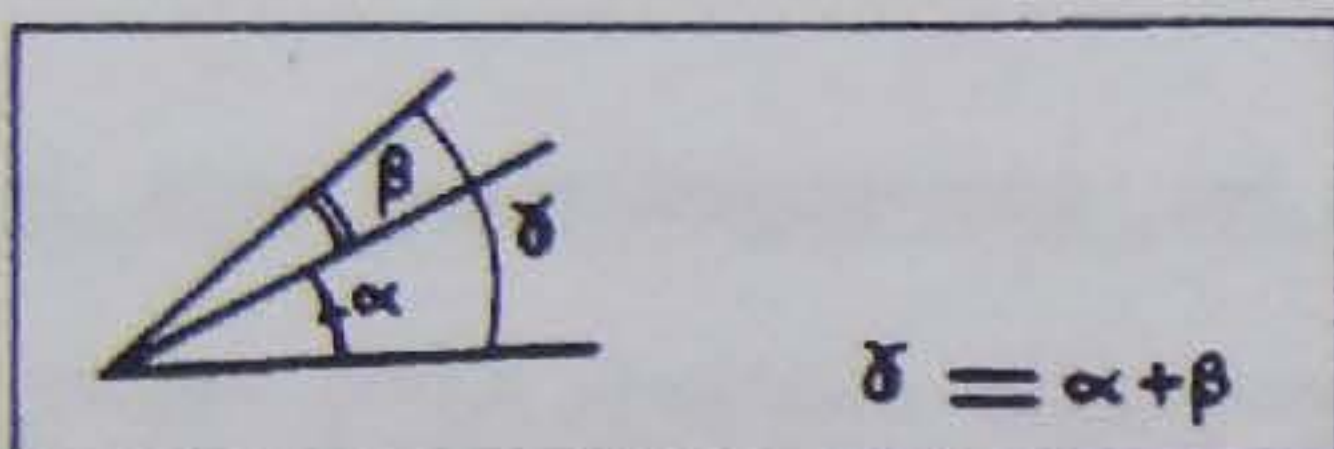
3



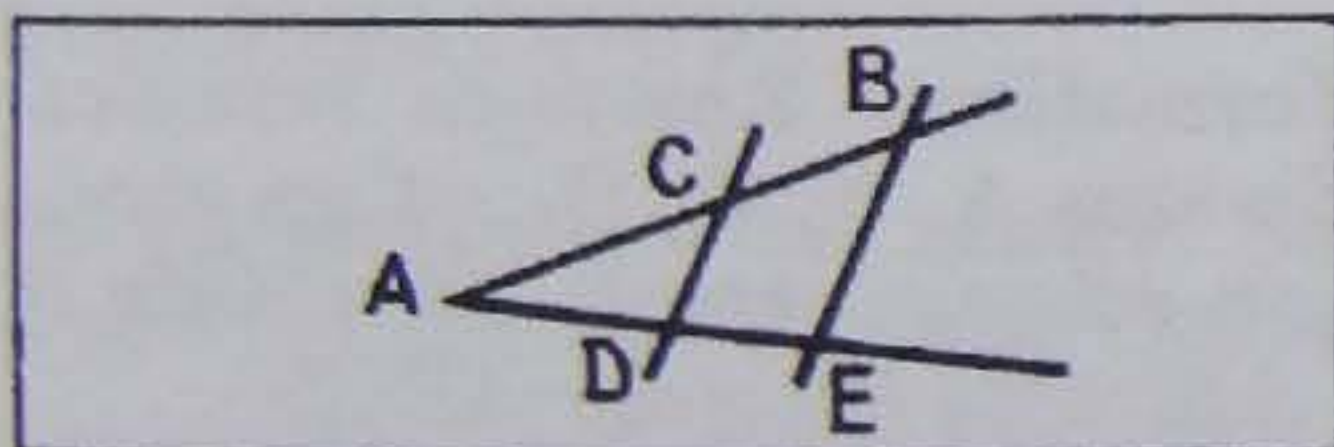
4



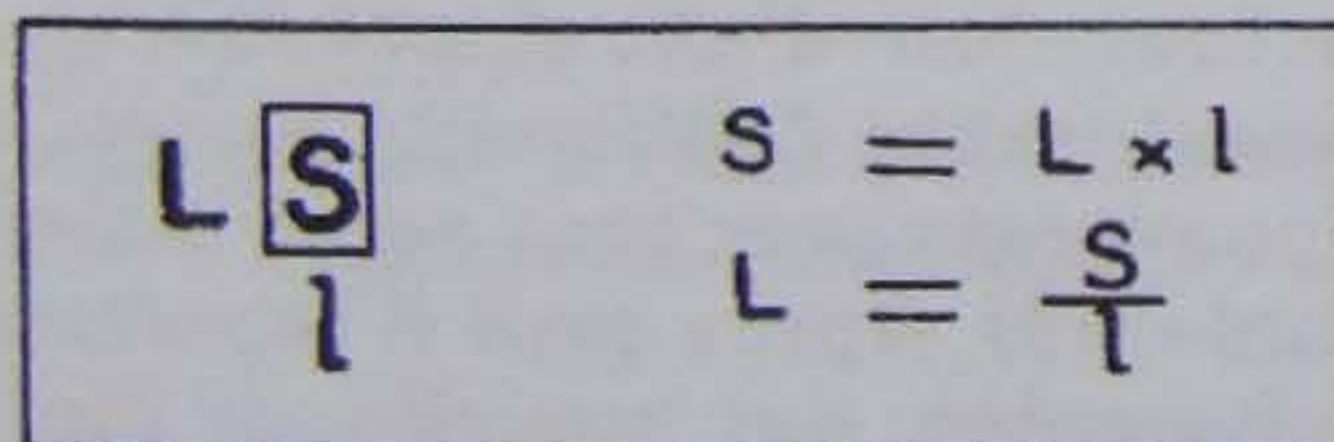
5



6



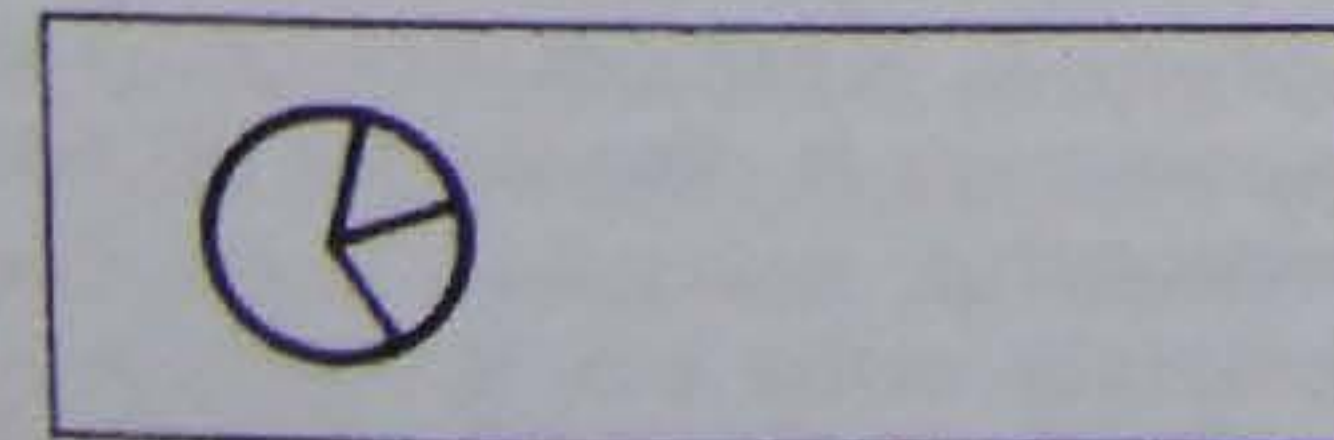
7



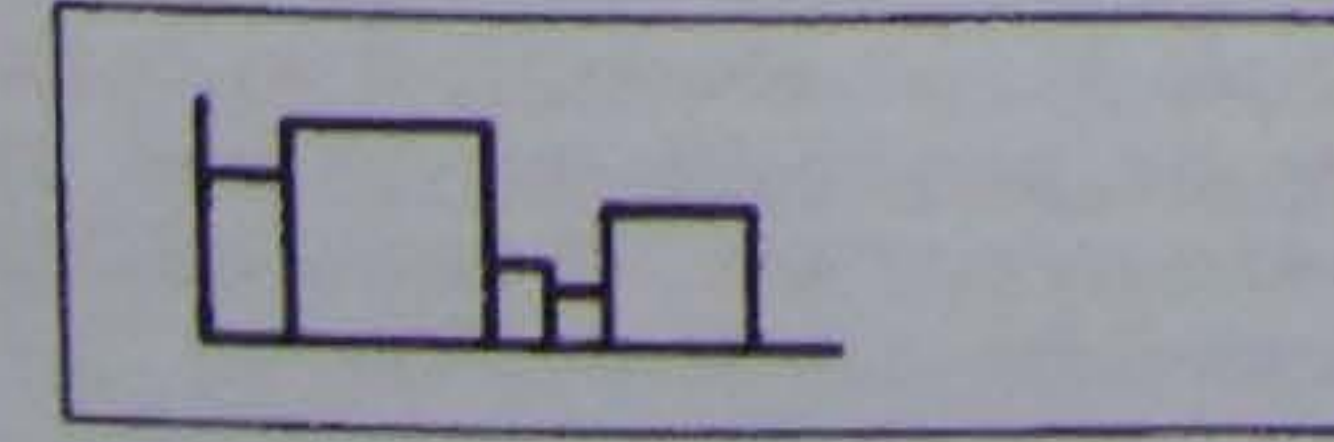
8



9



10



11

Parmi les variables visuelles, le plan fournit les seules variables possédant toutes les propriétés perceptives. Les deux dimensions du plan ont le plus haut niveau d'organisation. Elles sont applicables à la représentation de toute composante.

### La variation de disposition est sélective ( $\neq$ ).

Deux figures semblables, mais différentes en position dans le plan sont vues comme différentes (1) et l'on peut isoler spontanément toutes les correspondances, tous les signes appartenant à une partie du plan. La meilleure sélection visuelle n'est-elle pas obtenue par la construction de deux images séparées c'est-à-dire séparées dans le plan formé par ces deux images, (2, p. 67).

### La variation de position est associative ( $\equiv$ ).

Deux figures semblables, quoique différentes dans leur position peuvent être vues comme semblables (1) et il est possible, en conséquence, de percevoir une somme de points, de lignes ou de zones, toutes catégories positionnelles confondues.

### La variation de position est ordonnée (O).

Des figures A, B, C, alignées sont ordonnées le long de cette ligne, et cet ordre sera perçu par tous de la même manière : ABC ou CBA, mais jamais BCA (2).  
- de trois points alignés, l'un est entre les deux autres;  
- de trois droites concourantes, l'une est entre les deux autres.

Cet ordre peut avoir un sens:

- un point parcourt une droite dans l'un ou l'autre sens (3);
- une droite tourne autour d'un point dans l'un ou l'autre sens.

En conséquence, le plan permet de représenter une collection ordonnée, un rangement et toute composante ordonnée.

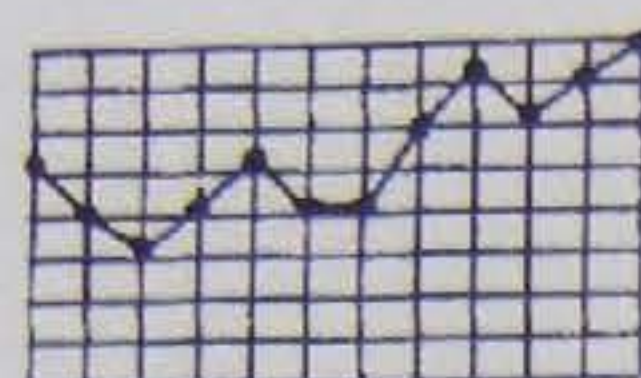
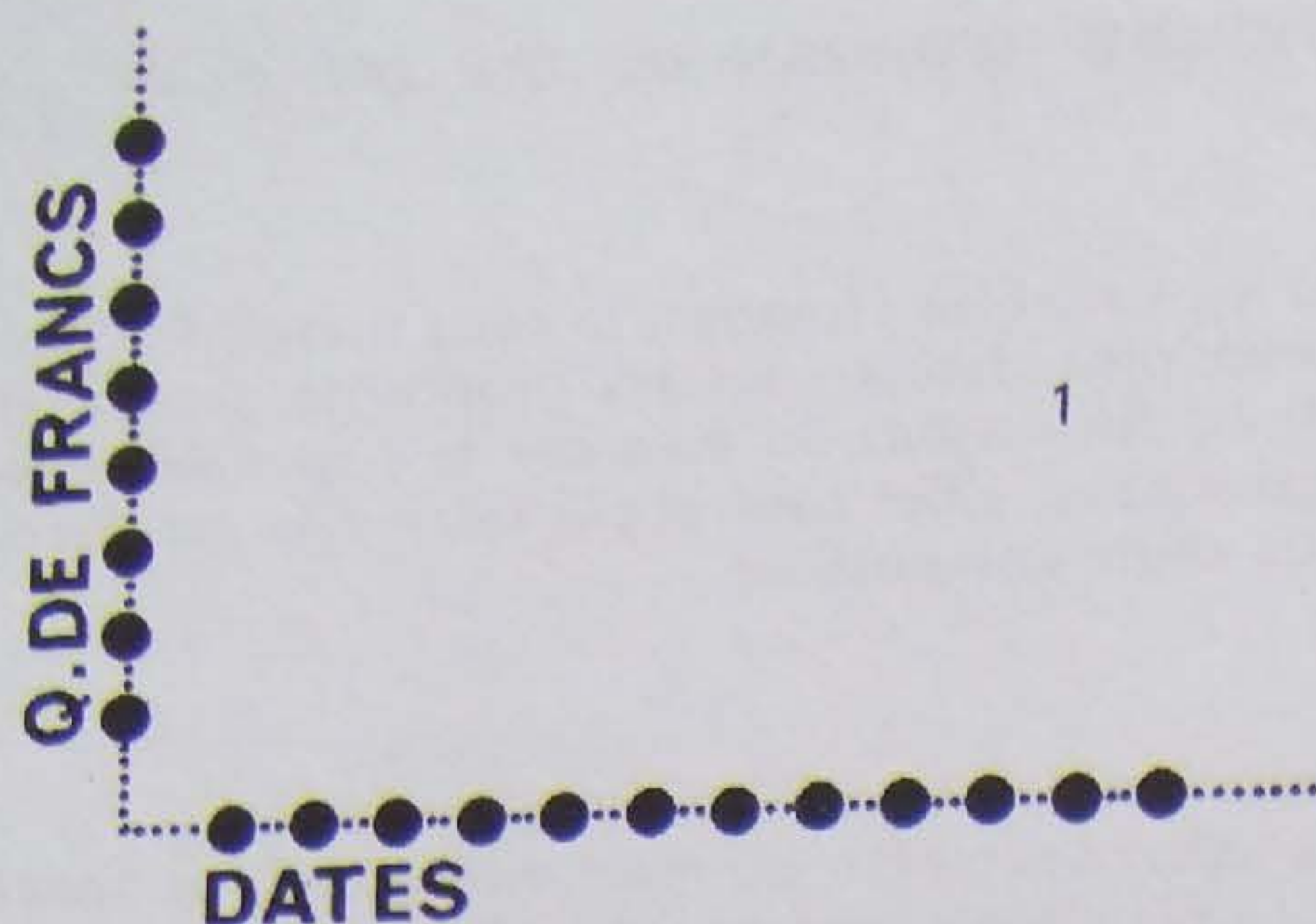
### La différence de position est quantitative (Q).

Ce sont les propriétés métriques du plan. Chacun peut évaluer avec une certaine exactitude en (4) les relations suivantes :

$$A > C > B \quad A = 2C \quad B = C/2$$

Le plan permet de définir une égalité de segments, d'angles (superposables), une addition de segments (5) (bout à bout) et d'angles (adjacents) (6). Cette addition à toutes les propriétés de l'addition des nombres positifs ou négatifs, lorsqu'une orientation a été définie. En conséquence, le plan permet de percevoir des rapports de longueur (7) d'angles (6), de surface (11), de mesurer (8) et d'additionner (11) des surfaces. Il permet de représenter des distances variables entre des catégories, lorsqu'elles sont exprimées par des longueurs (9) par des angles (10) ou par des surfaces (11).





1

2

## 4. L'IMPOSITION

On appellera imposition l'utilisation des deux dimensions du plan. Elle dépend en premier lieu de la nature des correspondances exprimées dans le plan. D'après cette nature, on divise la représentation graphique en quatre groupes : les diagrammes, les réseaux, la cartographie, la symbolique.

### 1<sup>er</sup> groupe : LES DIAGRAMMES.

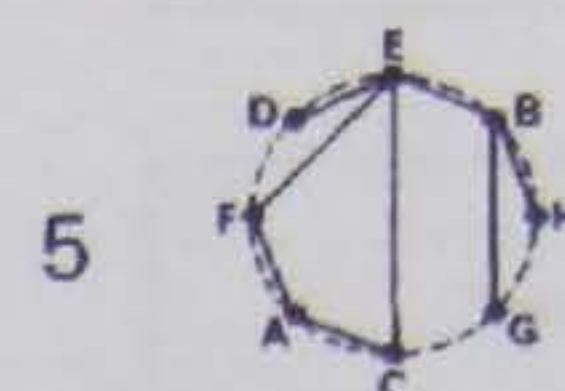
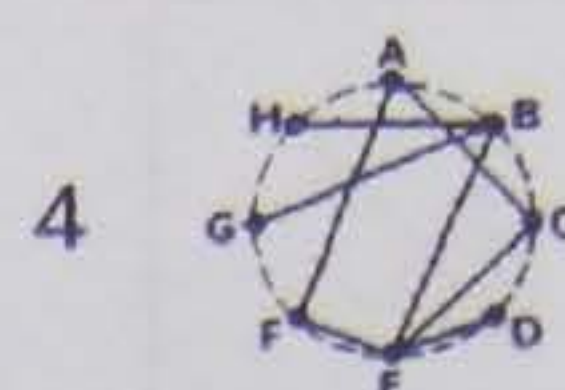
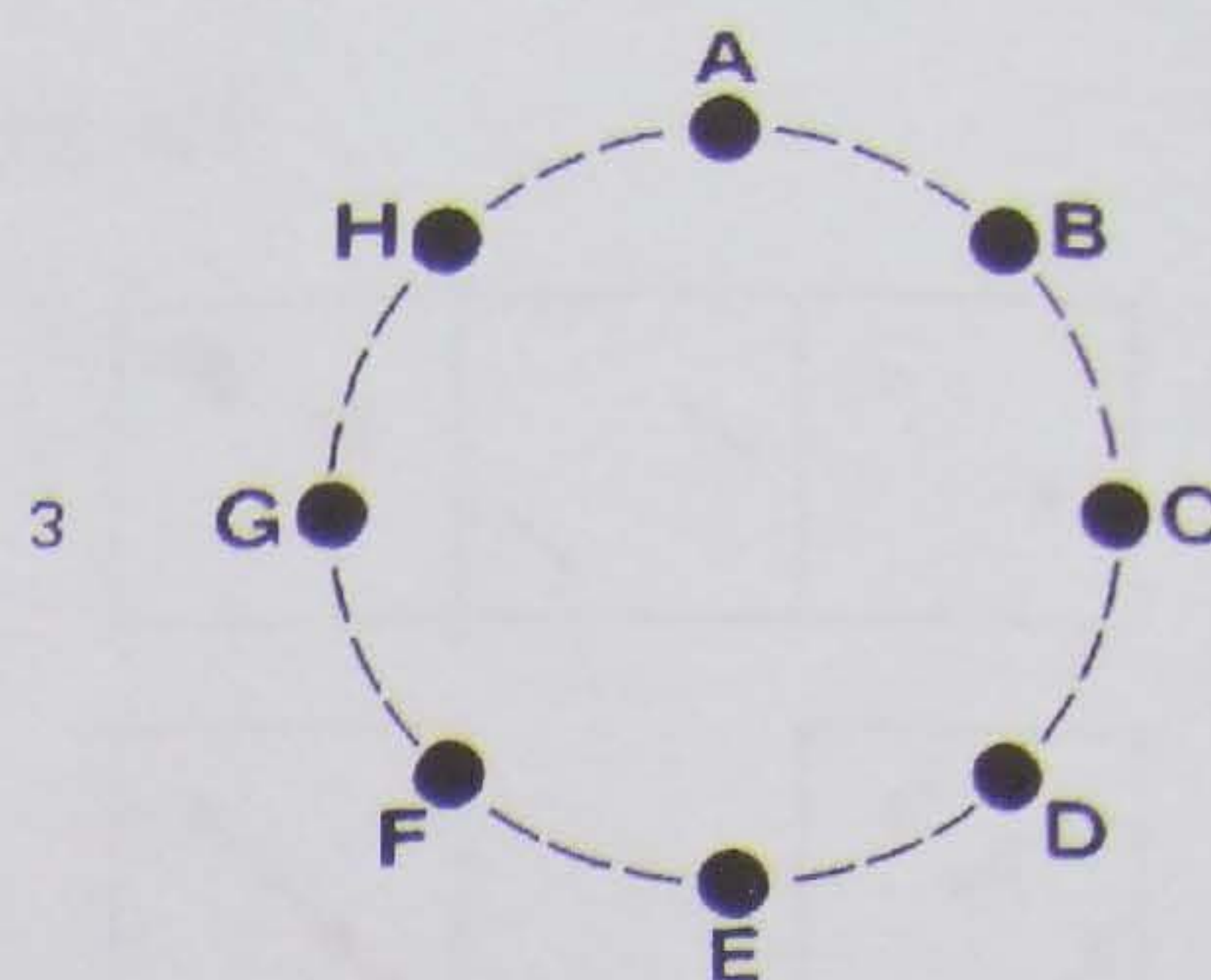
Lorsque les correspondances dans le plan peuvent s'établir :

- entre toutes les divisions d'une composante :
- et toutes les divisions d'une autre composante, la construction est un **DIAGRAMME**.

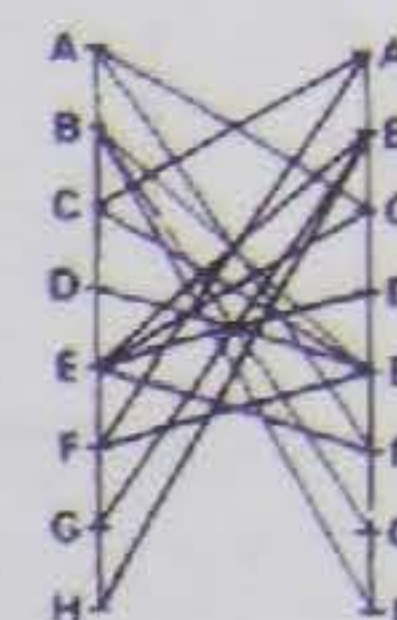
Soit l'information : cours de l'action X à la bourse de Paris : Le rédacteur doit d'abord prévoir qu'à toute date (composante temps) peut correspondre tout prix (composante quantités) (1). Après quoi il reportera les correspondances observées, qui constituent l'information originale (2). Mais il n'a pas besoin de prévoir une correspondance entre deux dates ni entre deux prix.

Le processus de construction d'un diagramme est le suivant :

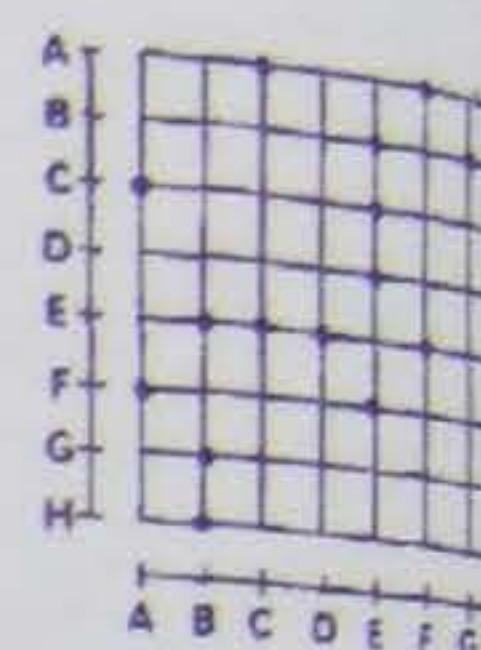
- 1<sup>o</sup>) définir une représentation des composantes :
- 2<sup>o</sup>) noter les correspondances.



6



7



### 2<sup>e</sup> groupe : LES RÉSEAUX.

Lorsque les correspondances dans le plan peuvent s'établir :

- entre toutes les divisions d'une même composante, la construction est un **RÉSEAU**.

Soit l'information : Relations verbales entre les différents individus A, B, C, D... d'un groupe.

INV. - un échange verbal entre deux individus

COM. - différents individus ABCD...

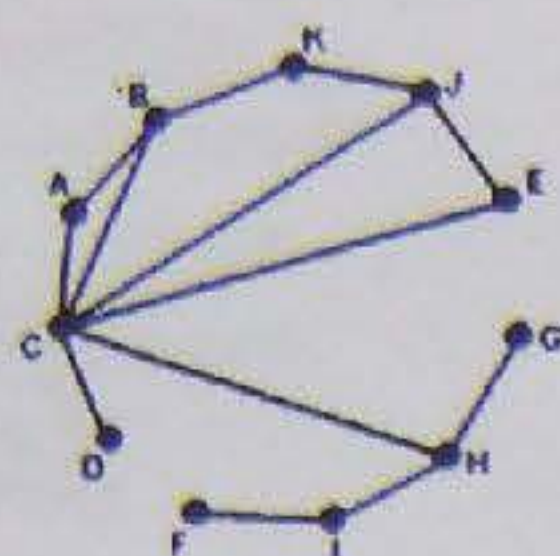
Le rédacteur doit d'abord prévoir que tout individu (de la composante "différents individus") est susceptible de converser avec tout autre individu (de la même composante) (3). Après quoi il reportera les correspondances observées, qui constituent l'information originale (4). Dans le cas présent, il peut ensuite chercher à simplifier son image en ordonnant les éléments de manière à obtenir le moins d'intersections possibles (5).

Le processus de construction d'un réseau est l'inverse de celui d'un diagramme :

- 1<sup>o</sup>) noter les correspondances d'une première manière
- 2<sup>o</sup>) en déduire la représentation de la composante qui offrira la structure la plus simple (le plus petit nombre d'intersections).

Pour construire un *diagramme* à partir de l'information ci-dessus, il faut ajouter une composante. On considère par exemple que les correspondances s'expriment entre une série de personnes qui parlent et une série de personnes qui écoutent, les deux séries étant composées des mêmes éléments (6) ou (7).





D  
C  
A  
B  
K  
J  
F  
G  
H  
I  
T

D C A B K J F G H I T

10








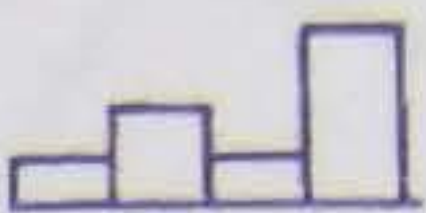



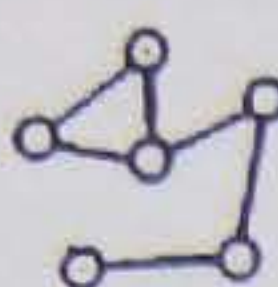

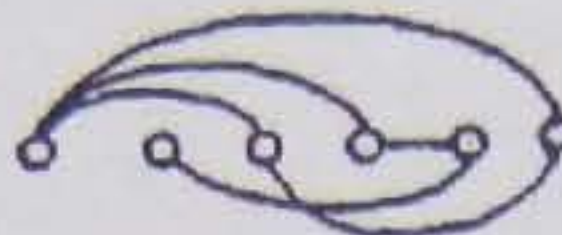





11



12

## 51



IMPOSITION		TYPES D'IMPOSITION				
GROUPES D'IMPOSITION		SEMIS	RECTILIGNE	CIRCULAIRE	ORTHOGONALE	POLAIRE
	DIAGRAMMES		 	 	 	 
	RESEAUX	 	 	 		
	CARTOGRAPHIE	 				
	SYMBOLIQUE					

## GROUPES D'IMPOSITION ET TYPES D'IMPOSITION.

Dans les diagrammes et les réseaux, l'imposition se diversifie. Le plan peut être utilisé de différentes manières et les composantes peuvent s'inscrire :

- suivant un SEMIS ou suivant une construction
- RECTILIGNE
- CIRCULAIRE
- ORTHOGONALE (rectiligne)
- POLAIRE (orthogonale circulaire)

que nous appellerons *types d'imposition*.

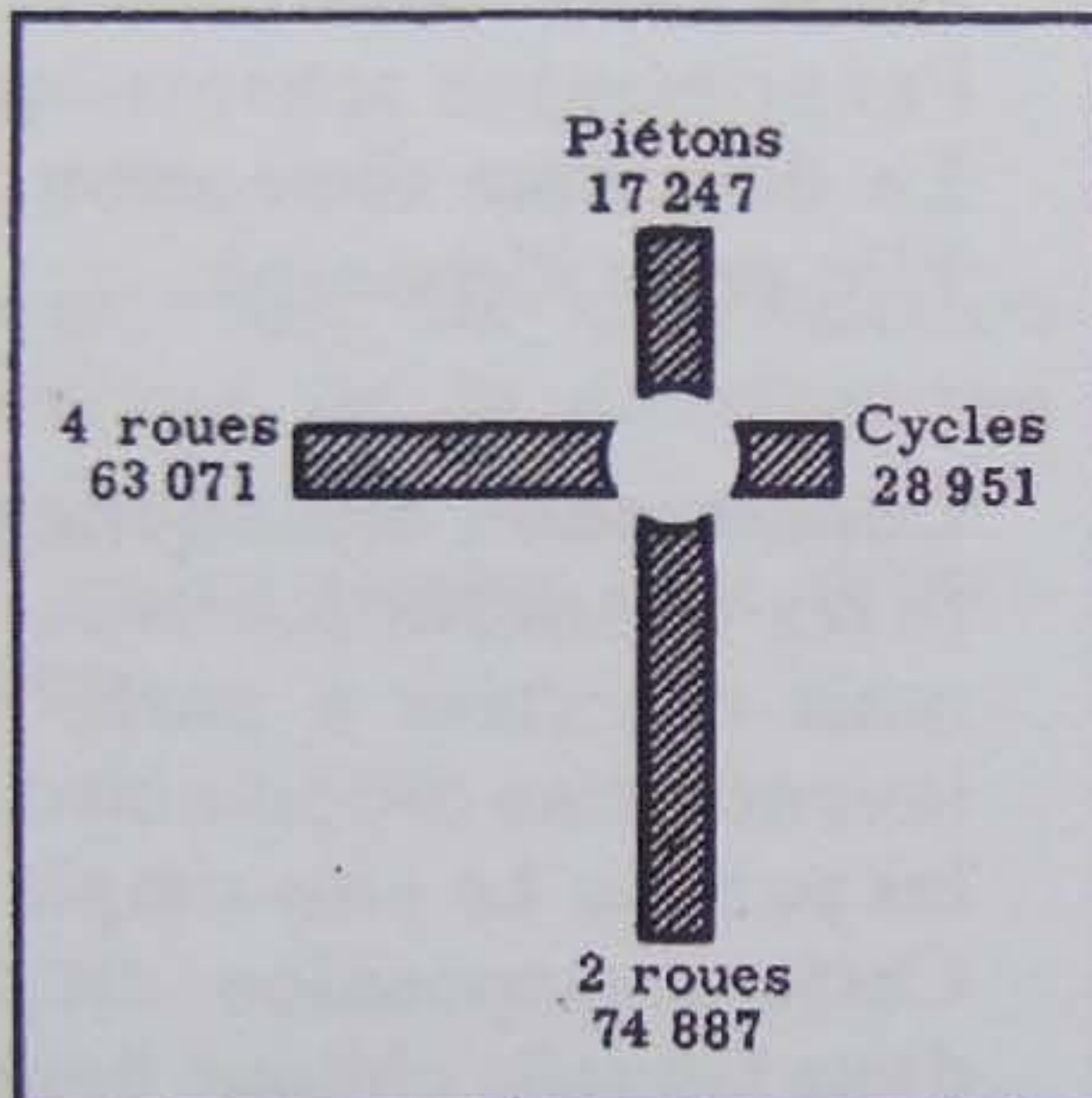
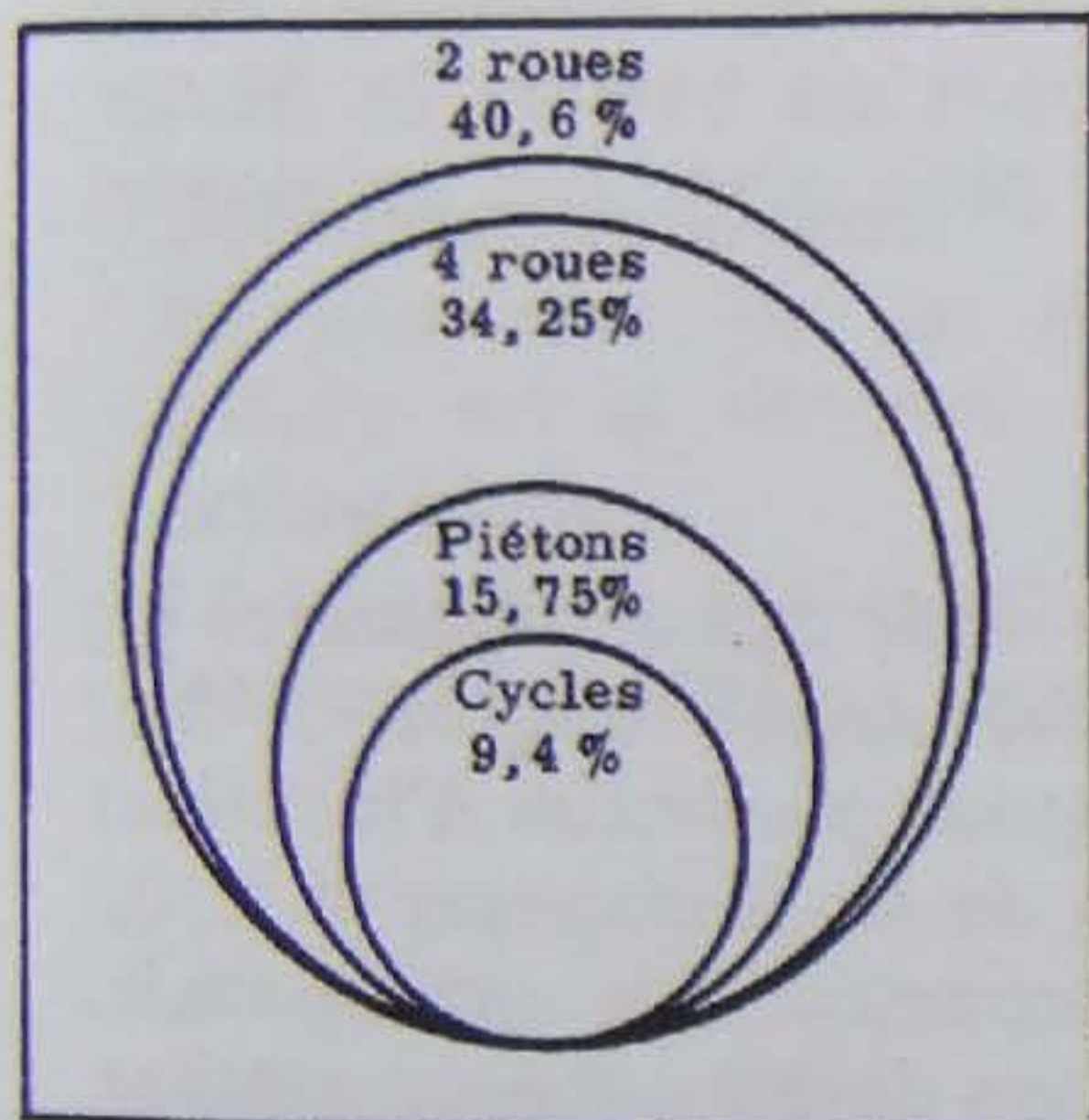
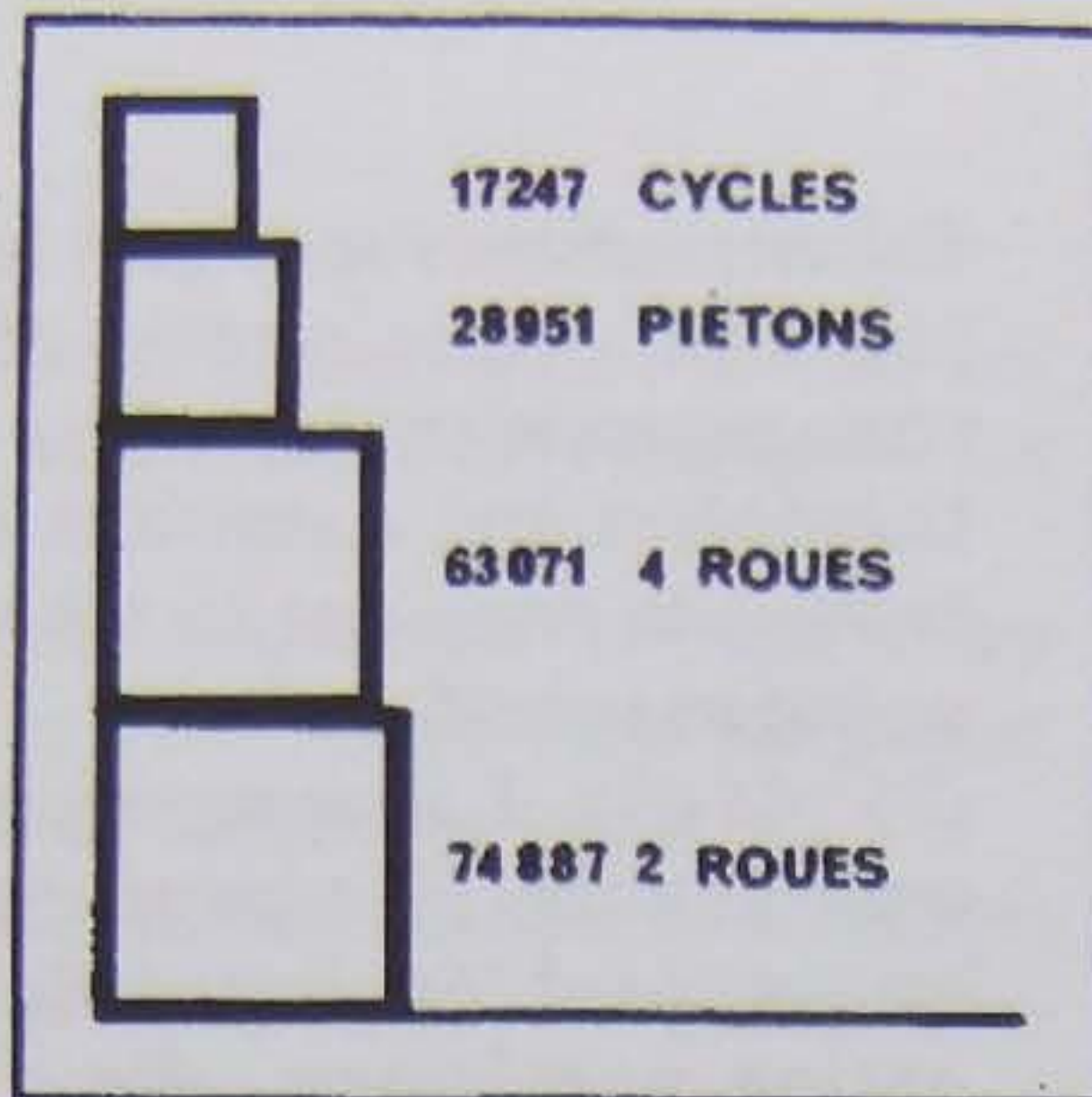
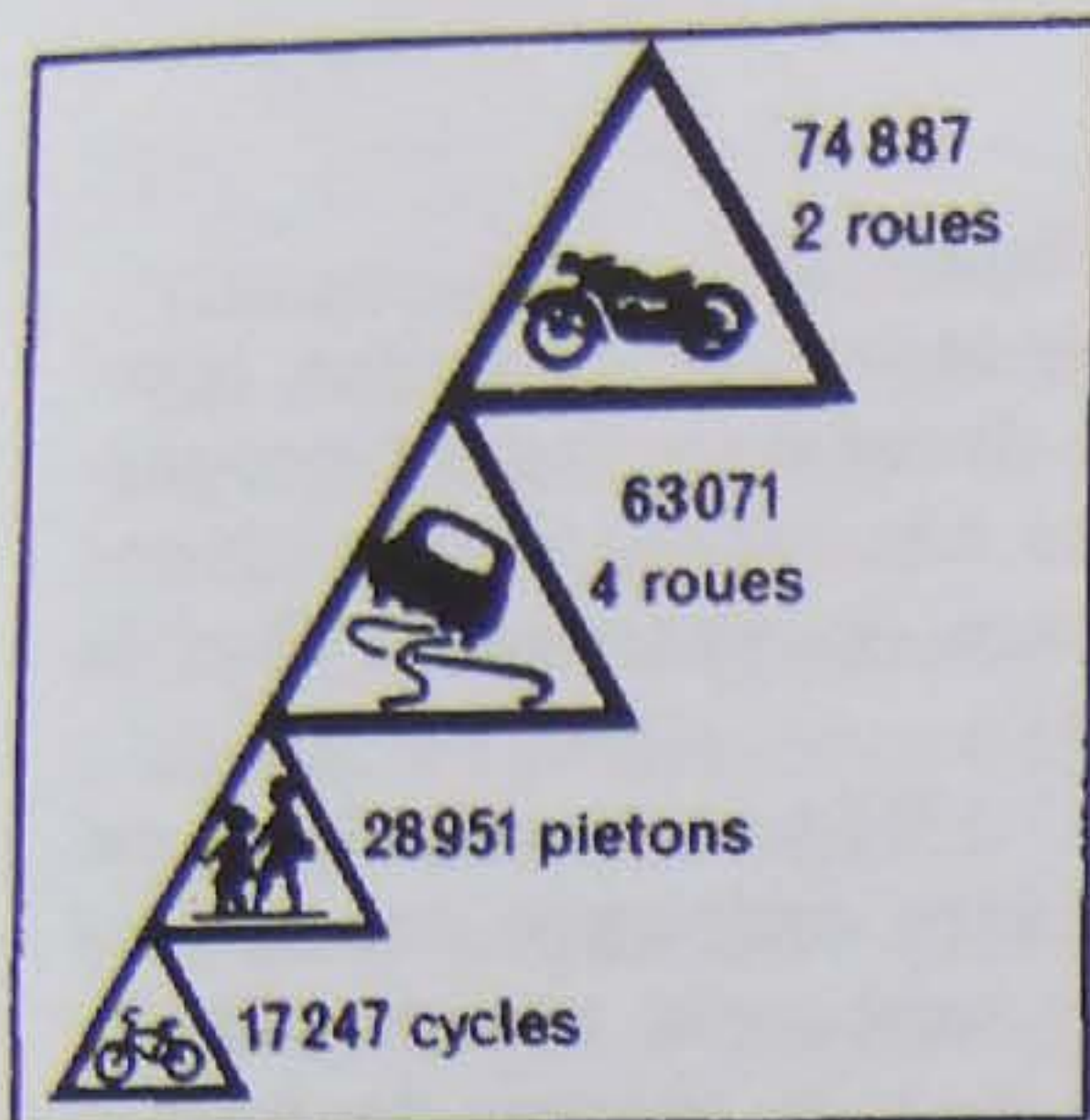
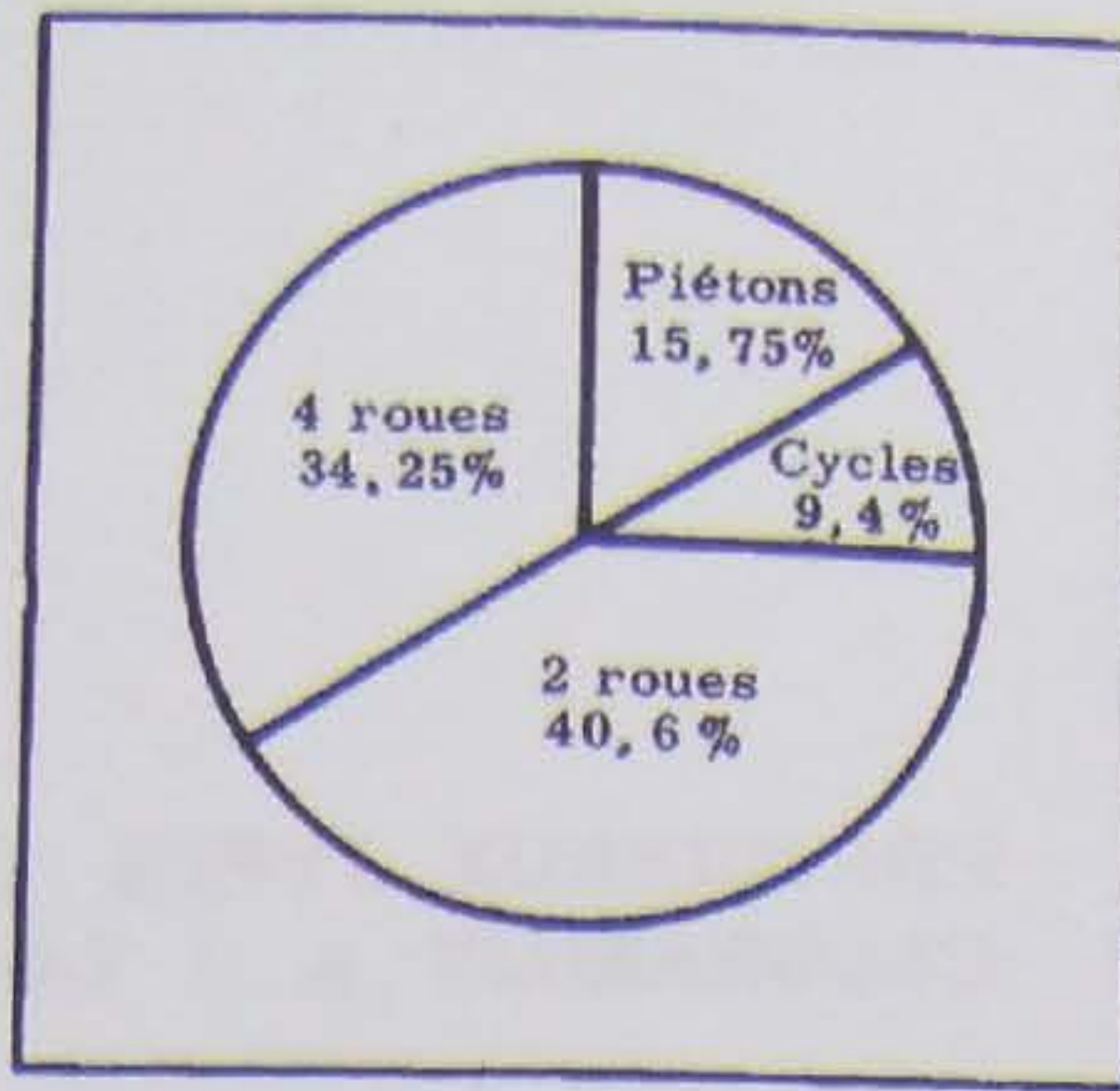
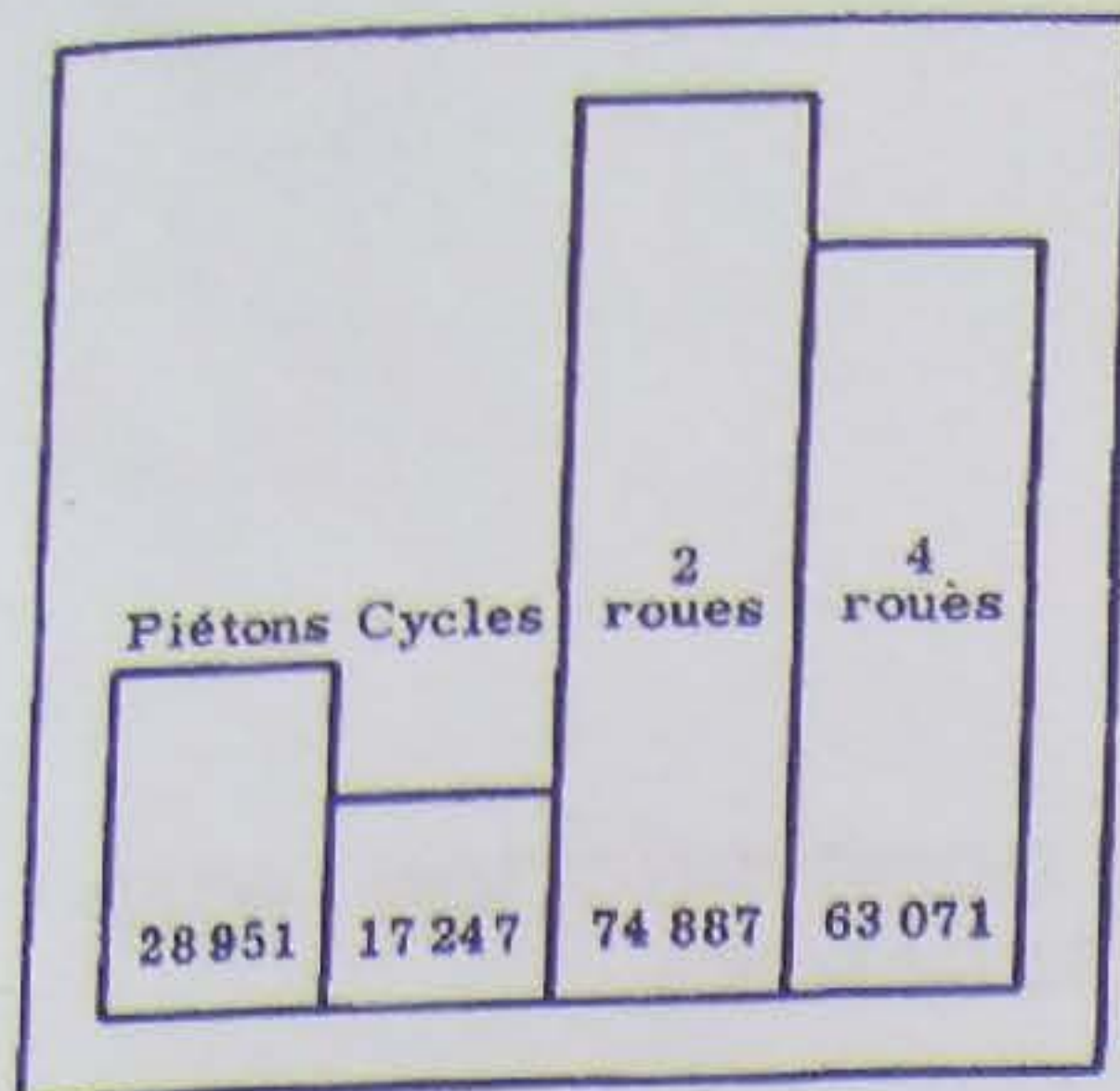
L'IMPOSITION comprend donc un premier étage, la division de la représentation graphique en quatre GROUPES, et un second étage la division des diagrammes et réseaux en TYPES D'IMPOSITION. L'ensemble fournit le tableau (1).

L'emploi des composantes rétinienne, soit pour la 3<sup>e</sup> composante soit pour remplacer une des composantes du plan fournit les ÉLEVATIONS en 3<sup>e</sup> dimension, qui peuvent se combiner à tous les types d'imposition pour former les TYPES DE CONSTRUCTION.

On remarquera la diversité des constructions possibles d'un diagramme ou d'un réseau, ce qui pose le problème du choix de la construction, et au contraire l'absence de ce problème en cartographie.

Les principaux types de construction sont exprimés en (1) par des SCHEMAS DE CONSTRUCTION que nous compléterons plus loin pour former un système de conventions capable de définir ou d'analyser toute construction graphique.





## LES PRINCIPAUX TYPES DE CONSTRUCTION.

Soit l'information suivante ;

Répartition des accidents de personnes suivant le véhicule :

INV. - victime d'un accident de circulation, en France, en 1958.

COM. - Q de personnes suivant,  
≠ 4 catégories : (piétons, cycles, 2 roues à moteur, 4 roues).

Les chiffres sont les suivants :

piétons	28 951	2 roues	74 887
cycles	17 247	4 roues	63 071

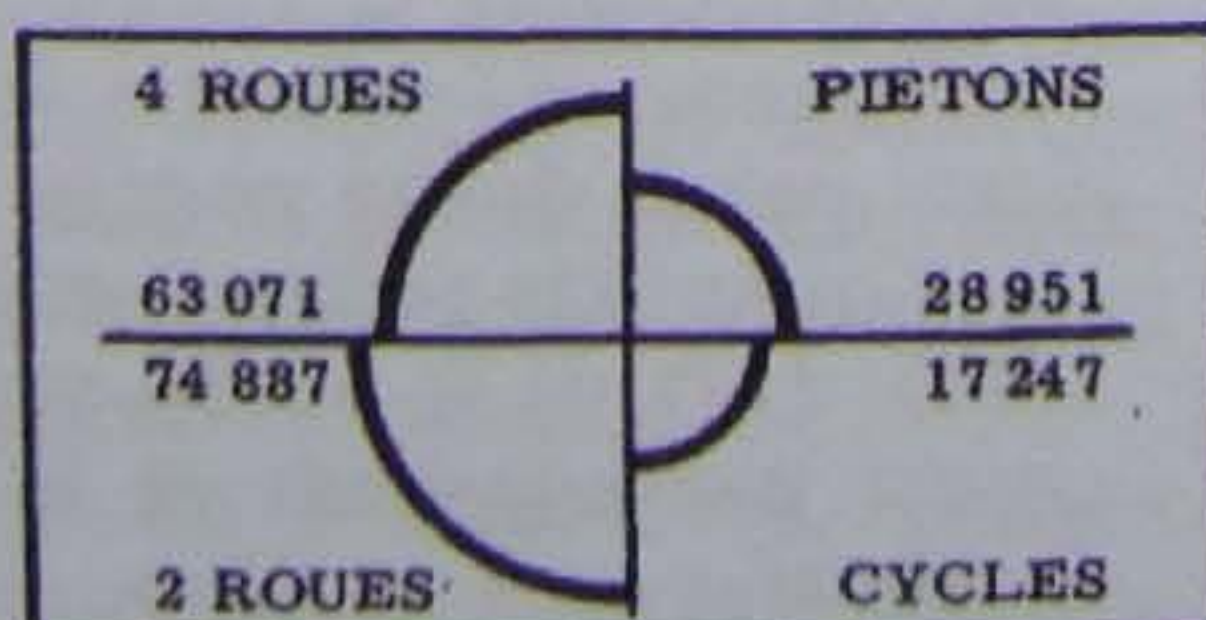
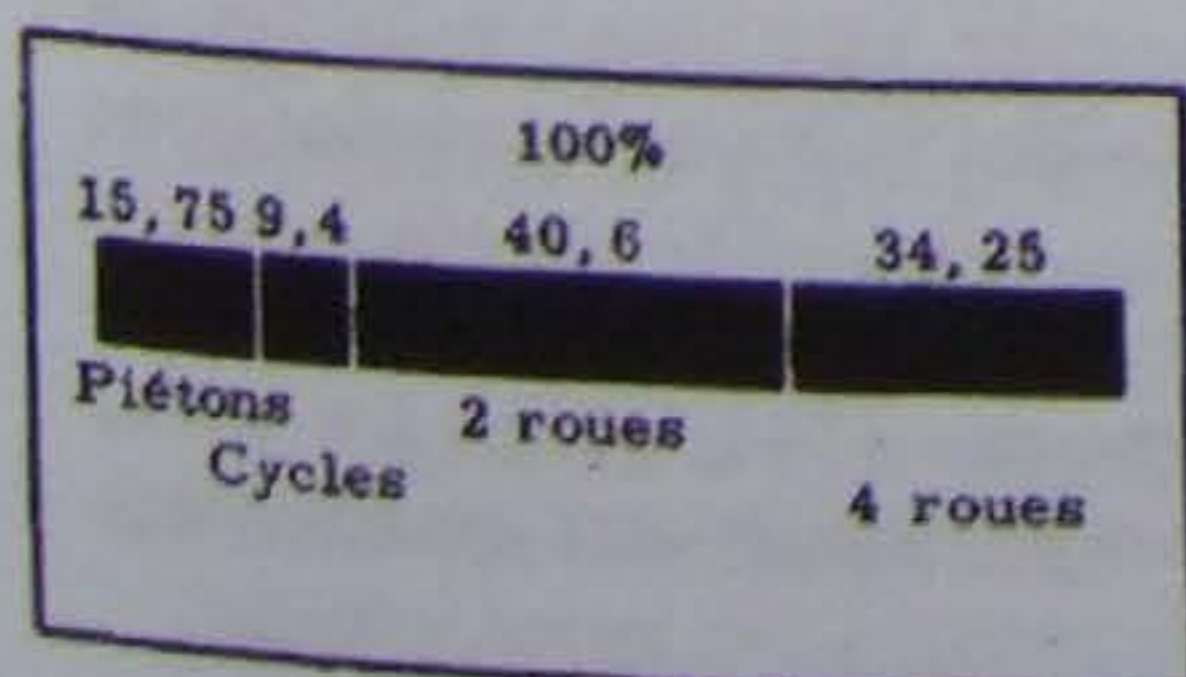
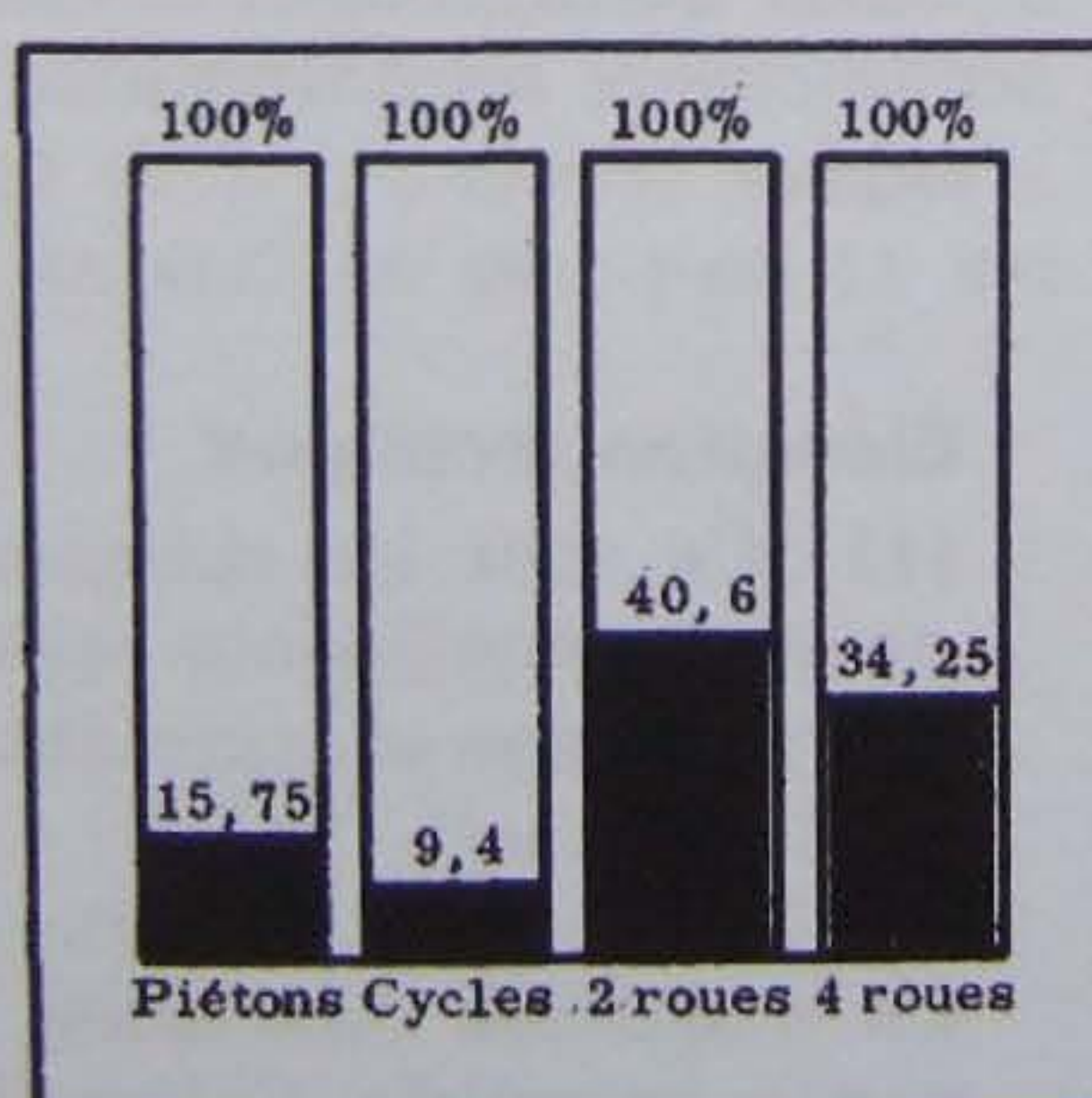
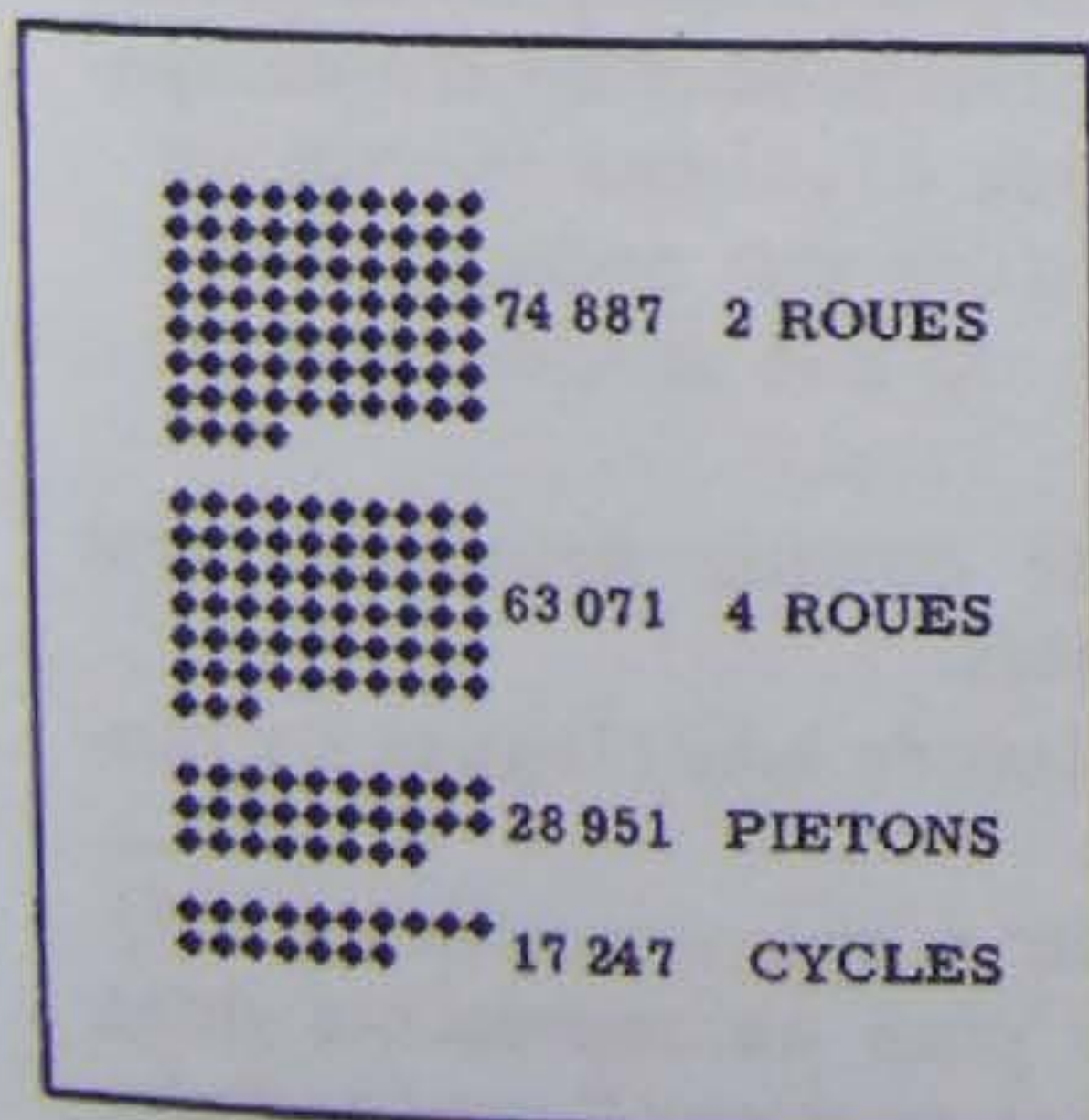
Toutes les représentations ci-contre expriment cette information.

Les figures se différencient par la grosseur des traits, par la disposition du texte, la forme des lettres, la précision du dessin, son style géométrique ou figuratif, les quantités de noir, la forme d'ensemble. Elles pourraient encore se différencier par la dimension de la figure, par l'utilisation des grisés, de valeurs, par les couleurs...

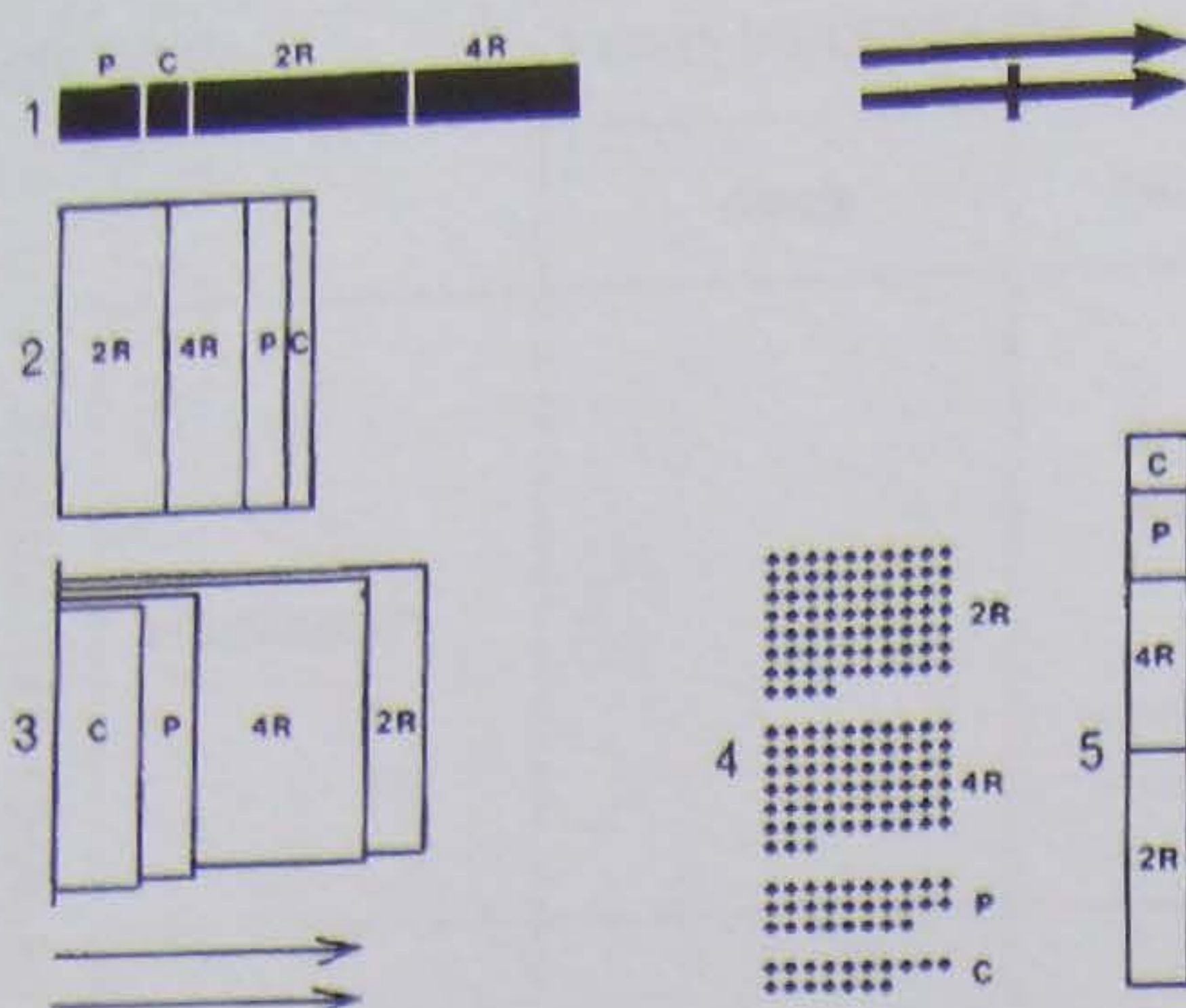
En fait, il y a une infinité de figures possibles. Mais nous savons qu'elles se ressemblent sur deux points :

- les correspondances originales sont les mêmes.
- la construction est un diagramme qui mobilise au moins deux variables visuelles.

La façon dont les deux dimensions du plan sont utilisées nous permet de les classer et de définir des types de construction.







## PRINCIPAUX TYPES DE CONSTRUCTION D'UN DIAGRAMME A 2 COMPOSANTES.

### Construction rectiligne (ou linéaire).

(1). Une droite représente le total des quantités (personnes accidentées). Elle est divisée en parties proportionnelles aux quantités dans chaque catégorie. Nous trouvons donc sur le même axe, la composante **Q** et la composante **Z**.

(2) (4) (5). La composante "différents véhicules" est ordonnable. Elle peut donc être ordonnée suivant les quantités. L'épaisseur de la droite n'a pas de signification numérique, elle n'est que le moyen de rendre la droite visible.

Dans cette construction le total est construit. Nous l'exprimerons schématiquement en barrant la flèche. La deuxième dimension du plan n'est pas employée. Elle reste disponible.

### Construction orthogonale.

Si les quantités partielles ne sont pas additionnées (3) mais reportées à partir d'une même origine, il faut inventer une différenciation pour permettre d'identifier les parties. Le plus simple est de les juxtaposer (6 à 10). Cette juxtaposition est la construction orthogonale, dans laquelle chaque dimension du plan représente une composante.

Dans cette construction le total n'est pas construit, par contre les différentes parties sont aisément comparables.

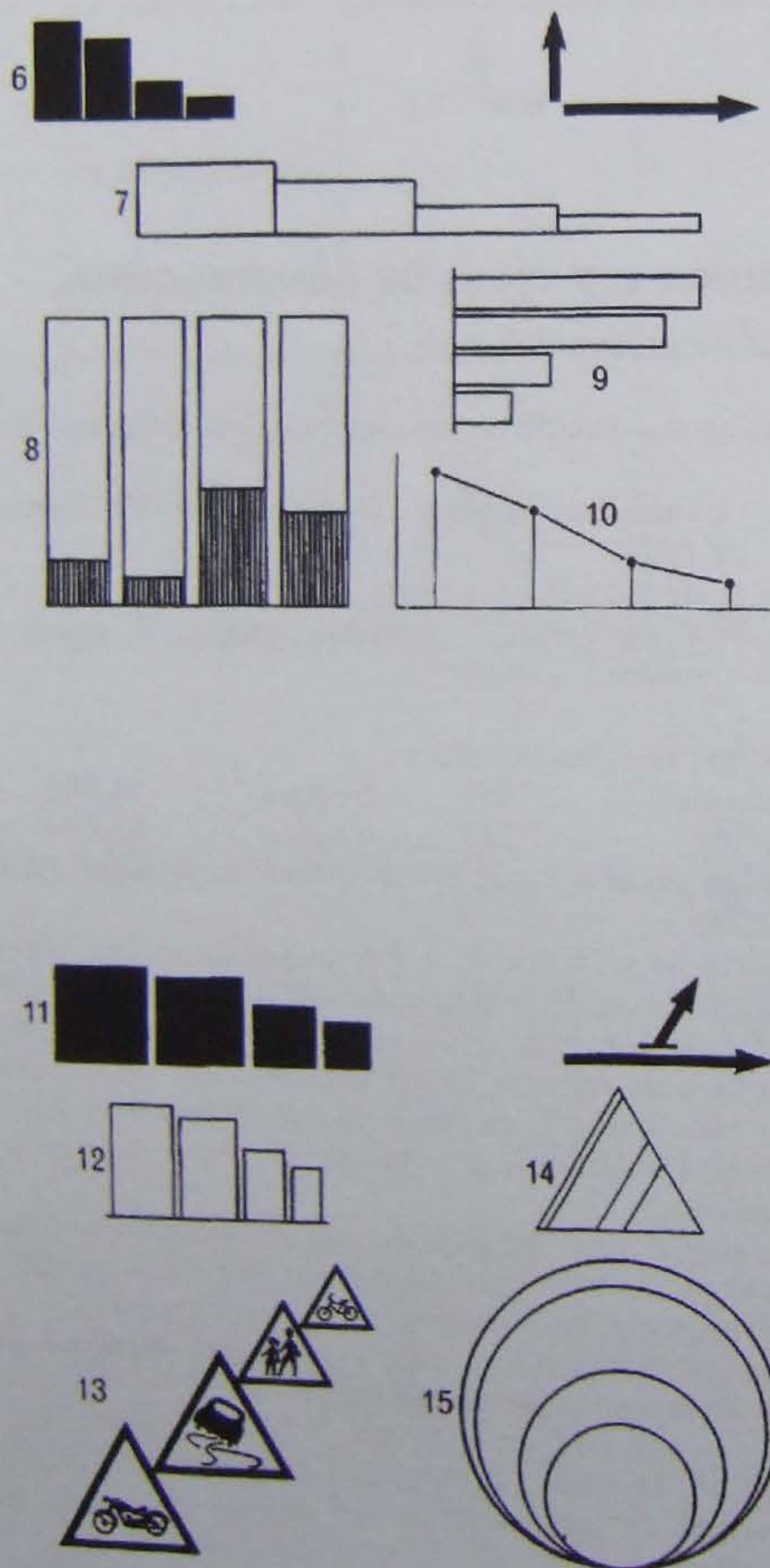
### Élévation rectiligne.

(11) Ce sont les surfaces de chaque figure qui sont proportionnelles aux quantités.

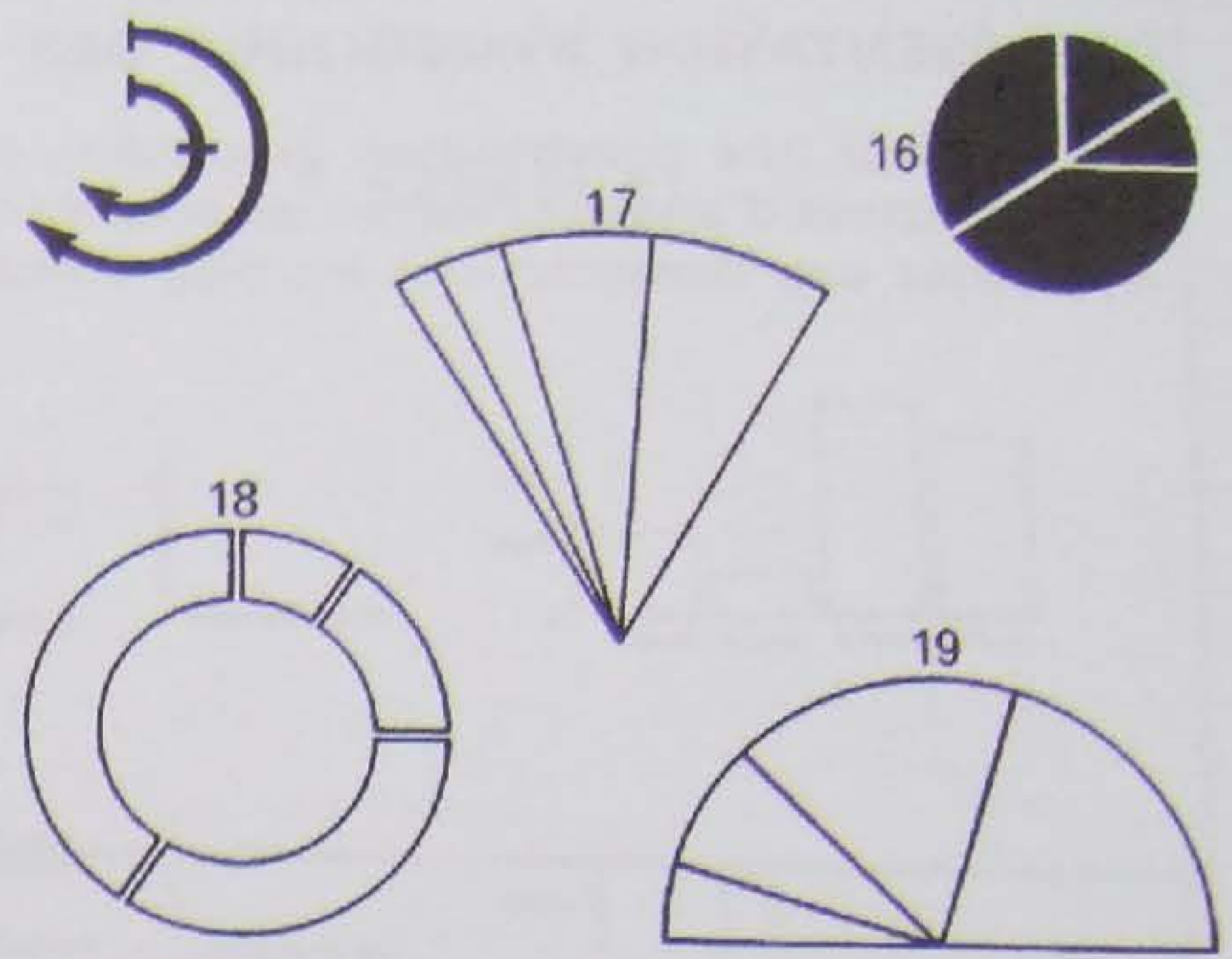
Les figures sont semblables (côtés homologues en rapport constant).

Les dimensions linéaires sont proportionnelles à  $\sqrt{Q}$ . La deuxième dimension du plan ne représente donc pas les quantités. Celles-ci sont vues par l'intermédiaire de la quantité de surface, de la quantité de "noir", et la composante **Q** est représentée par une variation en 3<sup>e</sup> dimension (variation de "taille"). Nous schématisons ceci par la flèche penchée.

Les quantités peuvent se juxtaposer le long d'une droite (11), (12), (13) ou se superposer (14), (15). Le total n'est pas construit et la comparaison des parties est malaisée.







### Construction circulaire.

En incurvant (1) on obtient (18). Cette construction est la variable circulaire de la construction rectiligne. Le total est construit.

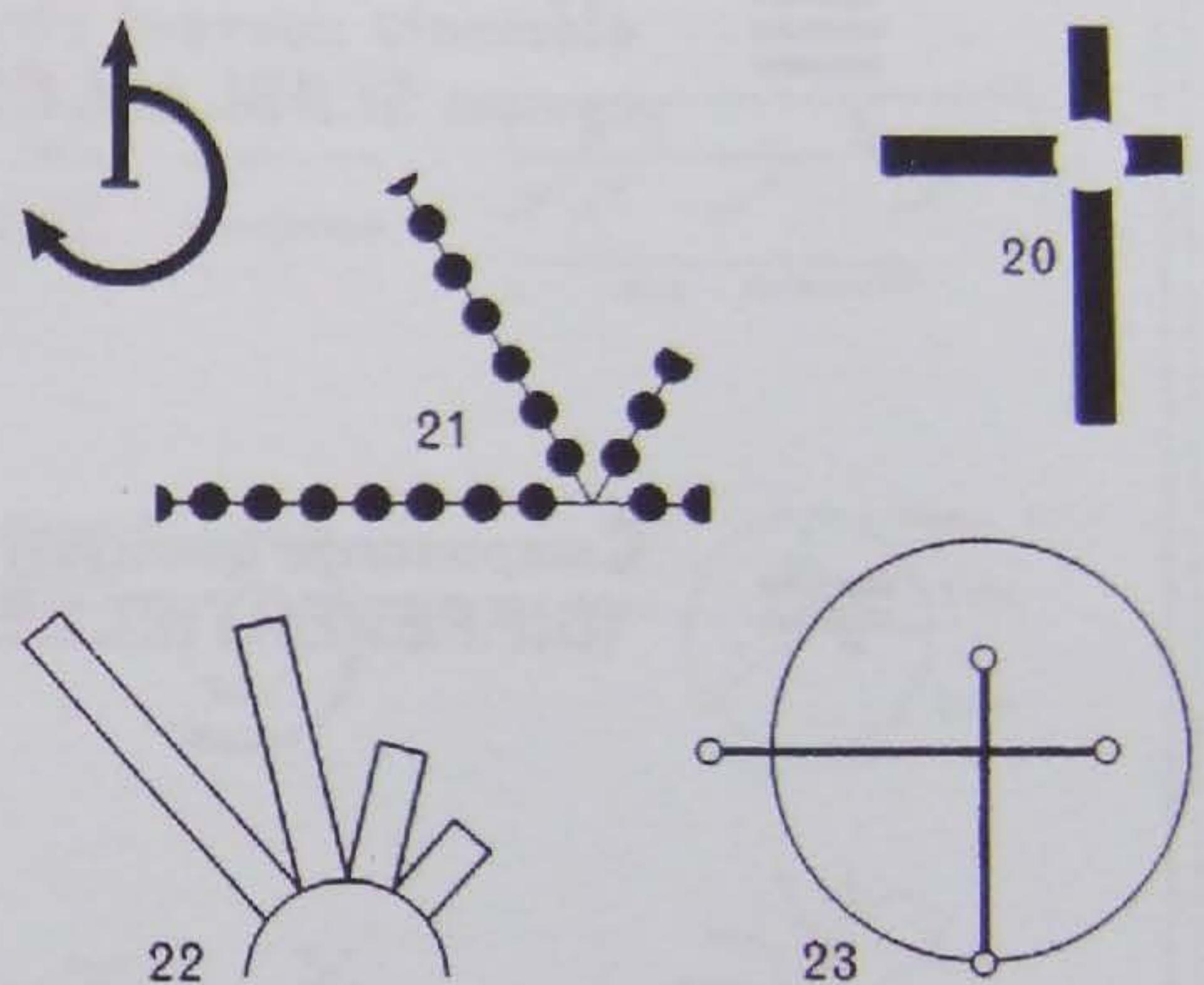
(16) Lorsque l'épaisseur de la couronne est égale au rayon, les parties sont définies à la fois par leur longueur sur la circonférence et par leur angle au centre.

L'œil a acquis une grande précision dans l'évaluation de cet angle, plus aisé à retenir qu'une longueur circulaire.

### Construction polaire.

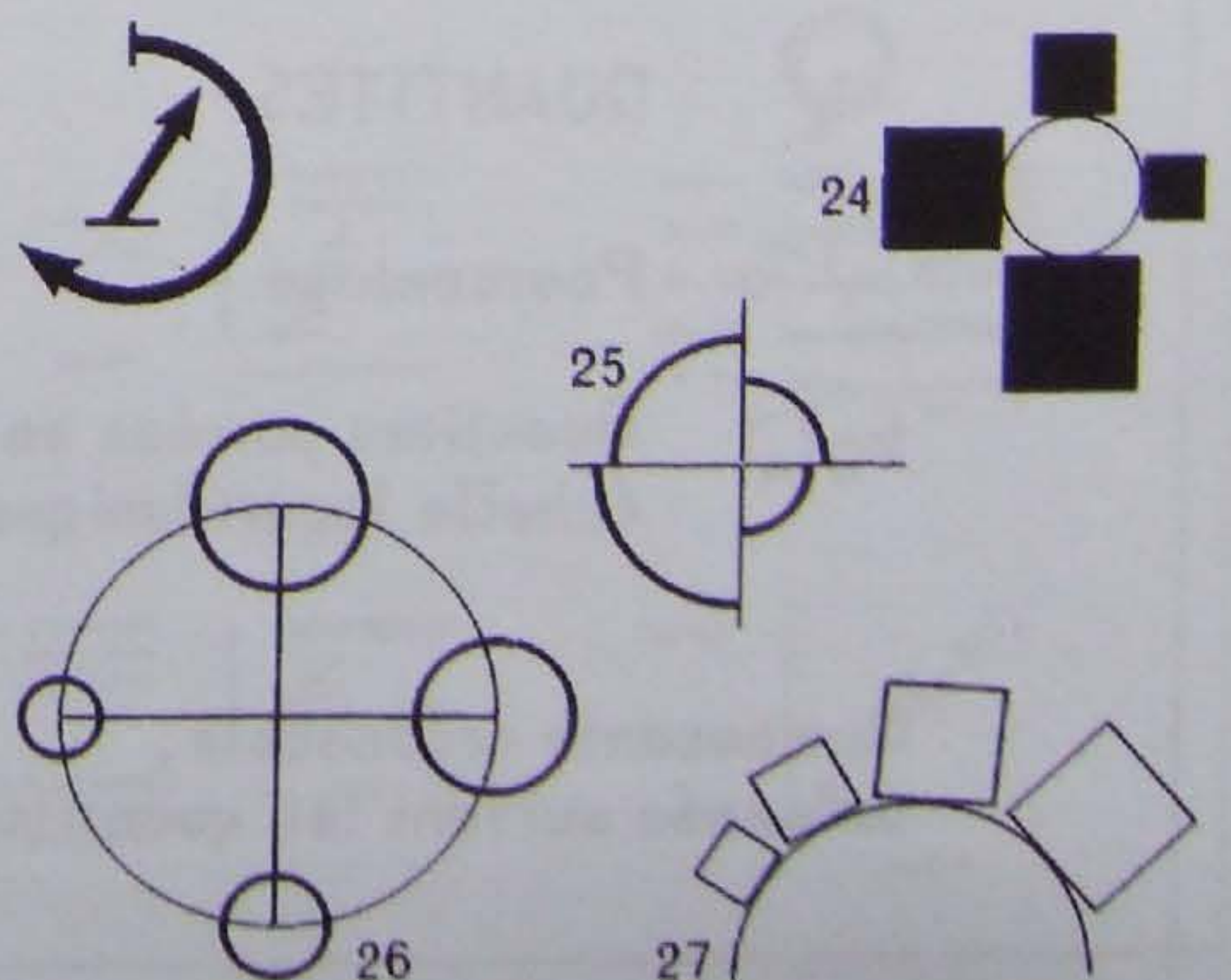
En incurvant (6) on obtient (20). La construction polaire est la variable circulaire de la construction orthogonale.

Le total n'est pas construit, et les parties sont difficilement comparables entre elles.



### Elévation circulaire.

En incurvant (11) on obtient (24). La différence entre cette construction et la construction polaire est mise en évidence par les dessins (23) et (26). Cette construction est surtout employée suivant (25). Un cercle supporte l'identification des parties, la surface des parties est proportionnelle aux Q.



Ces principaux types permettent de classer tous les dessins de la page précédente et toutes les constructions planes. Leur diversité pose le problème du choix, qui trouve sa solution dans la notion d'efficacité et dans les règles de construction qui en résultent. Nous les retrouverons dans les diagrammes, classés suivant leurs propriétés perceptives, et dans les réseaux.



# REPRÉSENTATION SYMBOLIQUE DES NIVEAUX ET DES IMPOSITIONS.

Pour définir une construction graphique, nous emploierons les signes conventionnels ci-dessous. Ils permettent d'analyser toutes les constructions imaginables et d'en fournir le *schéma de construction*. Appliqués aux constructions les plus efficaces, ils fournissent les *schémas de base*.

## NIVEAU D'ORGANISATION DES COMPOSANTES



Composante dont tous les éléments peuvent être vus comme **SEMBLABLES**



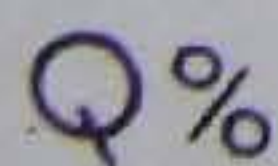
Composante qualitative (**DIFFERENTIELLE**)



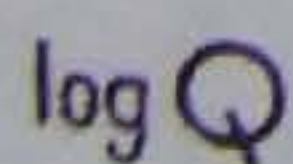
Composante **ORDONNÉE** (non ordonnable)



**QUANTITÉS**



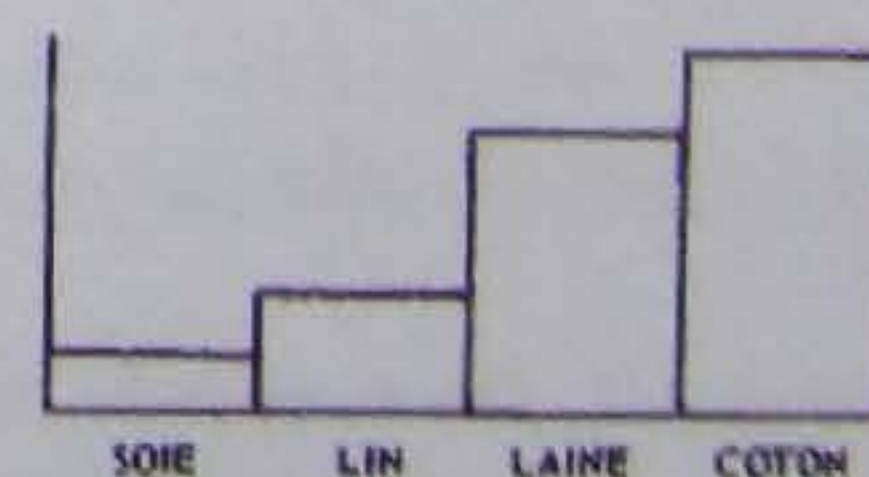
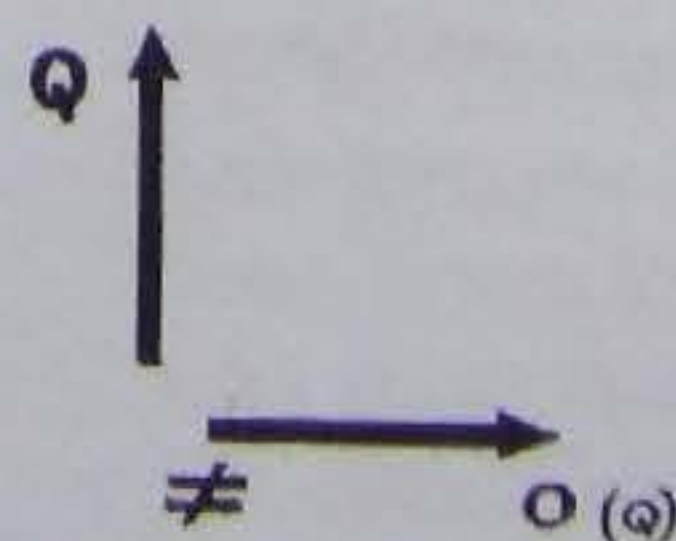
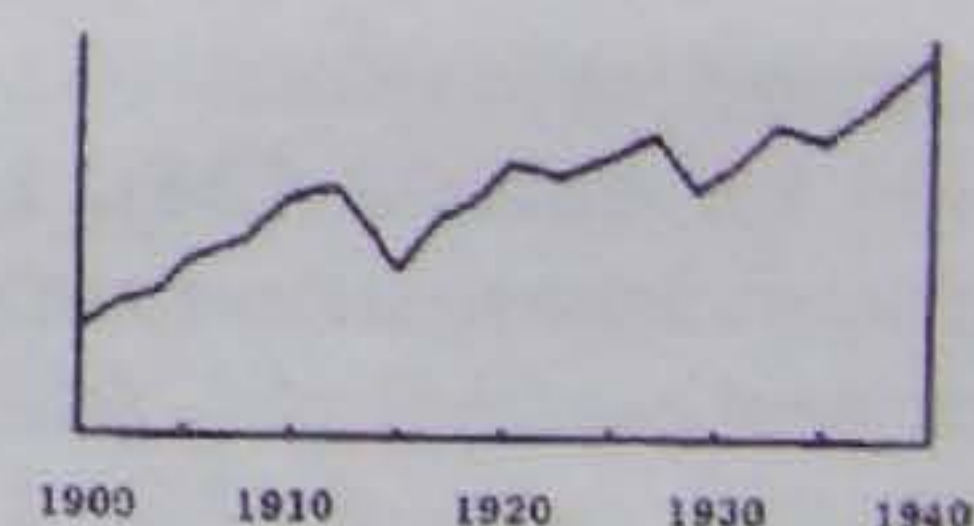
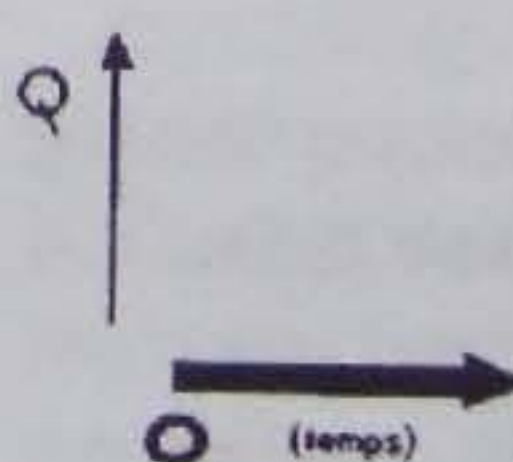
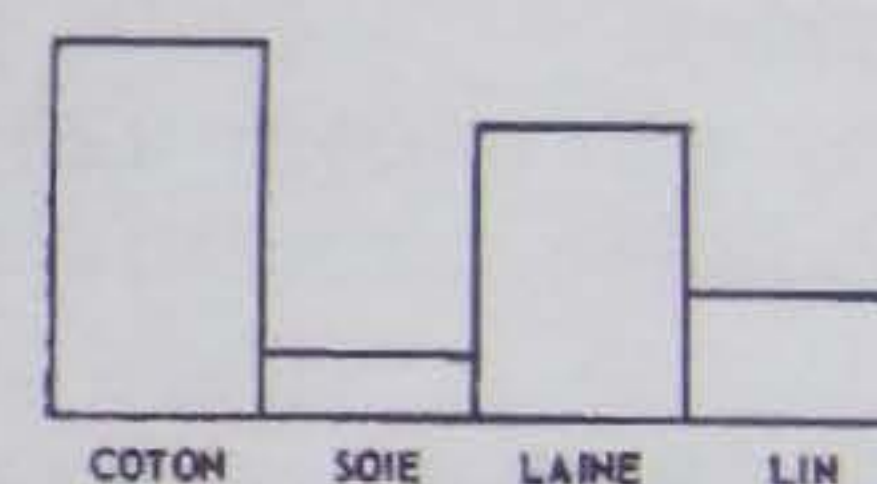
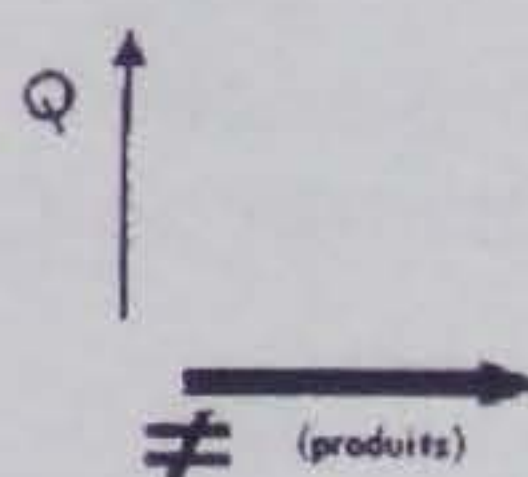
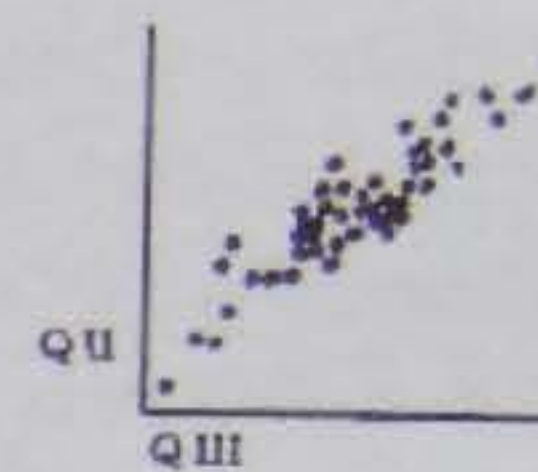
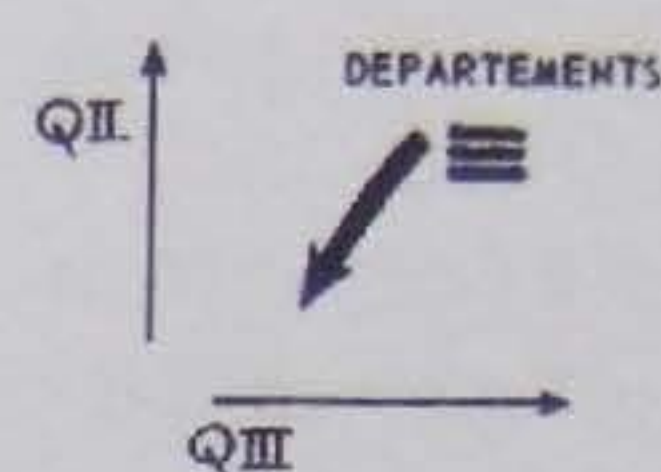
**Pourcentage**



Quantités portées en échelle logarithmique

Composante ordonnable, ordonnée suivant les quantités

## EXEMPLES





## MOBILISATION DES DIMENSIONS DU PLAN

### MOBILISATION RECTILIGNE



Dimension du plan mobilisée  
d'une manière **HOMOGENE**  
(les catégories se suivent une  
fois pour toutes)



Dimension du plan mobilisée  
d'une manière **HETEROGENE**  
(les catégories se répètent  
plusieurs fois)  
**n** souligne le nombre d'images  
ou de figures



Dimension du plan représentant  
**DES QUANTITES CUMULEES**



**MOBILISATION CIRCULAIRE**  
du plan

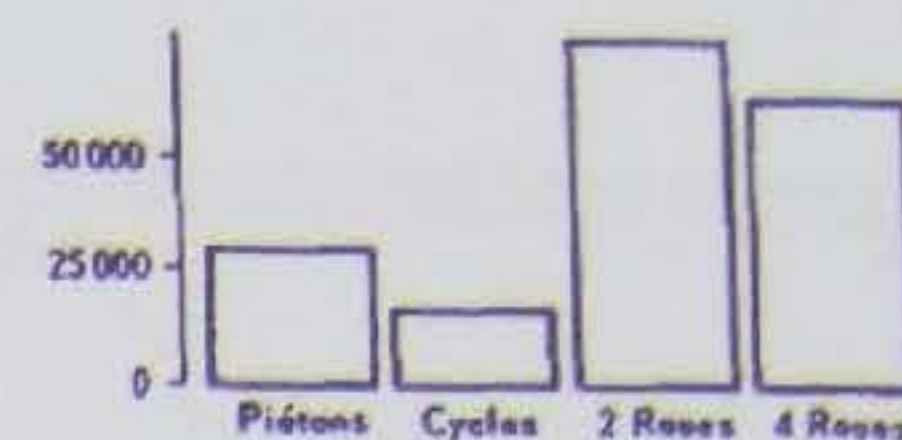
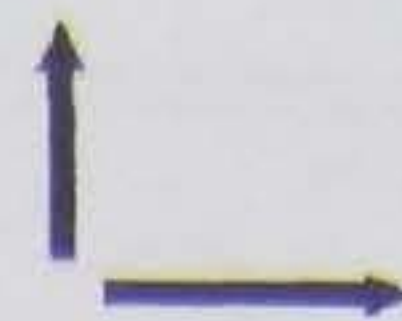


**SEMIS, ARBRE**

## EXEMPLES

QUANTITE  
d'accidents

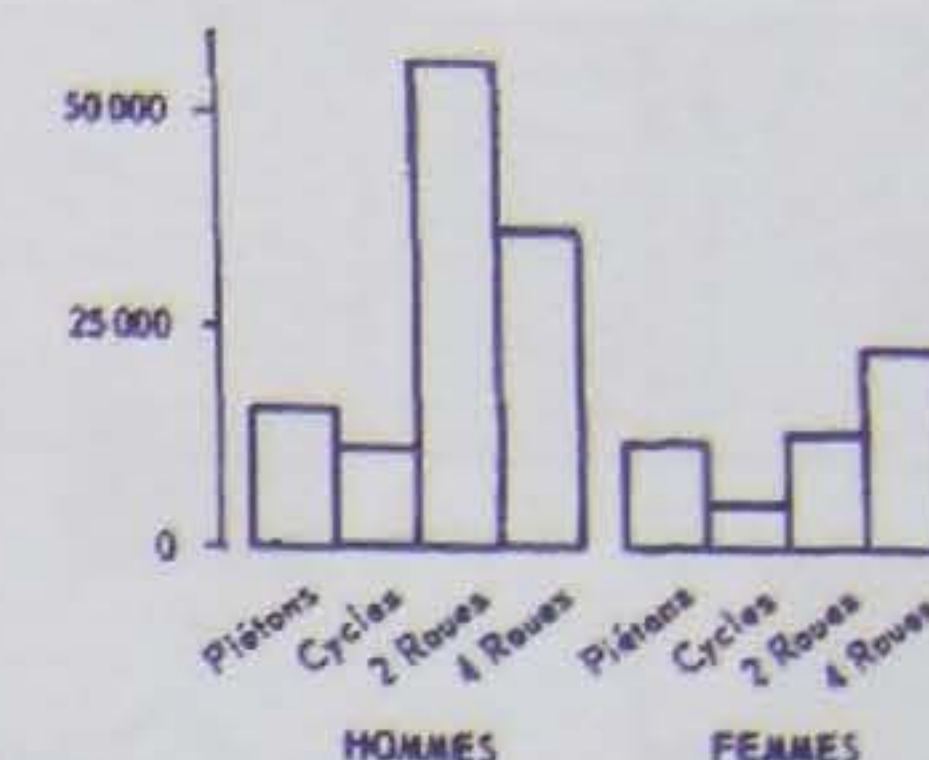
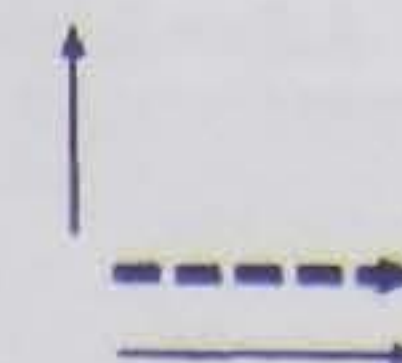
VEHICULE



Quantité  
d'accidents

VEHICULE

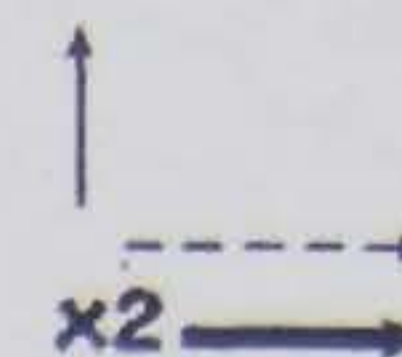
SEXE



Quantité  
d'accidents

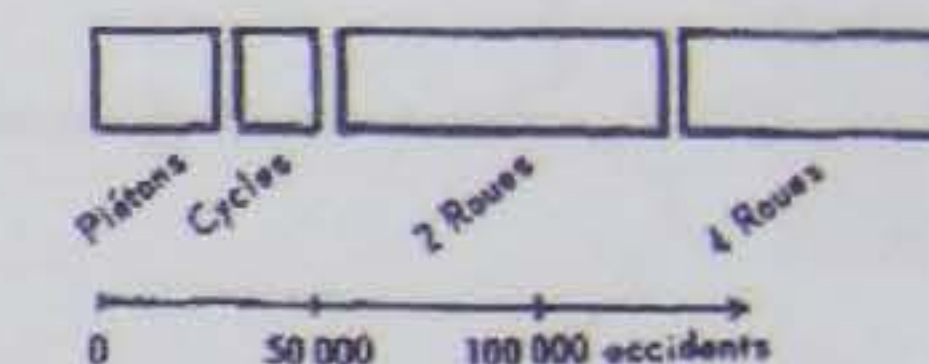
Véhicule

SEXE



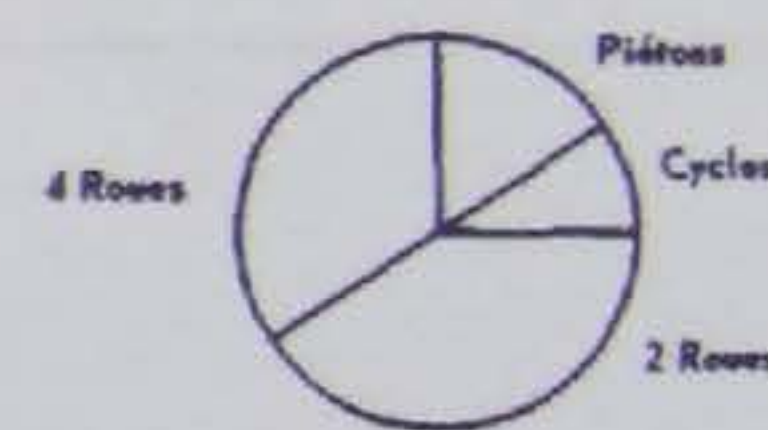
Véhicule

QUANTITE  
d'accidents



VEHICULE

QUANTITE  
d'accidents



Réseau  
Géologique



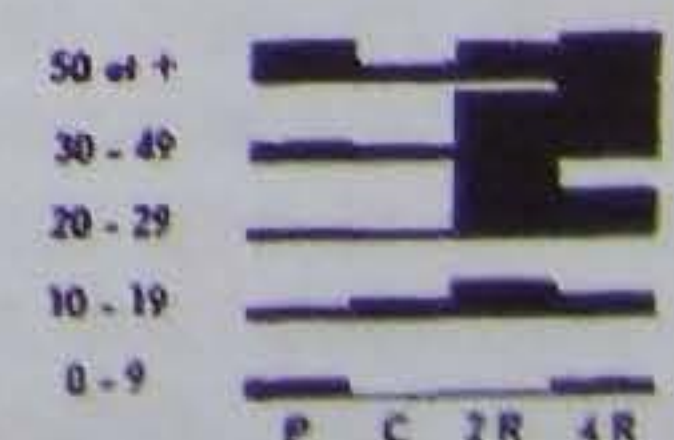
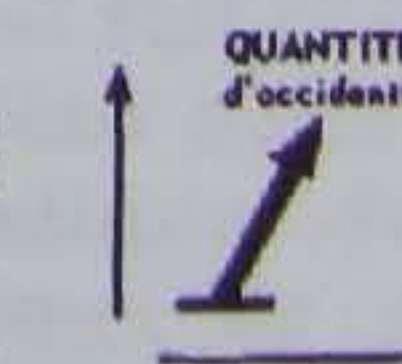
**VARIABLE RETINIENNE**  
(qui se lit en "élévation" au  
dessus du plan)



**POINTS, LIGNES ou ZONES**  
non différenciés

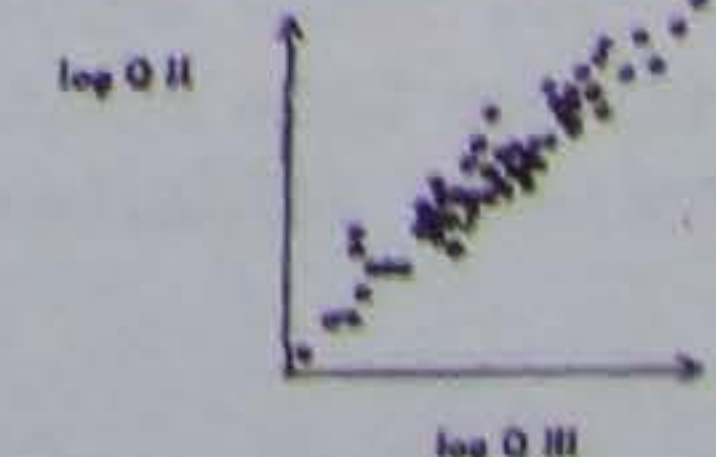
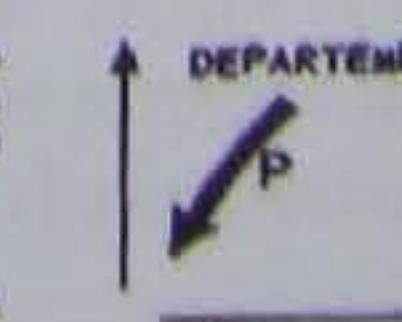
Catégories  
d'âge

Véhicule

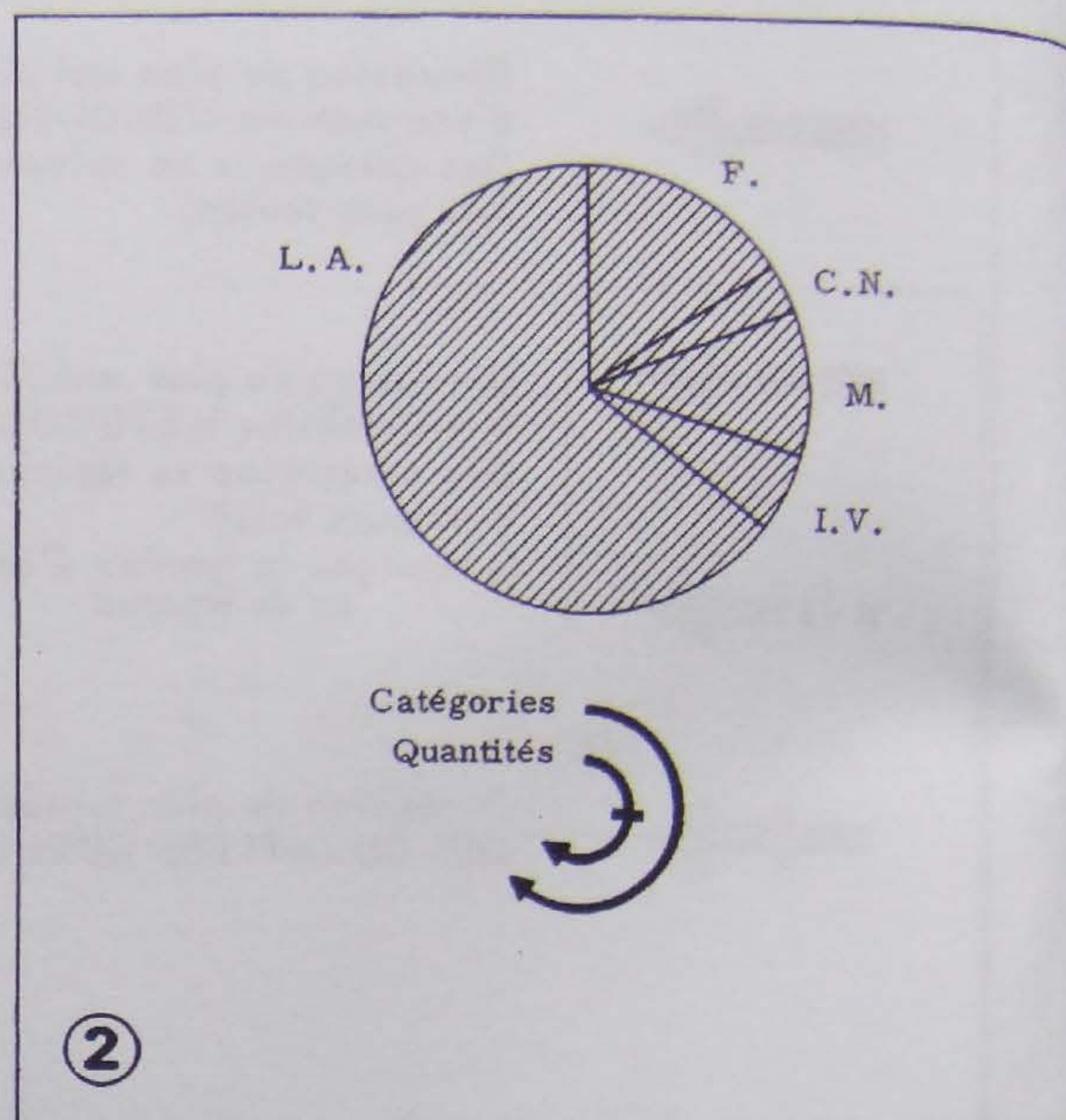
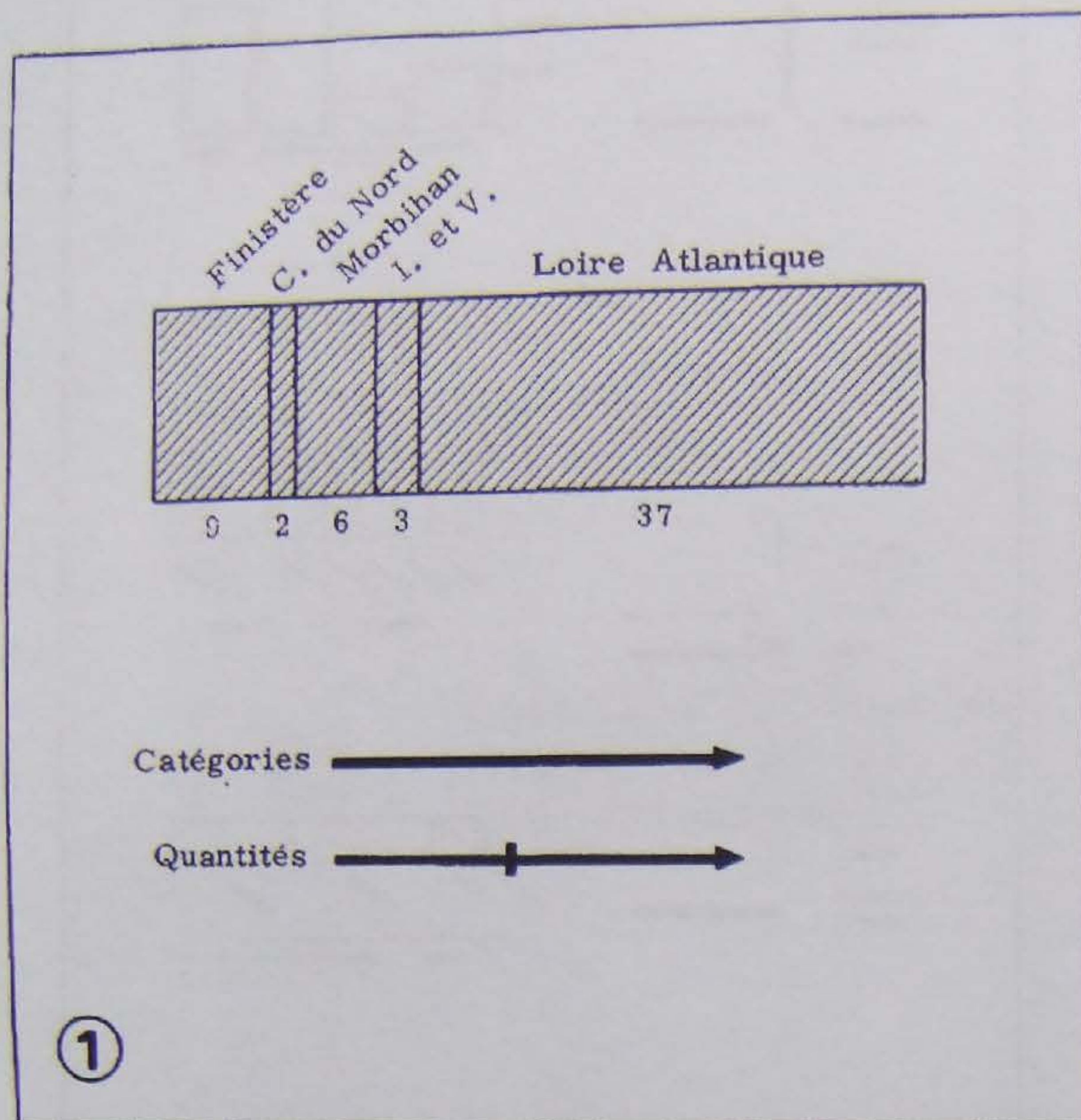


Log. Q de personnes  
actives dans  
l'industrie

Log. Q de personnes  
actives dans  
le secteur III







## LA MOBILISATION DU PLAN

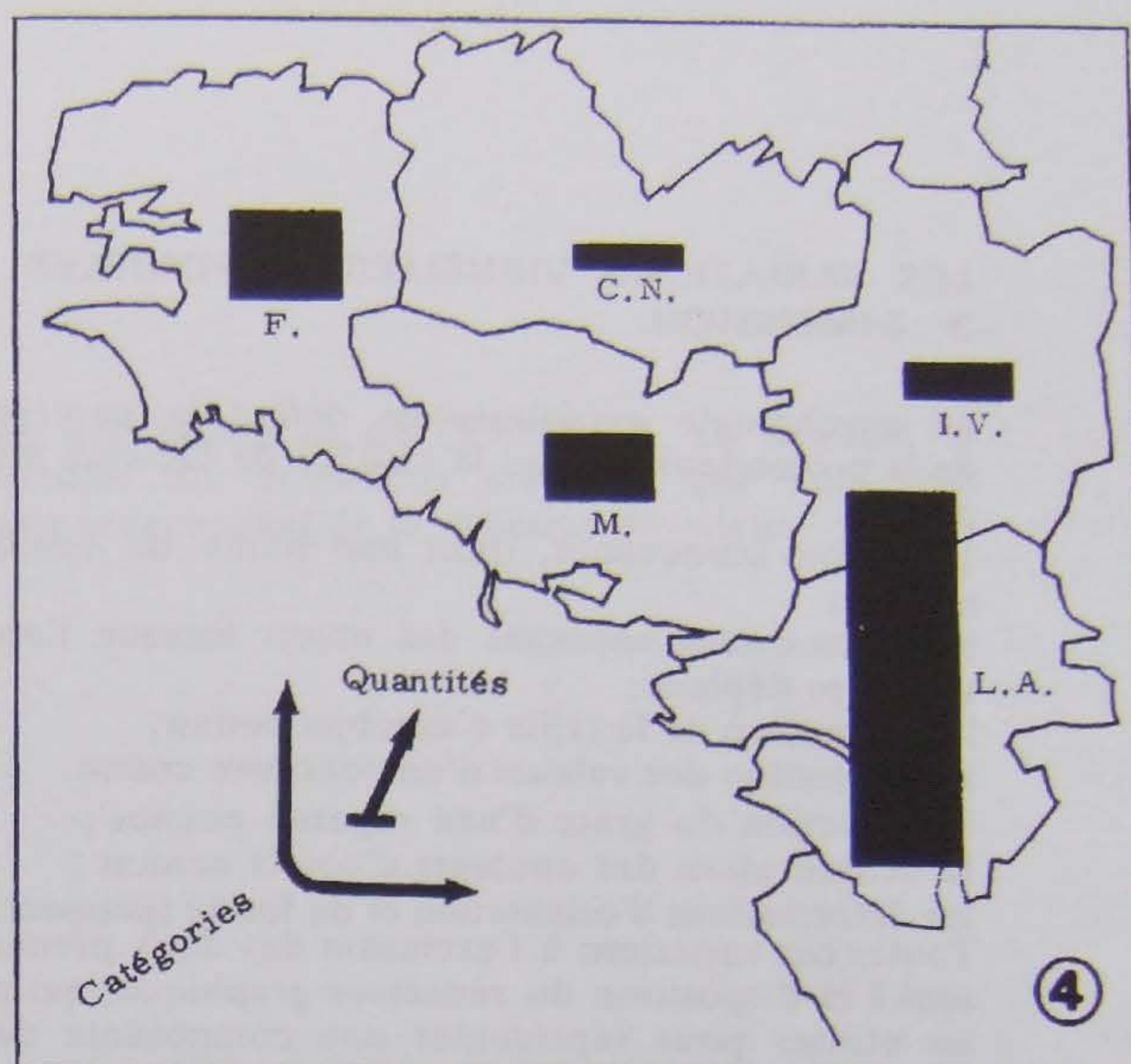
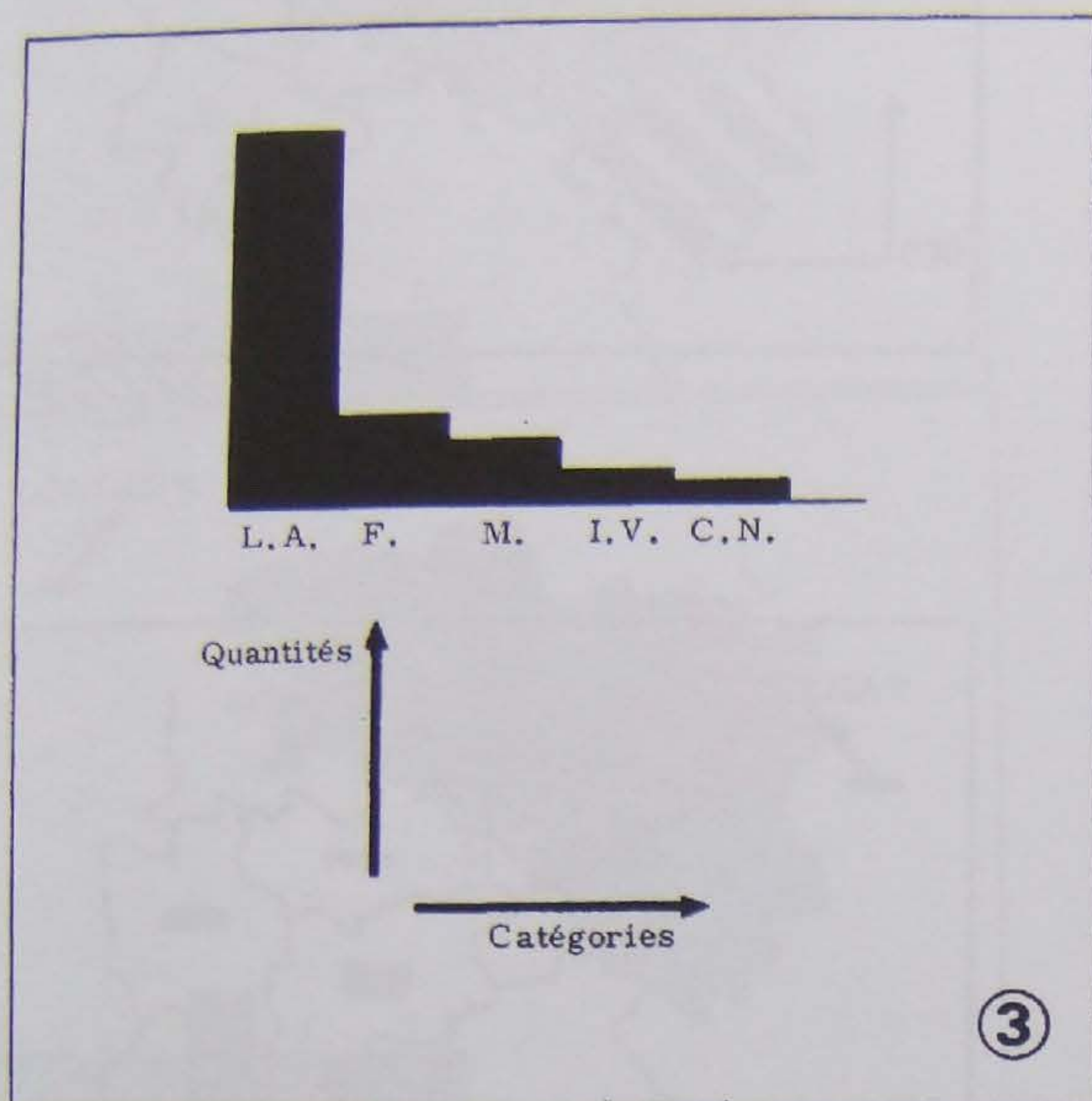
En cartographie la composante géographique mobilise les deux dimensions du plan. Soit l'information :  
INV. - salariés dans les établissements de plus de 500 employés.

COM. - Q absolues (en milliers) suivant.  
≠ 5 départements bretons.

C'est une information à deux composantes. Sa représentation graphique mobilise au moins deux variables et suivant le type de construction, elle aboutit aux diagrammes (1), (2) ou (3).

Mais la composante qualitative ≠ est de nature géographique. Les diverses catégories sont définies dans l'espace, ce sont des départements, et l'information peut donner lieu à une carte (4). Dans cette représentation, le lecteur est invité à superposer sur le tableau que lui offrirait la nature vue d'avion, des éléments non visibles, mais cependant connus.





Le lecteur est invité à voir dans la feuille de papier, non plus un support mais l'espace géographique. La surface de la feuille signifie surface de la terre. L'analogie est excellente puisqu'un espace signifie un espace.

Elle est plus naturelle, plus admissible que les analogies dont on a convenu précédemment, ou la mise en correspondance d'une dimension du plan avec le temps. Ceci explique peut-être que la représentation figurative et la cartographie aient précédé de quelques millénaires le diagramme, dont les analogies impliquent un degré supérieur d'abstraction.

Mais cette analogie naturelle est obtenue au prix de la mobilisation des deux dimensions du plan. Et il ne subsiste plus de dimension du plan libre de représenter les quantités.

Celles-ci doivent se plier à la disposition géographique. Leur perception ne peut plus reposer sur la comparaison des éléments juxtaposés d'un tout (1) et (2) ni sur les différences de longueur d'éléments alignés sur une même base (3).

La perception des quantités doit faire appel à d'autres variables visuelles, à de nouveaux "stimulis" dont l'utilité ne s'était pas fait ressentir tant que les dimensions du plan pouvaient suffire à la représentation. En (4) c'est moins la hauteur des colonnes que la quantité de "noir" qui permet de percevoir les quantités. C'est d'autant plus évident que le nombre des correspondances est grand (p. 360 et 374).

Lorsque deux composantes mobilisent le plan, il faut faire appel à de nouvelles variables pour représenter des composantes supplémentaires. Ce sont les variables visuelles de 3<sup>e</sup> dimension ou "variables rétinienne."



## C. Les variables rétinienne

Dès la troisième composante d'une information et en cartographie dès la seconde, la représentation graphique doit faire appel aux variables rétinienne.

### LES VARIATIONS VISUELLES DISPONIBLES EN 3<sup>e</sup> DIMENSION.

La psychologie expérimentale définit la perception de la profondeur comme le résultat de facteurs multiples :

La vision binoculaire, dans une limite de quelques mètres ;

le déplacement apparent des objets lorsque l'observateur se déplace ;

la diminution de la taille d'un objet connu ;

la diminution des valeurs d'un contraste connu ;

la réduction du grain d'une rugosité connue ;

la dénaturation des couleurs d'objets connus ;

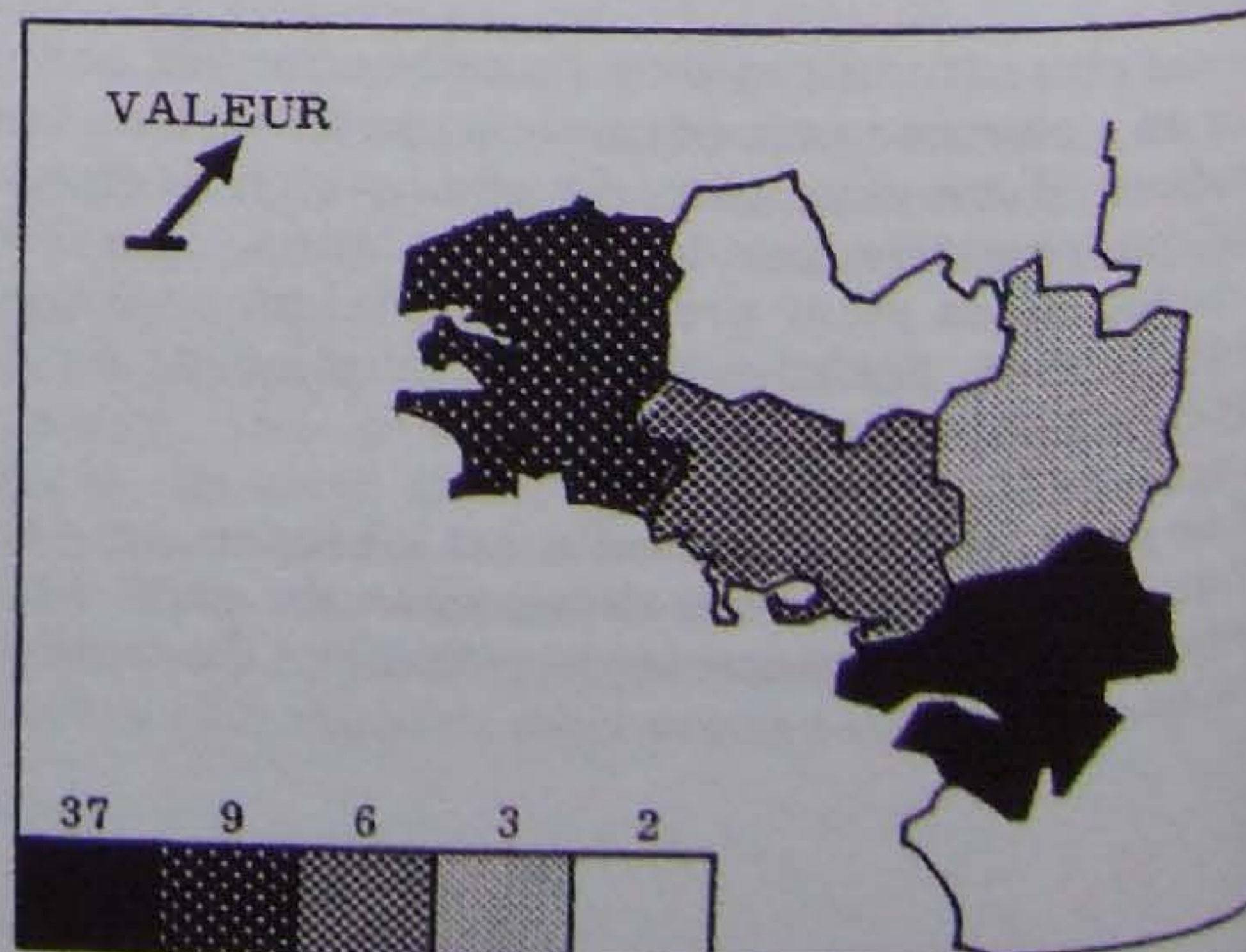
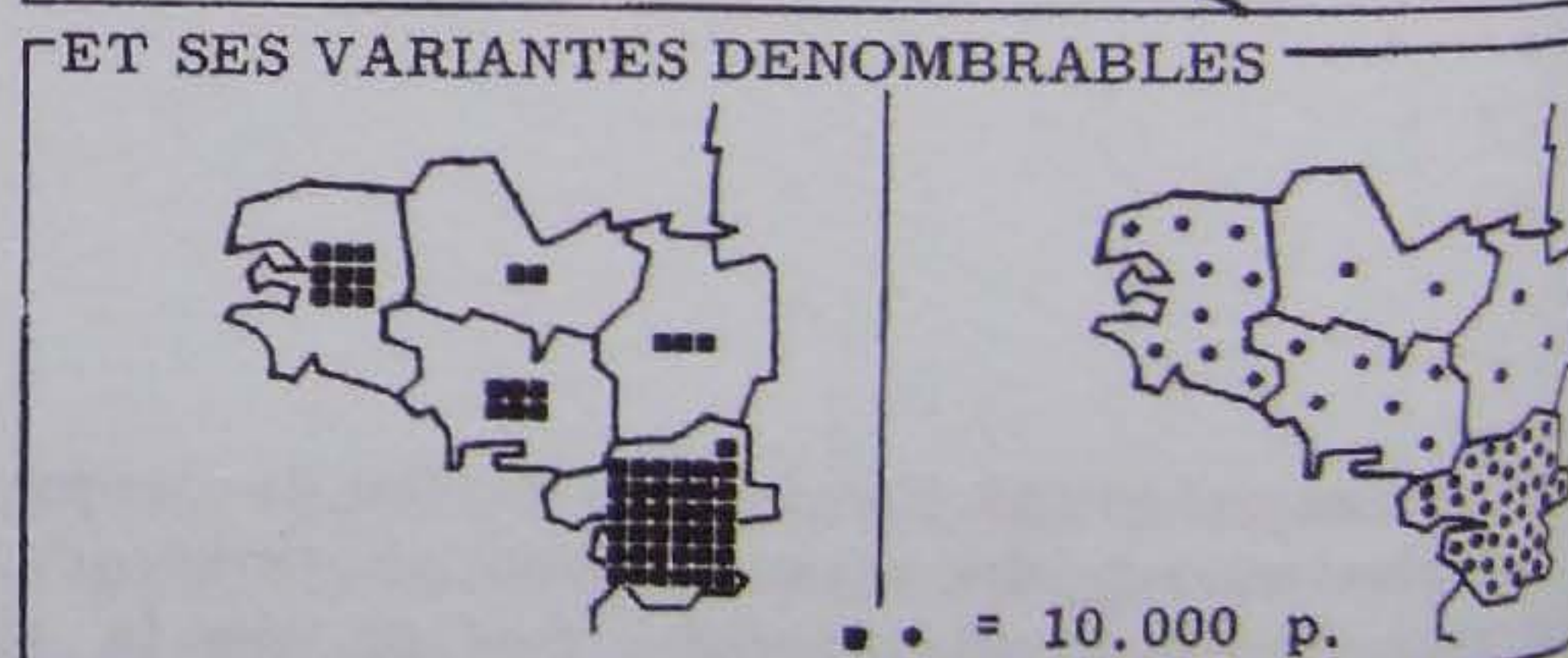
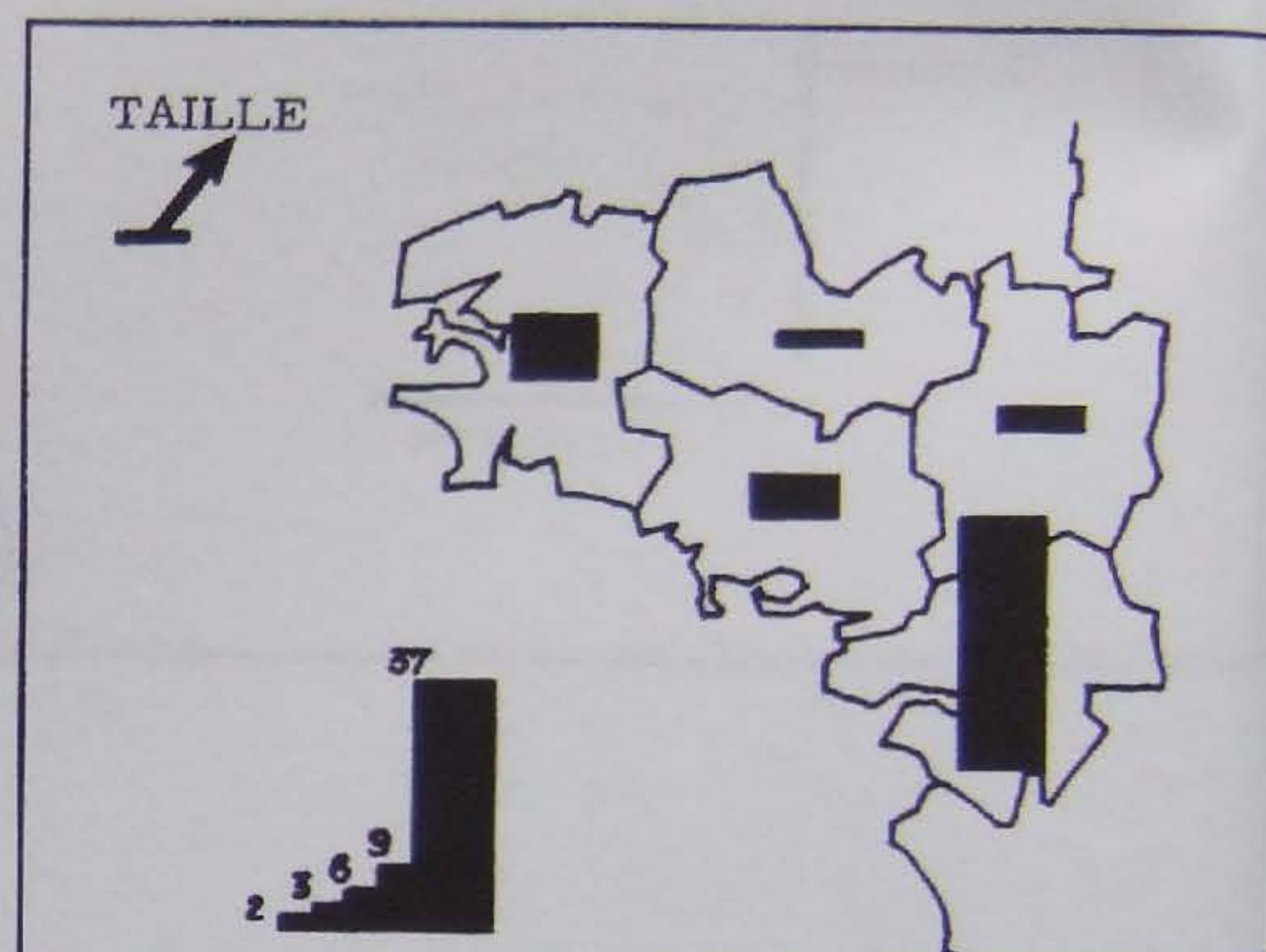
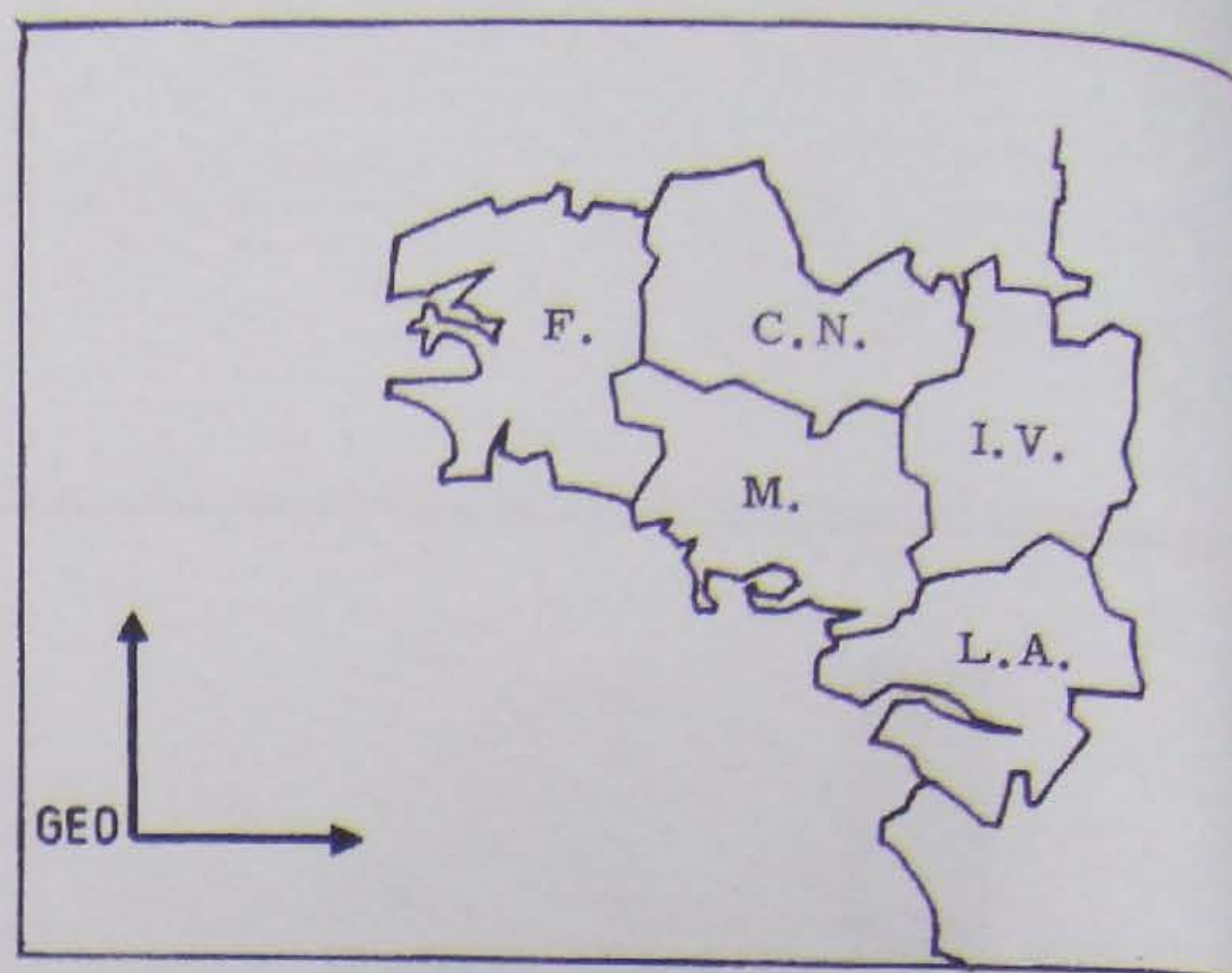
les déformations d'orientation et de forme (perspective).

Toutes ces variations à l'exclusion des deux premières sont à la disposition du rédacteur graphique, qui peut les utiliser pour représenter une composante de 3<sup>e</sup> dimension.

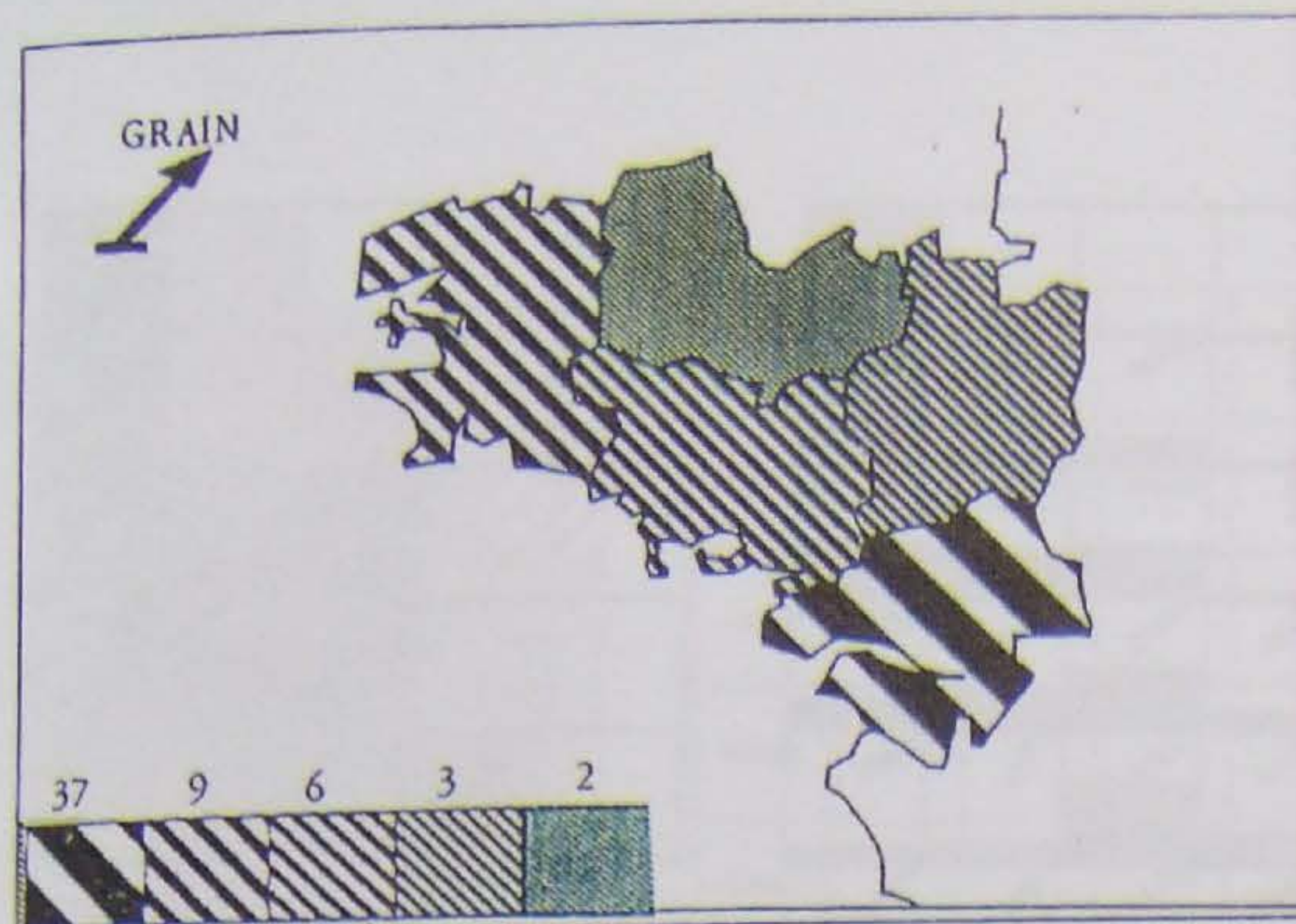
Il peut faire correspondre les catégories de la composante de 3<sup>e</sup> dimension avec chacune de ces variables :

Avec des catégories de TAILLE : hauteur d'une colonne, surface d'un signe, quantité de signes égaux.

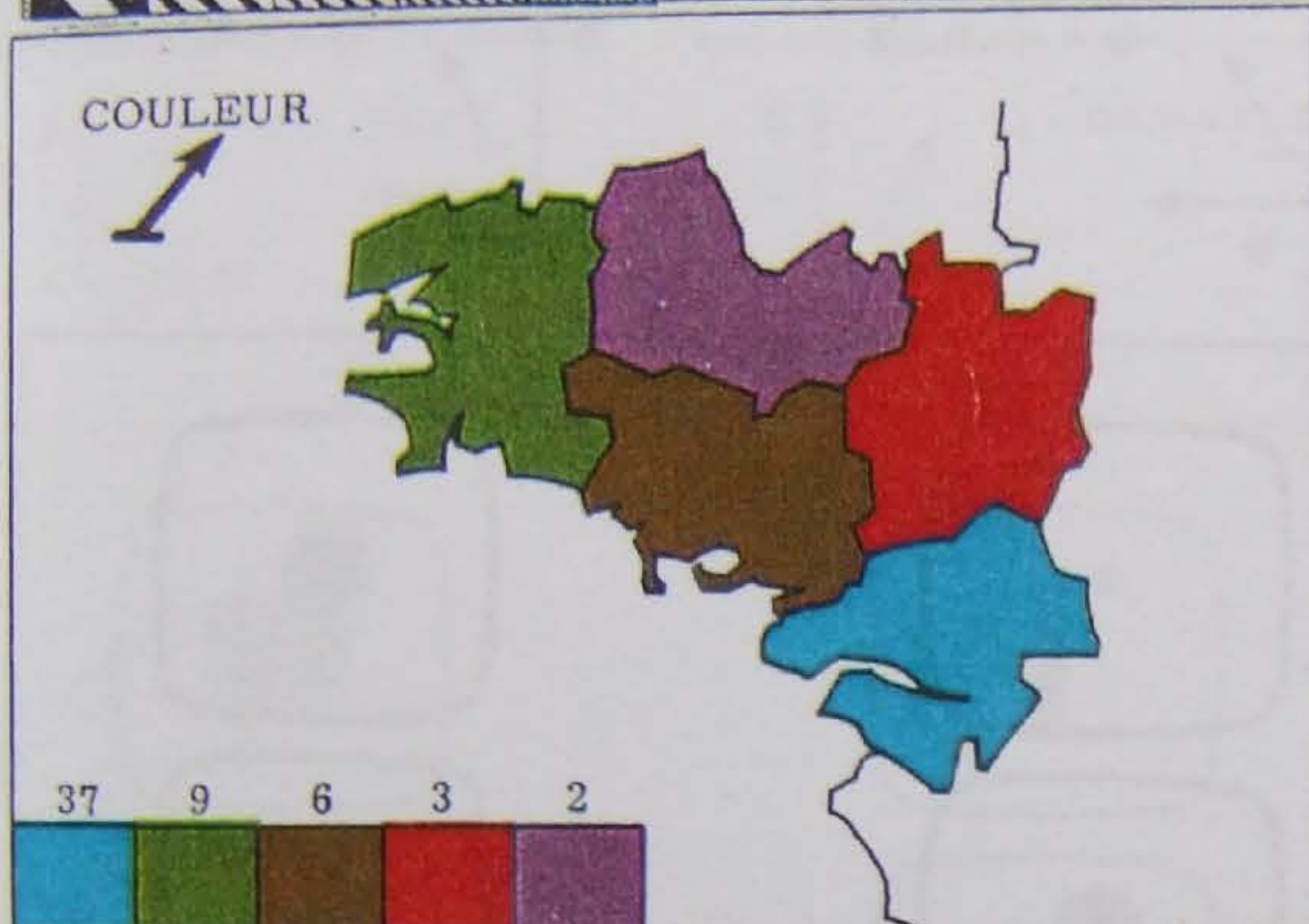
Avec des catégories de VALEUR, qu'il est possible de créer, entre le blanc et le noir.



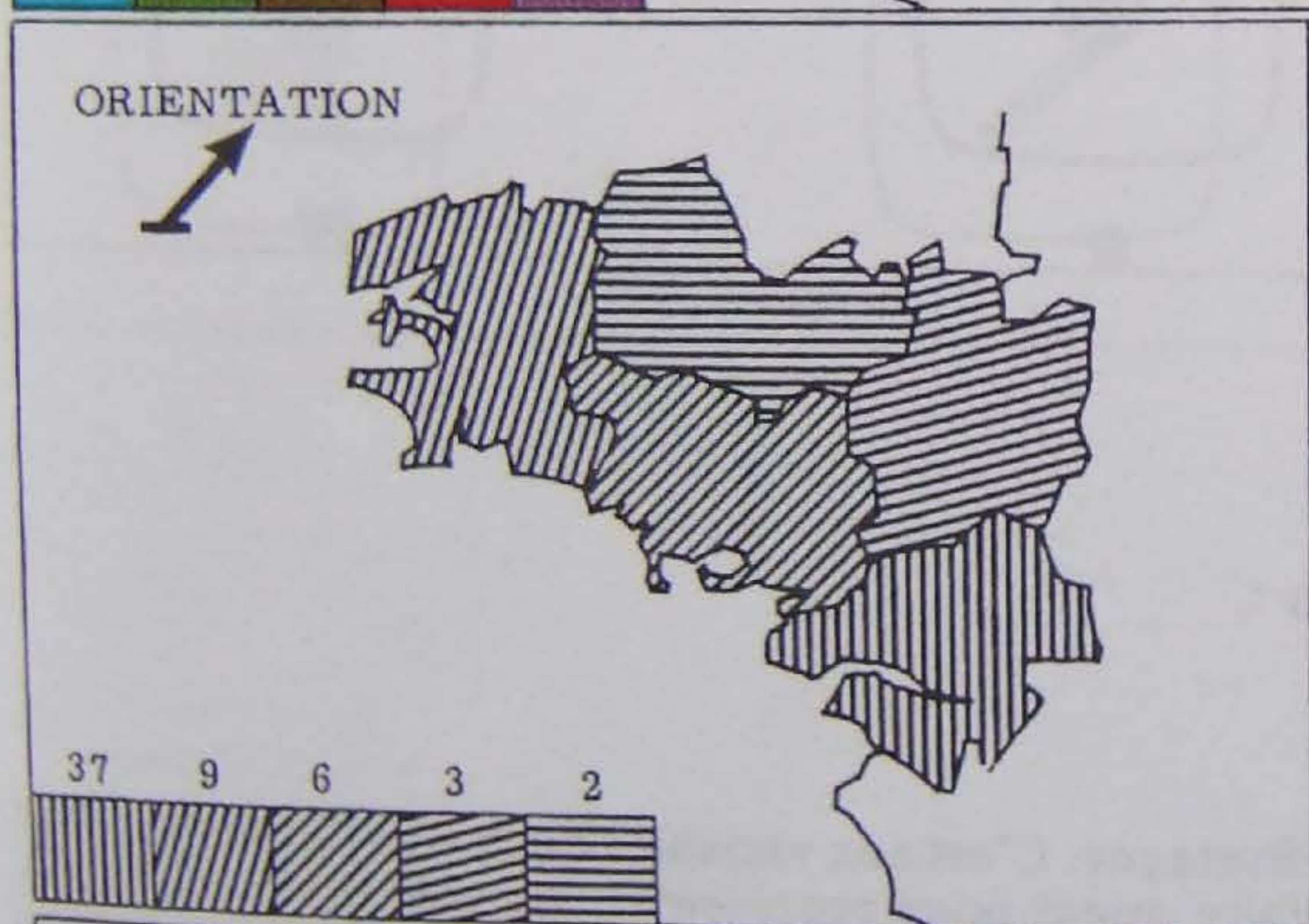




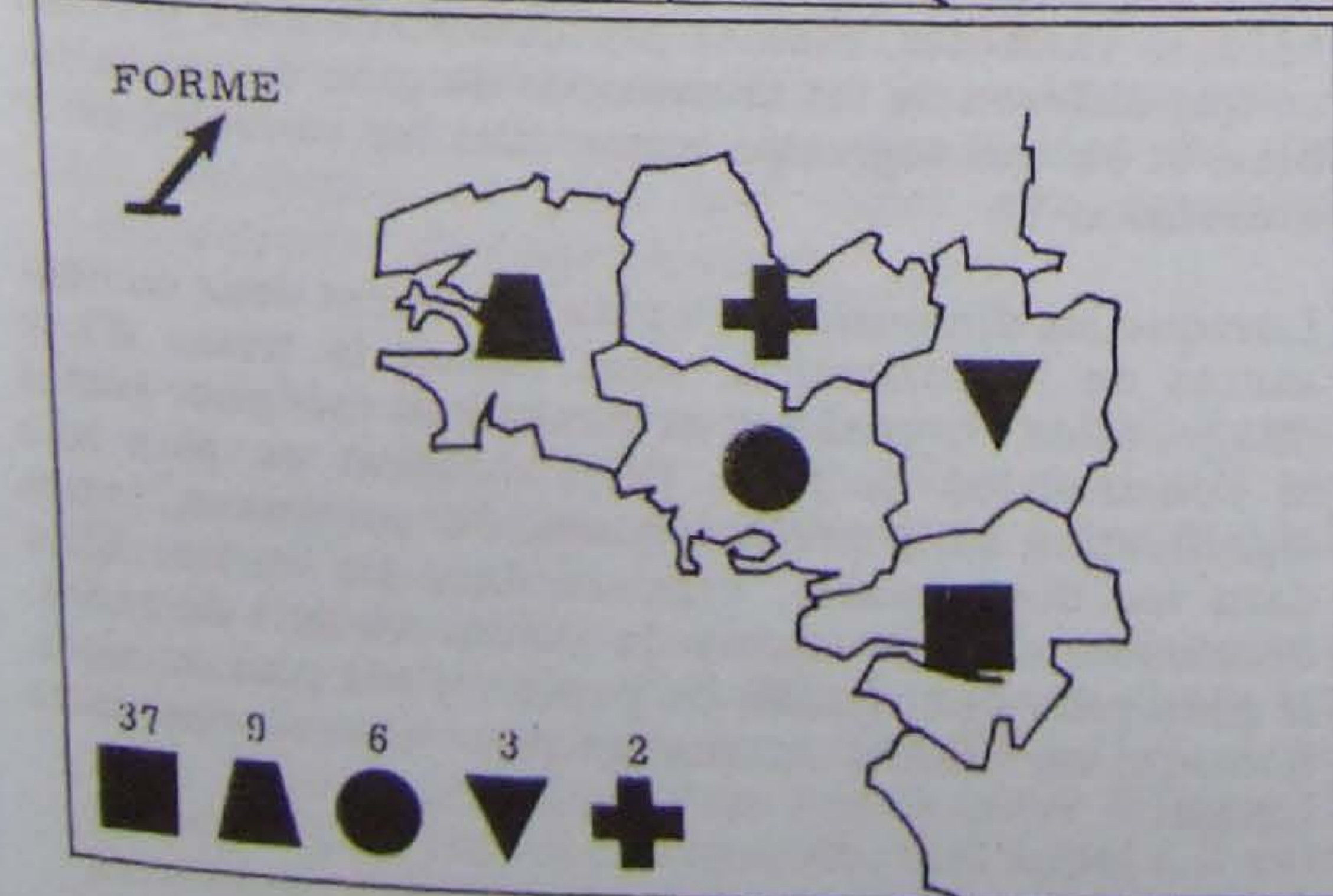
Avec des catégories de **GRAIN**, c'est-à-dire avec la variation de finesse des constituants d'une plage de valeur donnée et qui s'échelonnent de la plus grossière à la teinte plate. On obtient cette variation par exemple en augmentant ou en réduisant photographiquement une trame.



Avec des catégories de **COULEUR**, en utilisant le répertoire des sensations colorées, que l'on peut rendre indépendant de la variation de valeur.



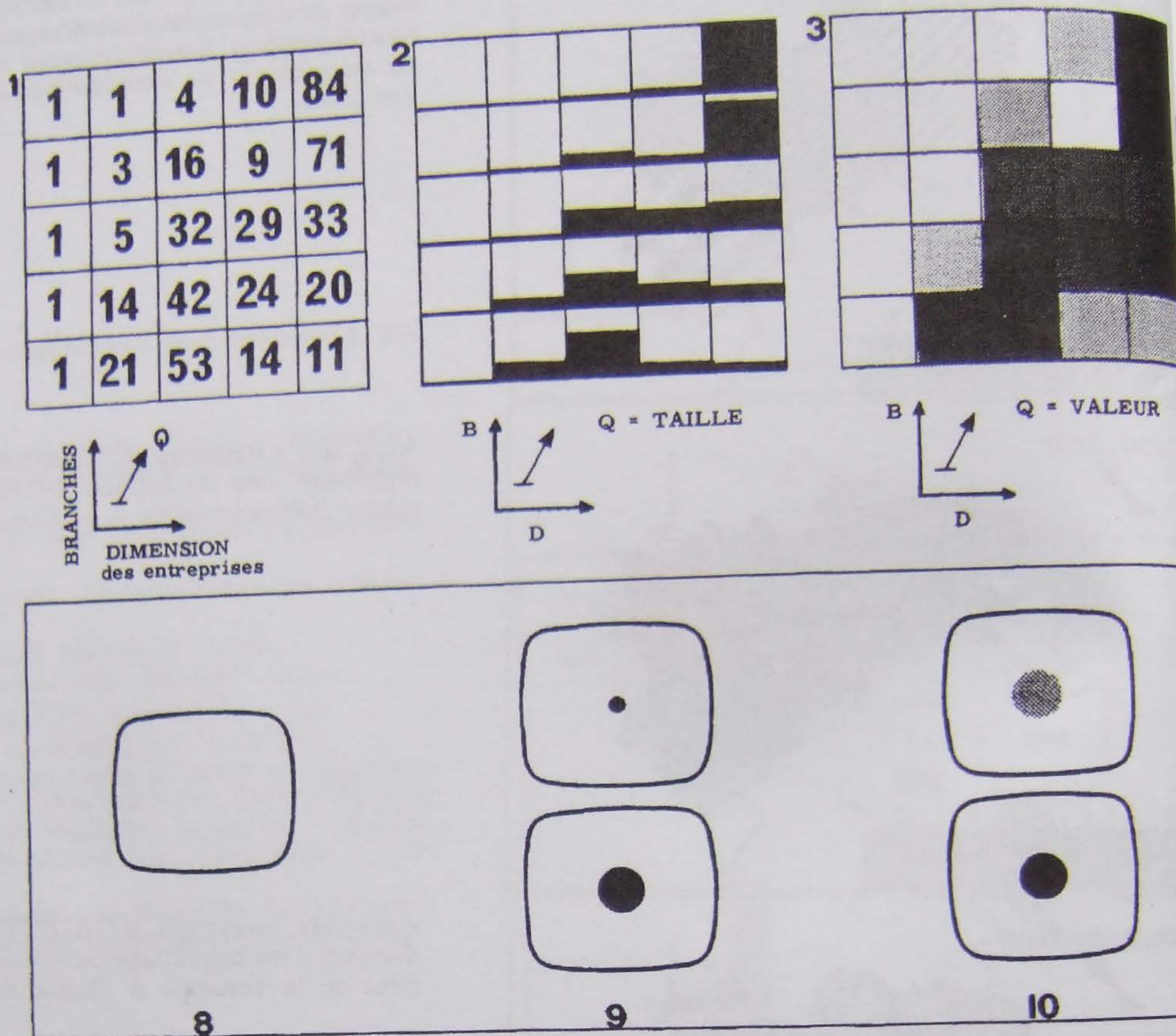
Avec des catégories d'**ORIENTATION**, orientations diverses d'un baguettage ou d'une ligne, qui s'échelonnent de la verticale à l'horizontale et ont un sens.



Avec des catégories de **FORME** puisqu'une tache, de surface constante peut néanmoins avoir une infinité de formes différentes.

Ainsi toute variable visuelle de 3<sup>e</sup> dimension peut être employée à la représentation de toute composante. Mais il est évident que toute variable n'est pas adaptée à toute composante. C'est la notion de niveau d'organisation qui fournit la clef de ce problème.





## DIMENSIONS DU PLAN ET VARIABLES "RÉTINIENNES".

L'emploi des variables visuelles de 3<sup>e</sup> dimension n'est pas seulement requis en cartographie. Il est nécessaire dans tous les problèmes graphiques à trois composantes et plus, lorsque les deux dimensions du plan sont mobilisées par un système de double identification.

Soit l'information : Masse des salaires, répartie suivant les branches d'industrie et la dimension des entreprises.

INV. - masse des salaires distribuée par les entreprises.

COM. -  $\neq$  cinq branches d'industrie (commerce, énergie, transport, industrie, service).

- Q pour 100 par branche d'industrie, suivant.

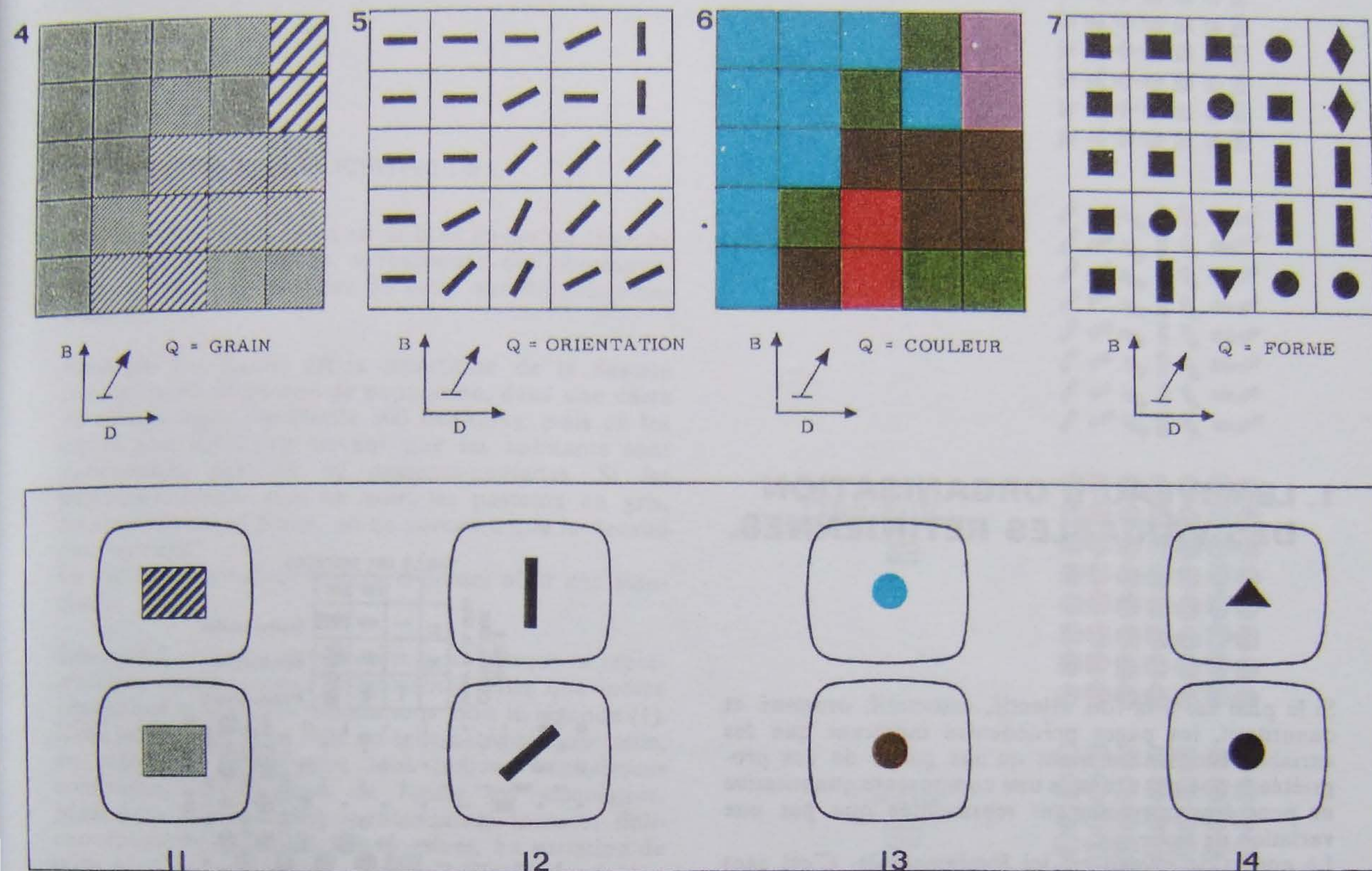
- O cinq catégories de dimension d'entreprise (0, 1 à 5, 6 à 100, 101 à 500, plus de 500 employés).

Les quantités figurent dans (1). Branches d'une part, dimension des entreprises d'autre part mobilisent les deux dimensions du plan, comme dans la carte de

Bretagne. C'est aux variables de 3<sup>e</sup> dimension qu'il faut faire appel pour représenter les quantités : (2) à (7). Mêmes variables, mêmes problèmes. Peut-on préciser ce qui différencie les dimensions du plan de ces variables, et ce qui regroupe entre elles les variables de 3<sup>e</sup> dimension ?

Lorsque les dimensions du plan expriment deux composantes de l'information, elles tissent la trame d'une image, elles l'organisent et fixent une fois pour toutes la construction de base. Elles donnent au plan une signification et il devient quantités, catégories, temps dans les diagrammes, espaces dans les cartes. Elles définissent aussi le champ de vision. Au-delà du cadre le plan redevient feuille de papier, il n'a plus de signification, ou bien il en change pour devenir une autre image.





C'est le parcours du pinceau visuel qui se trouve ainsi défini et c'est par l'intermédiaire des mouvements de l'œil que le lecteur perçoit les dimensions du plan. La préhension du plan fait appel aux sensibilités "musculaires" du système optique.

Les variables de 3<sup>e</sup> dimension s'inscrivent "au-dessus" du plan et elles en sont indépendantes. L'œil peut percevoir leur variation sans faire appel à aucun déplacement du pinceau visuel. Ainsi on peut imaginer un écran sur lequel apparaîtraient successivement et au même endroit, deux états différents de chacune des variables (9) à (14). Aucun mouvement musculaire n'est requis pour différencier les deux états. Toutes ces variables font appel à d'autres sensibilités visuelles, dans lesquelles les déplacements

du pinceau visuel ne semblent pas intervenir d'une manière significative.

Pour les différencier des sensibilités "musculaires" nous parlerons ici de sensibilités "rétiennes" et par conséquent de variables rétiennes.

A l'échelle des perceptions courantes, qui seules nous intéressent ici, les variables rétiennes sont physiologiquement différentes des dimensions du plan. Lorsque, par exemple, la taille d'un point proportionnel devient très grande, il existe une limite au-delà de laquelle "on ne le voit plus!" La perception doit alors faire appel à un mouvement "musculaire" et le point trop grand devient invisible dans la perception rétienne à laquelle nous convie la légende (et les autres signes). Quelles sont les propriétés perceptives de chacune de ces variables ?



# 1. LE NIVEAU D'ORGANISATION DES VARIABLES RÉTINIENNES.

Si le plan est à la fois sélectif, associatif, ordonné et quantitatif, les pages précédentes montrent que les variables rétiniennes n'ont qu'une partie de ces propriétés et que par exemple une composante quantitative ne peut être correctement représentée que par une variation de taille.

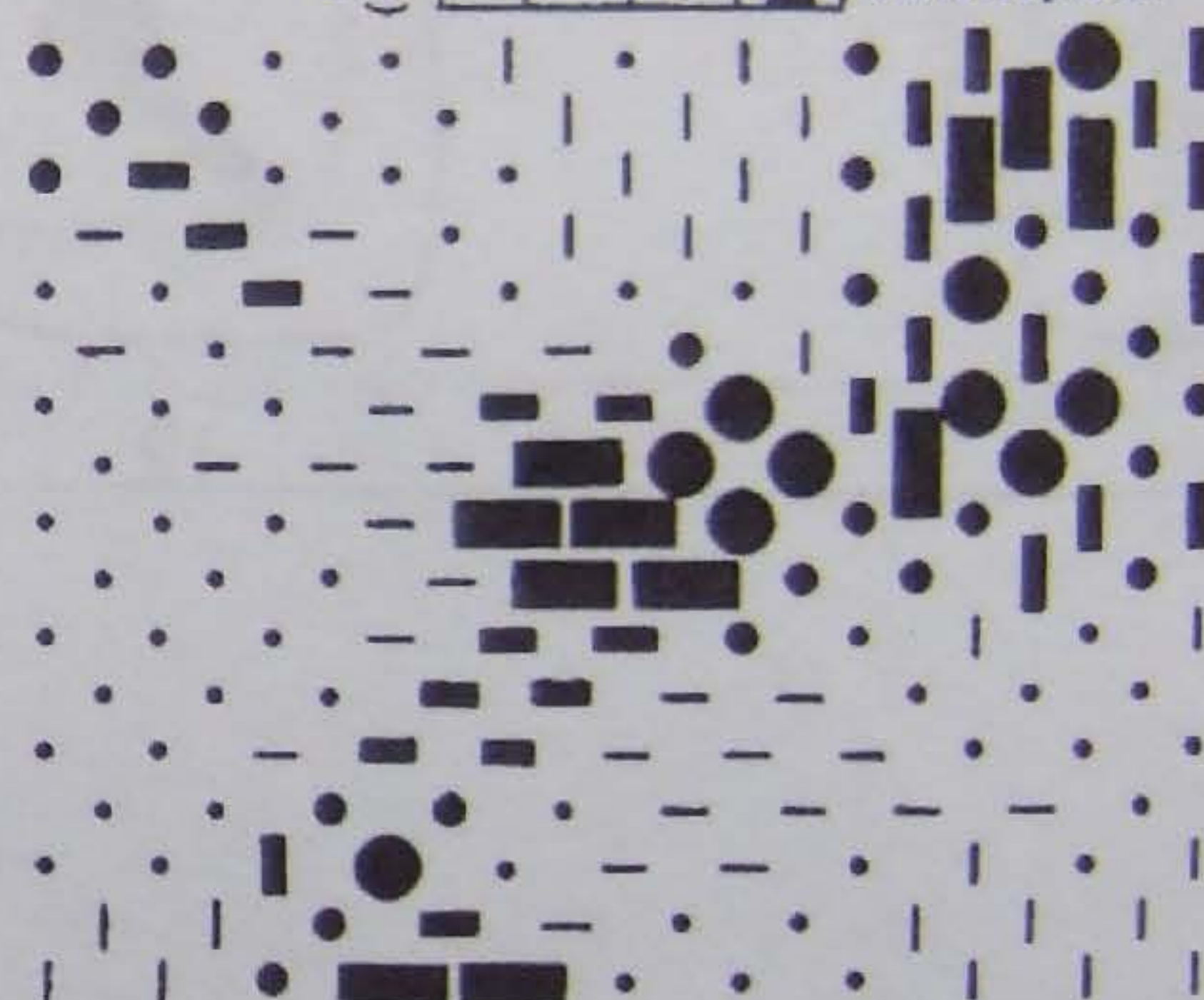
La notion de niveau est ici fondamentale. C'est sans doute (avec l'imposition des diagrammes) la source du plus grand nombre d'erreurs graphiques. Elle prend toute son importance en cartographie où, par suite de la mobilisation géographique des deux dimensions du plan, les variables rétiniennes sont mises en œuvre dès la deuxième composante de l'information.

Le niveau d'organisation pouvait être étudié variable par variable. Cependant il a semblé plus utile de procéder à une étude par niveau.

Les variables visuelles mises en œuvre dans les tests qui suivent sont des variables "pures" c'est-à-dire considérées toute autre variation exclue. Et par exemple, la variation de couleur est considérée dans une seule valeur, c'est-à-dire toute variation de valeur exclue.

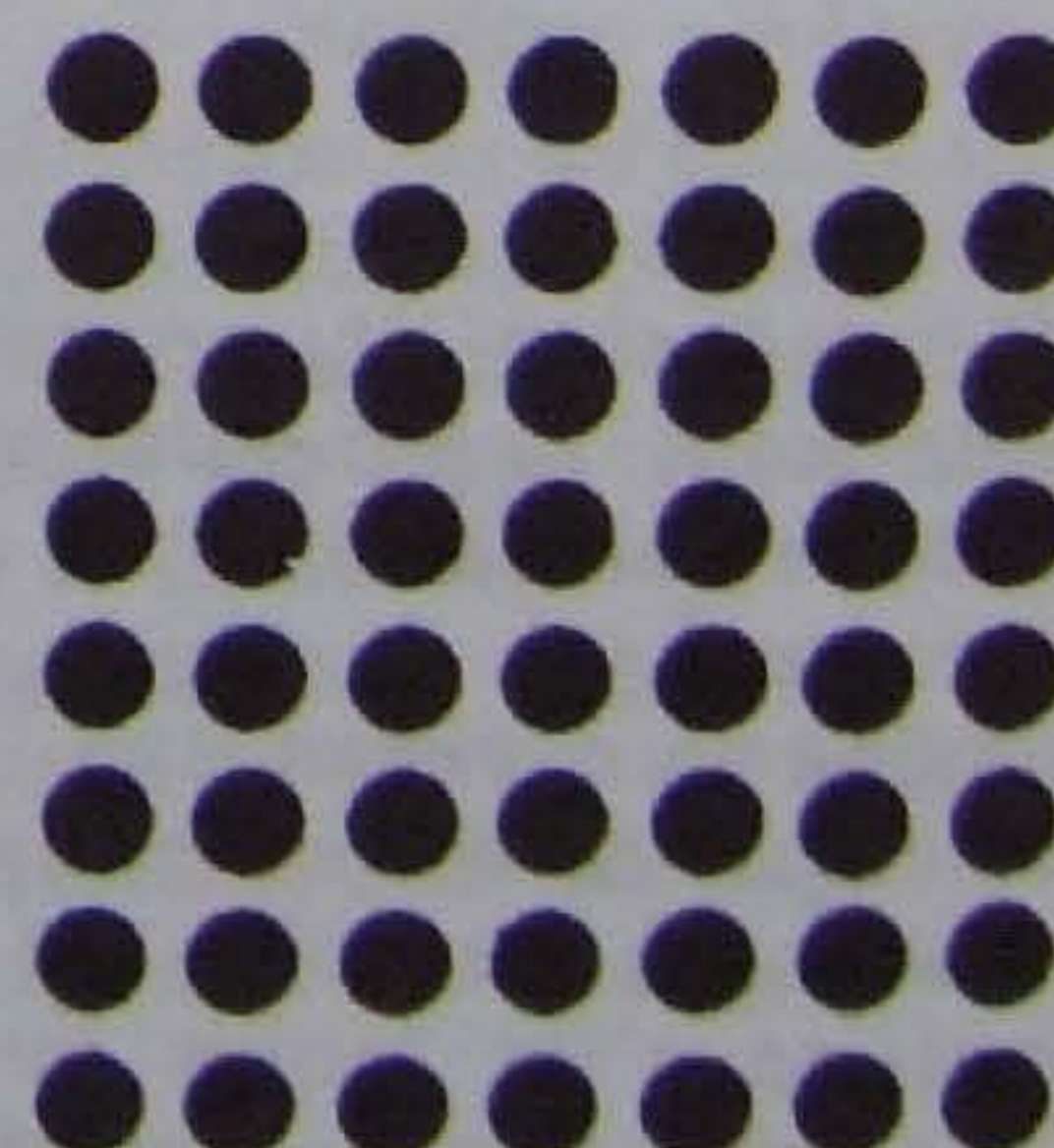
Cette précaution est indispensable si l'on veut sortir de la confusion courante. Dans les constructions graphiques, on combine presque toujours plusieurs variables. Ce sont elles qu'il faut d'abord connaître. Elles permettent d'analyser et de comprendre chacune des innombrables combinaisons possibles. Il y a 63 combinaisons fondamentales pour différencier deux signes ponctuels! Quel est le niveau d'organisation de chacune? Nous verrons (p. 186) que c'est celui de la variable du niveau le plus élevé.

		TAILLE DES INDIVIDUS		
		160	170	
INDICE CEPHALIQUE (forme de la tête)	81	—	■	Brachycéphales
	76	•	●	Mésocéphales
			■	Dolicocephales



1

2





## LA PERCEPTION ASSOCIATIVE ( $\equiv$ ).

La perception associative est utilisée lorsqu'on cherche à égaliser une variation, à regrouper des correspondances "toutes catégories de cette variation confondues".

**Exemple 1 :** Quelle est la répartition de la densité des signes, de la densité de population, dans une carte où chaque signe représente 500 habitants, mais où les signes sont différents suivant que les habitants sont agriculteurs, pasteurs ou pasteurs-nomades. Si les pasteurs-nomades sont en noir, les pasteurs en gris, les agriculteurs en blanc, on ne percevra que la densité des pasteurs.

La variation de valeur (noir-gris-blanc) n'est pas associative.

**Exemple 2 :** L'associativité est requise lorsque la représentation combine deux composantes telles que indice céphalique et taille des populations. Soit la légende (1). L'œil isolera aisément telle ou telle catégorie de taille, en regroupant les signes, tous indices céphaliques confondus. La variation de forme est associative. Mais il ne pourra isoler spontanément tous les dolichocéphales, toutes tailles confondues. La variation de taille n'est pas associative. Elle est "dissociative". Une variable dissociative domine toutes les combinaisons faites avec elle et interdit d'opérer une sélection visuelle spontanée sur les autres variables.

*Test.* Puisqu'il s'agit d'abstraire une variation, le meilleur test semble être une série de points non différenciés et formant une plage homogène (2). Si l'œil peut reconstruire spontanément l'homogénéité de la plage malgré une variation visuelle donnée, cette variation est associative ( $\equiv$ ). Sinon elle est dissociative ( $\neq$ ). Les tests ci-contre montrent que Taille et Valeur sont dissociatives, et que toutes les autres variables sont associatives. Il en est de même en implantation linéaire et zonale.

### La visibilité.

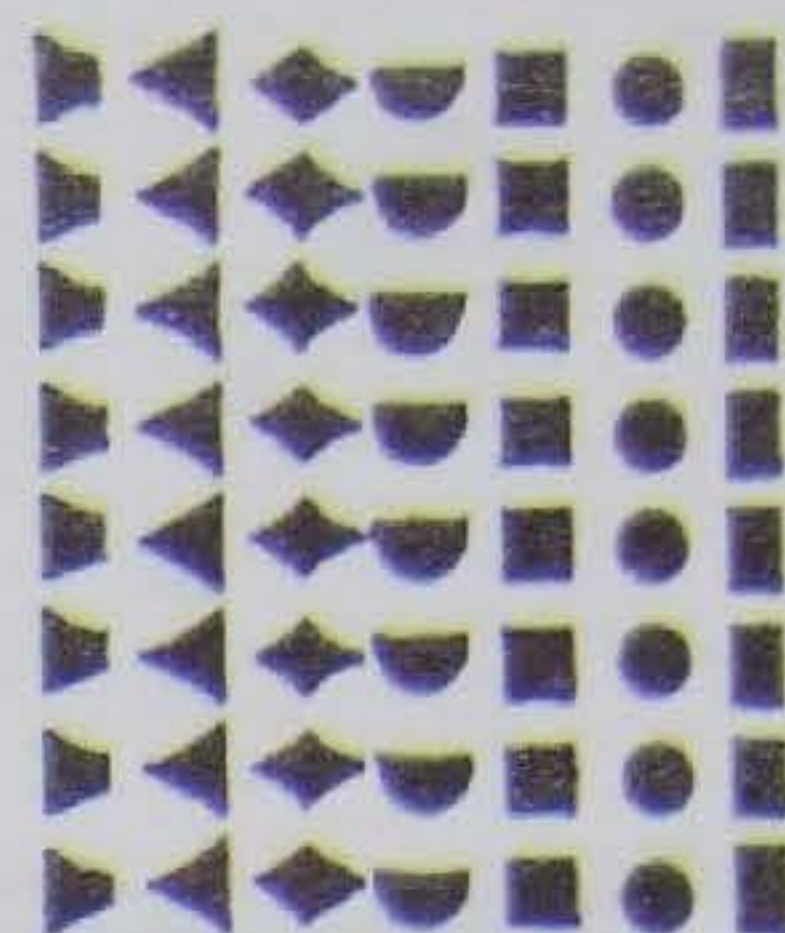
Tous les signes de la figure (2) nous apparaissent avec la même puissance. Ils ont la même visibilité.

*Une variable associative ne fait pas varier la visibilité des signes.*

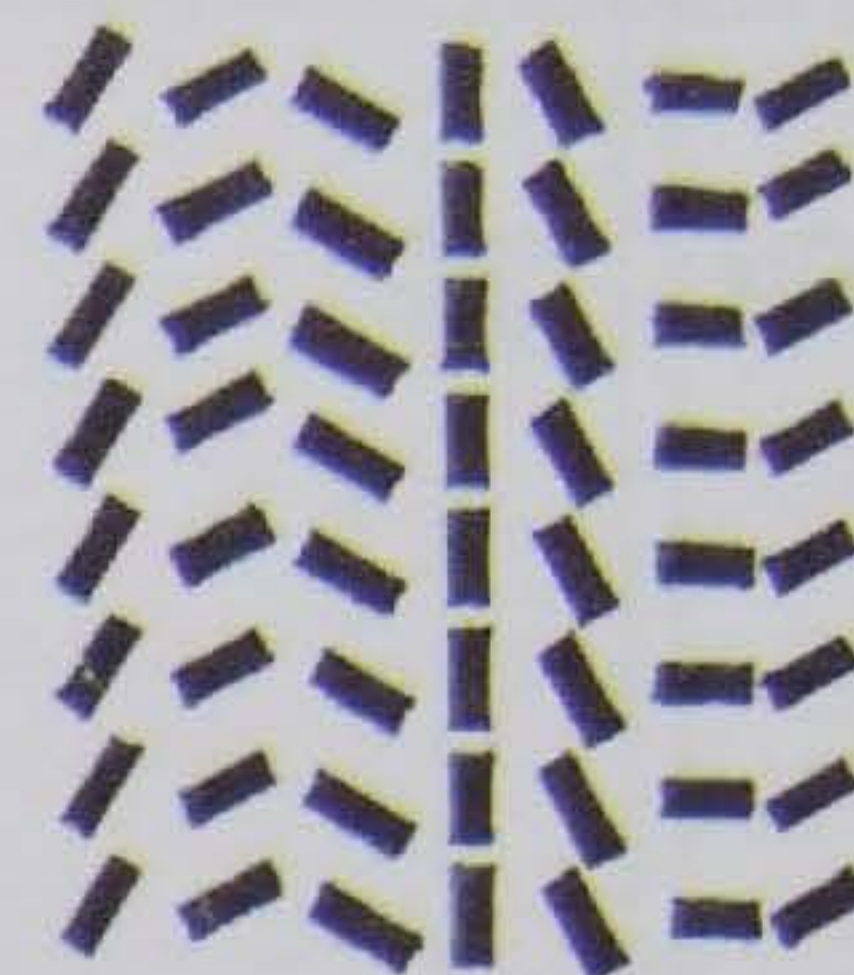
Les signes différenciés par la taille et la valeur nous apparaissent avec des puissances différentes, et en éloignant les images par exemple, ils disparaissent successivement. Ils n'ont pas la même visibilité.

*Une variable dissociative fait varier la visibilité des signes.*

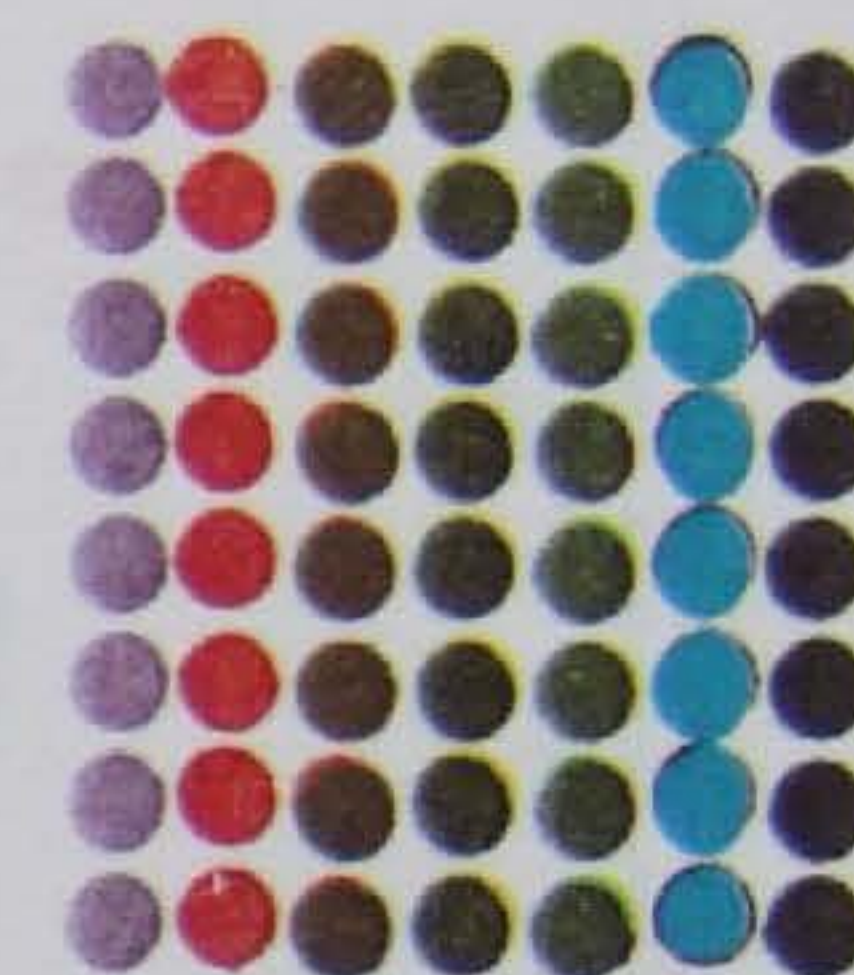
FORME



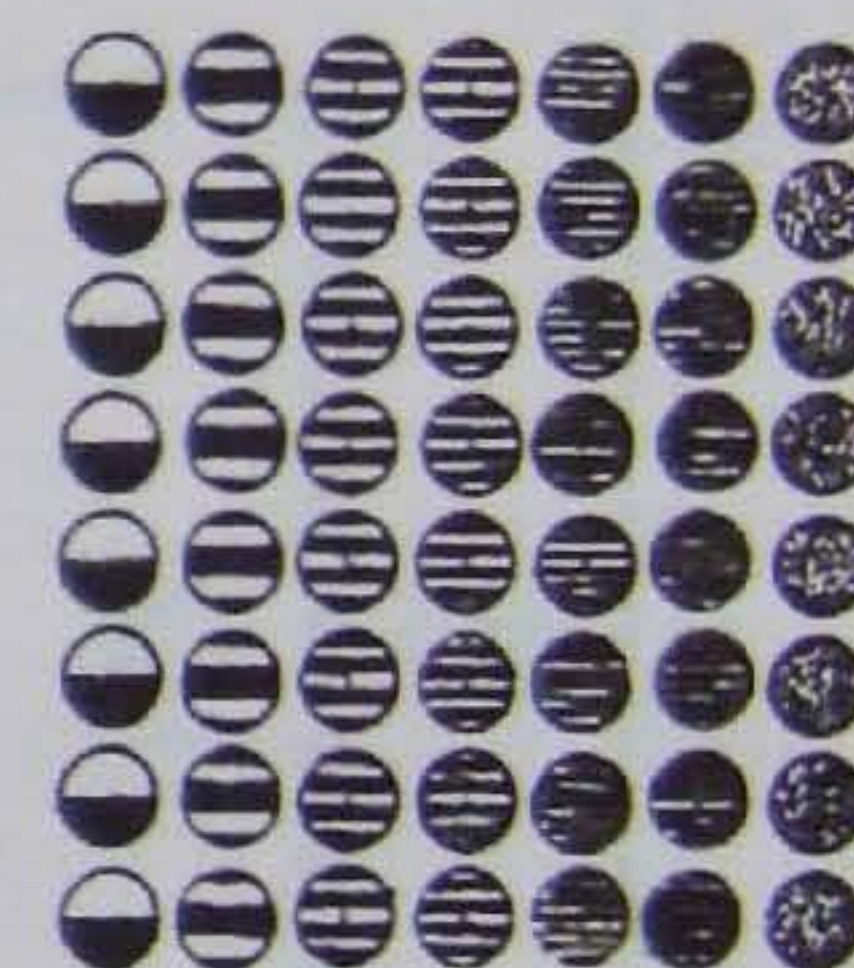
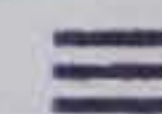
ORIENTATION



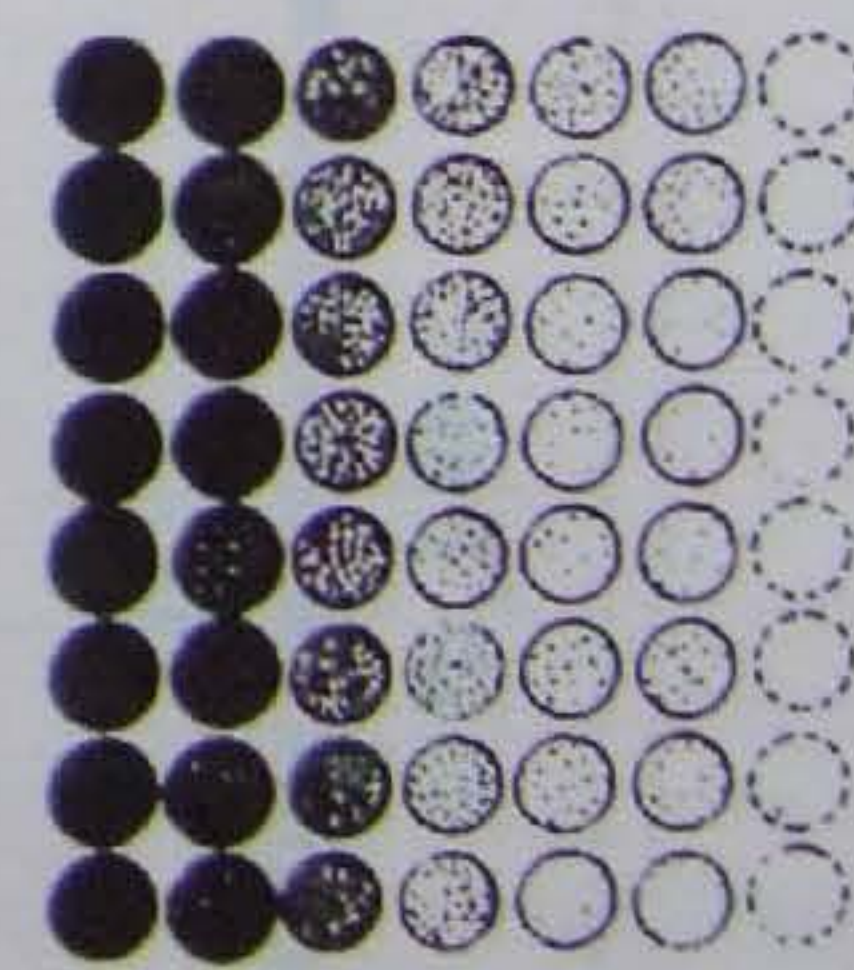
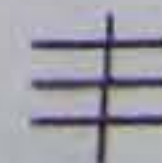
COULEUR



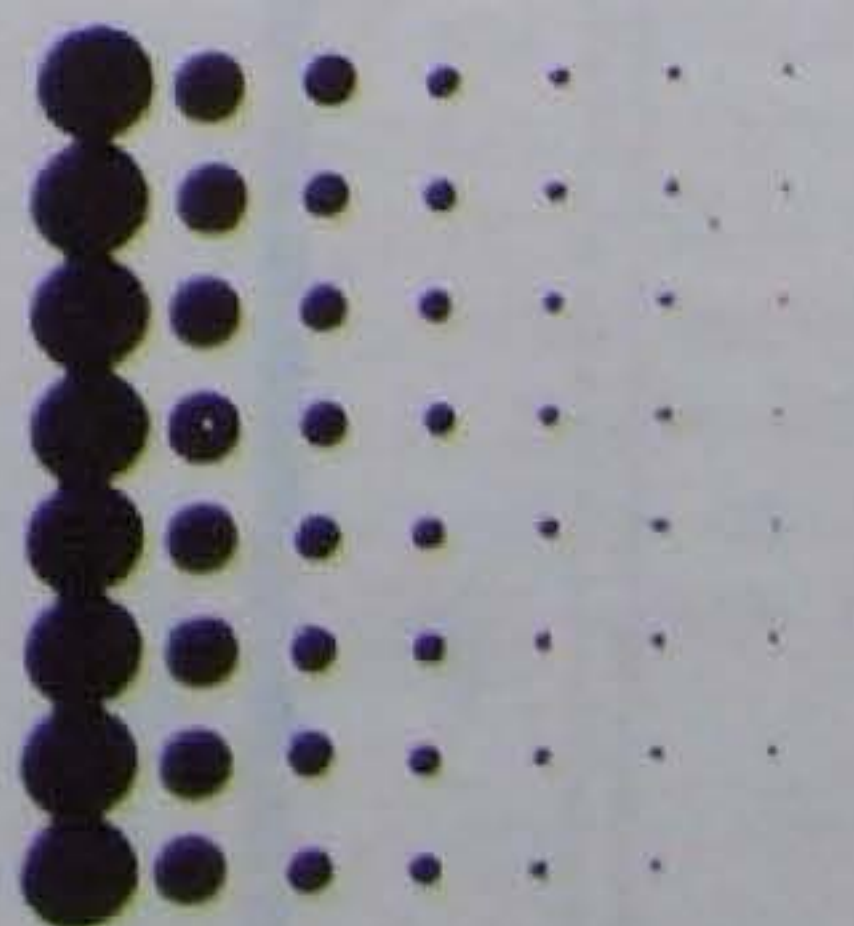
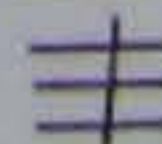
GRAIN



VALEUR



TAILLE

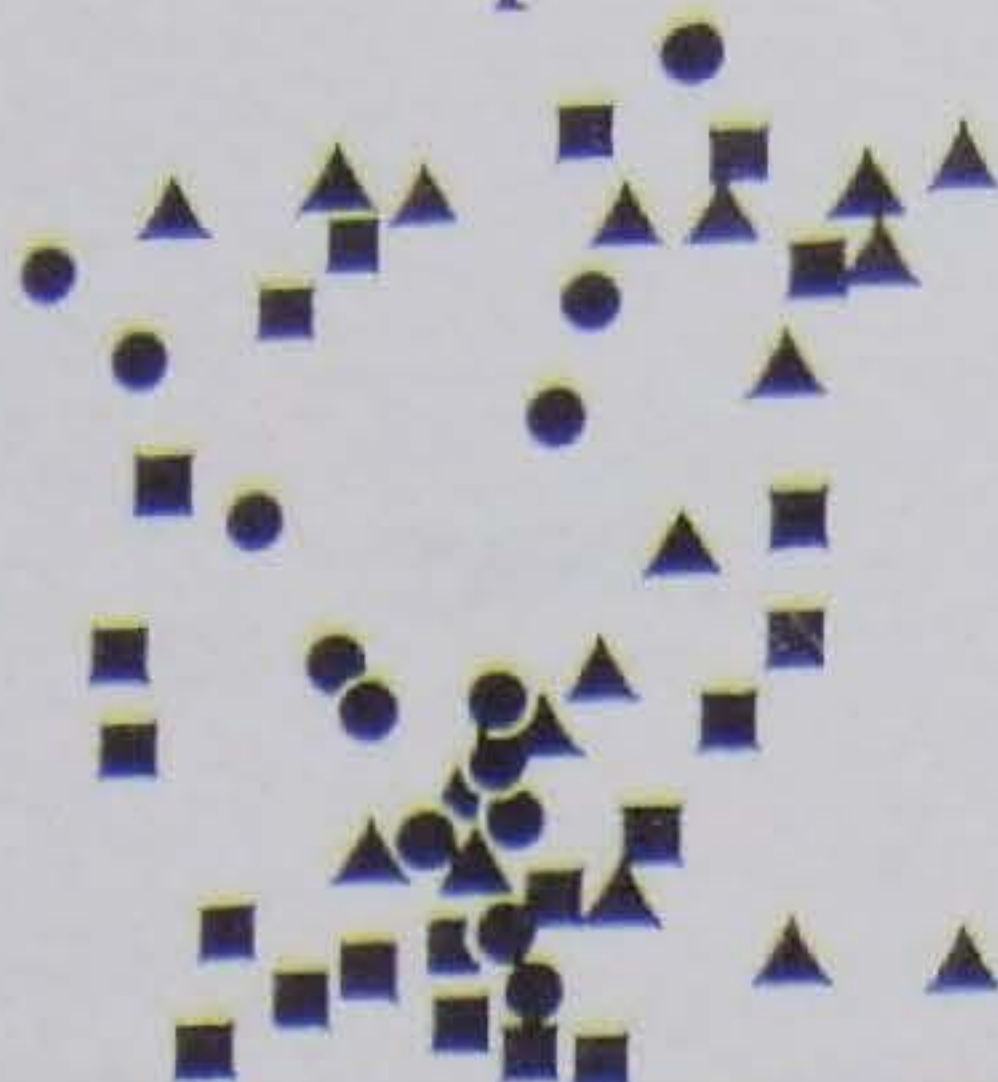




FORME

$\equiv$

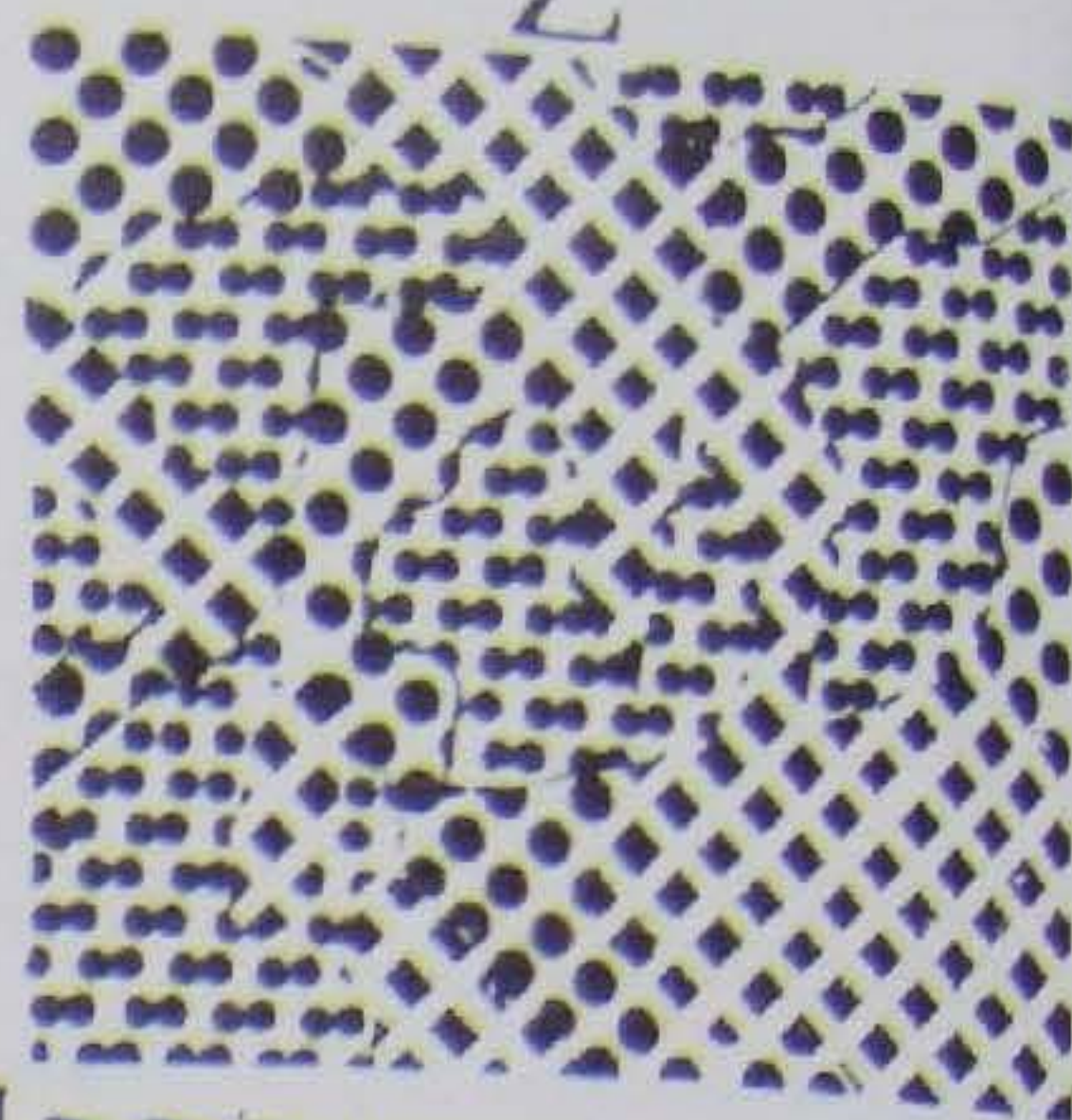
P



L

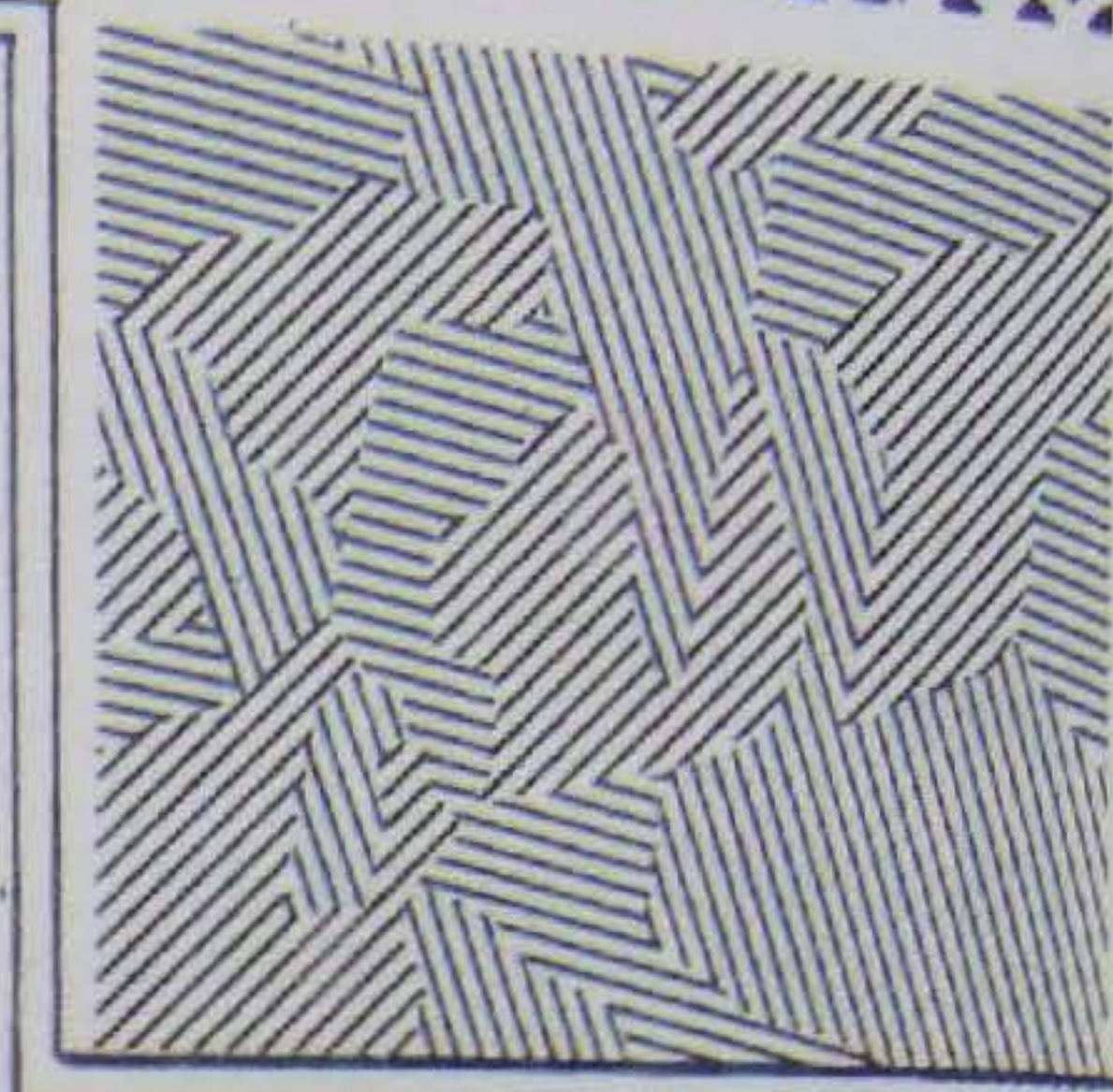
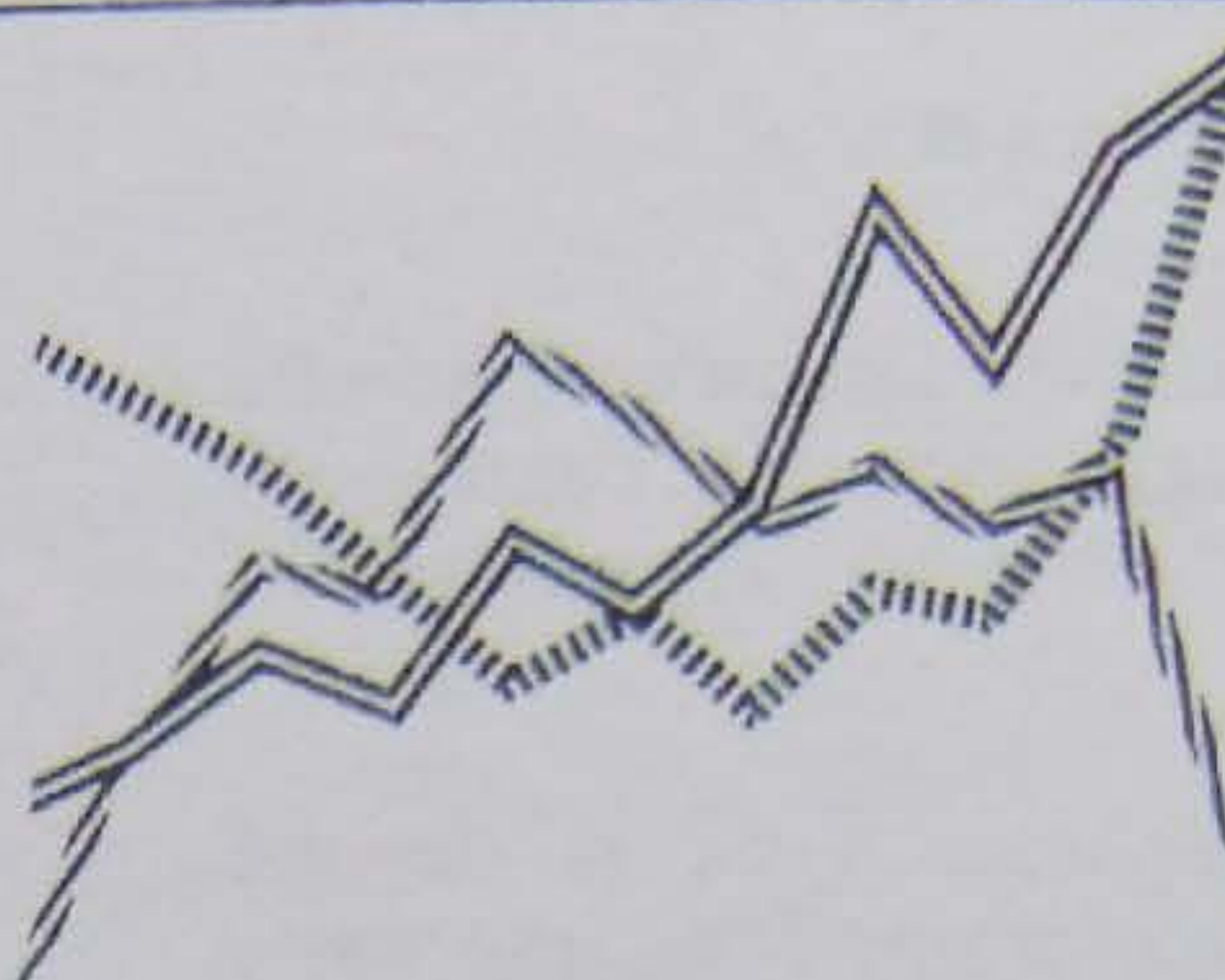
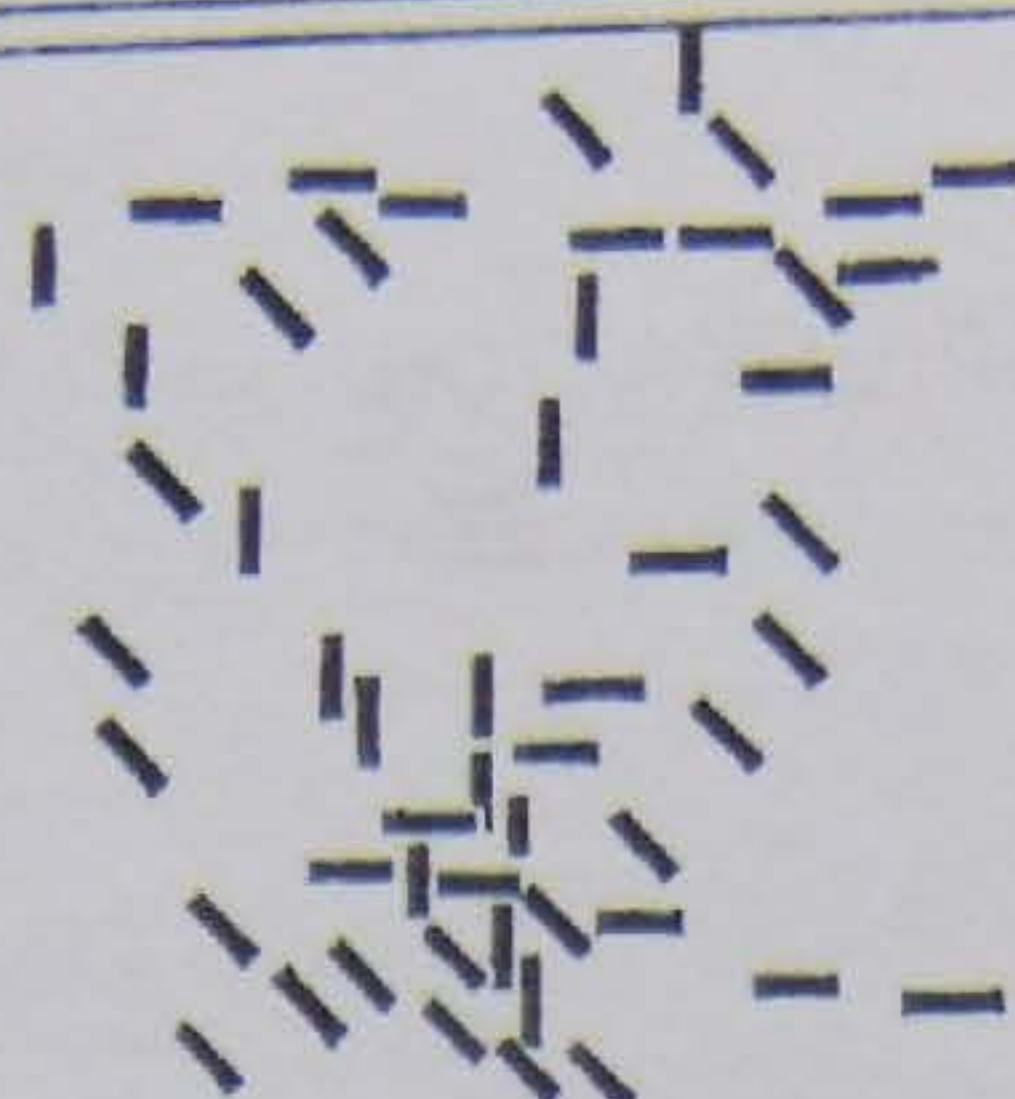


Z



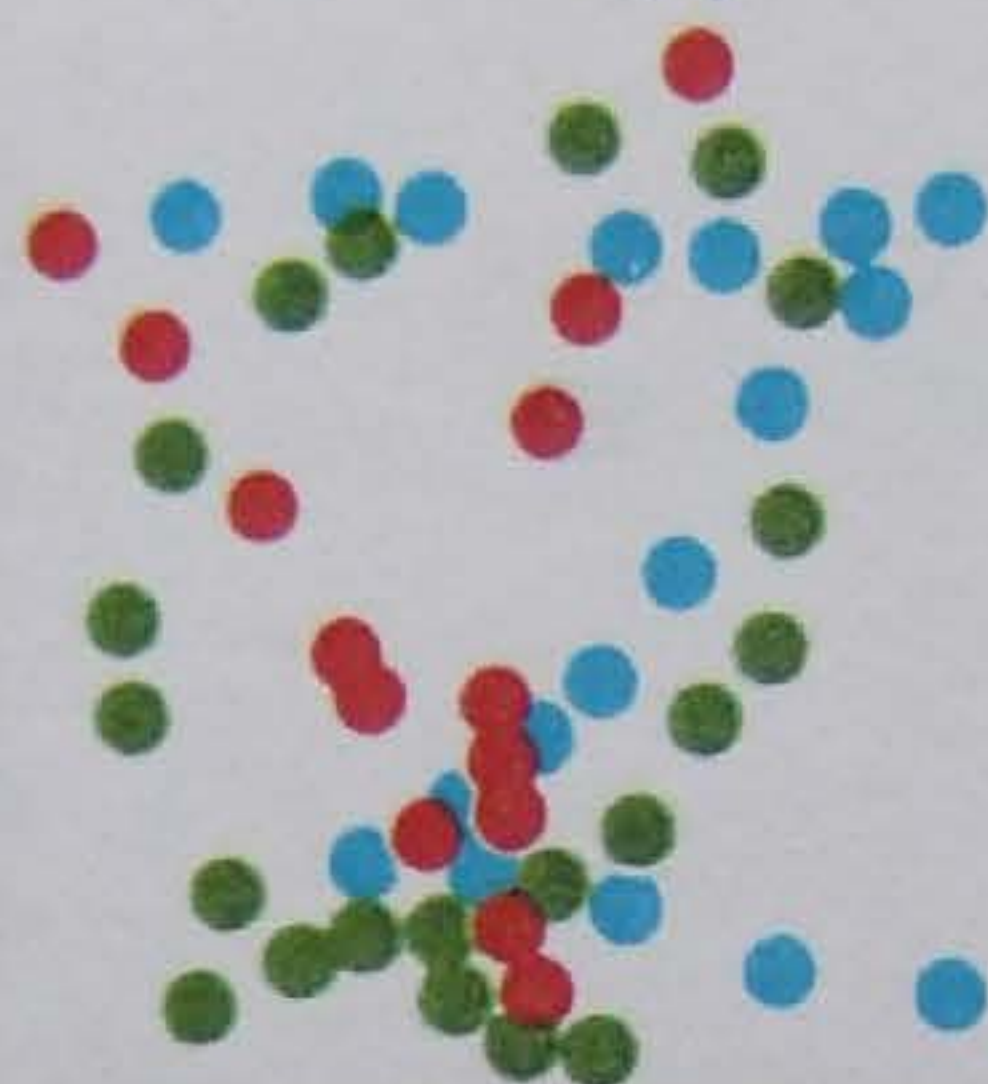
ORIENTATION

$\neq$



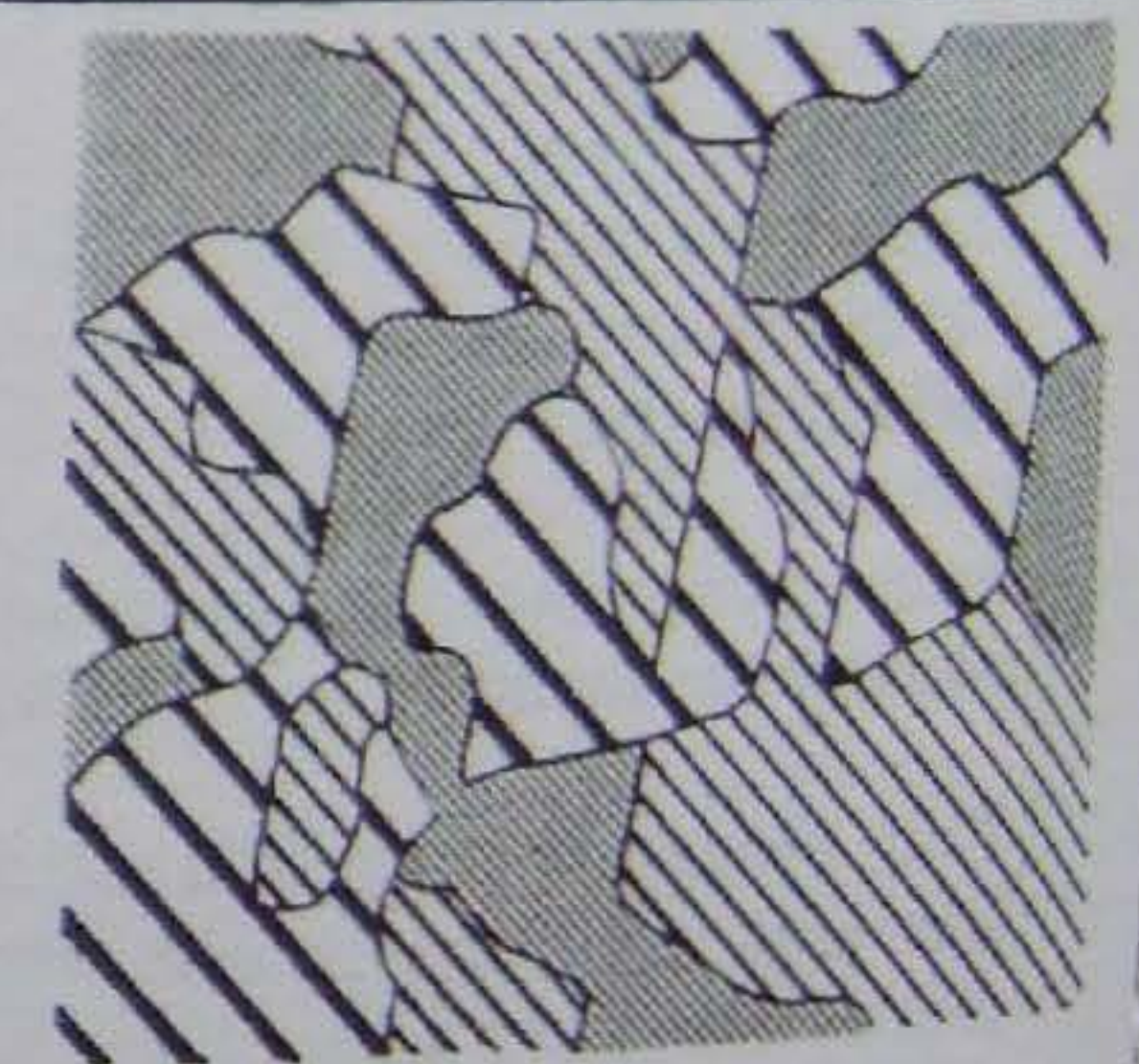
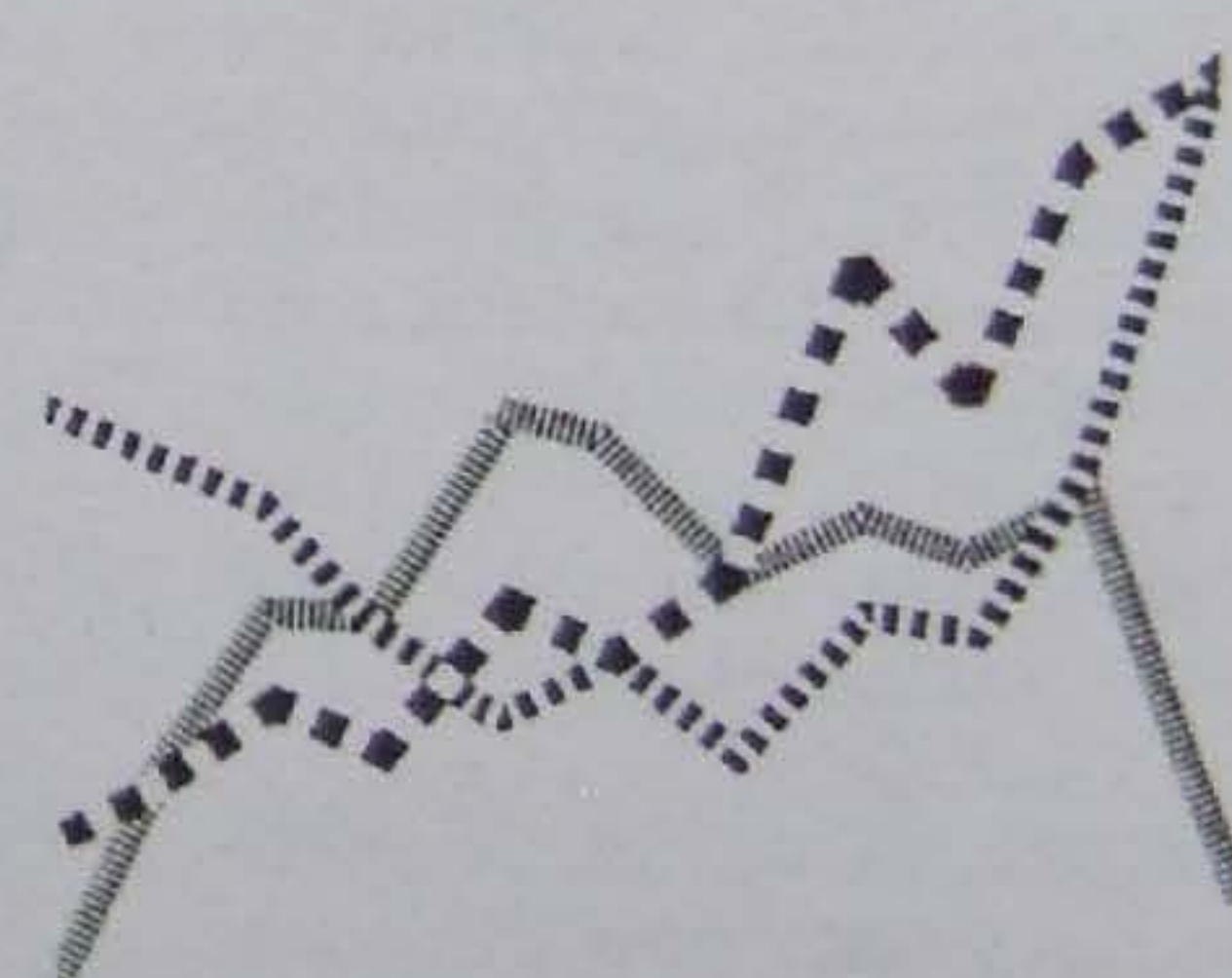
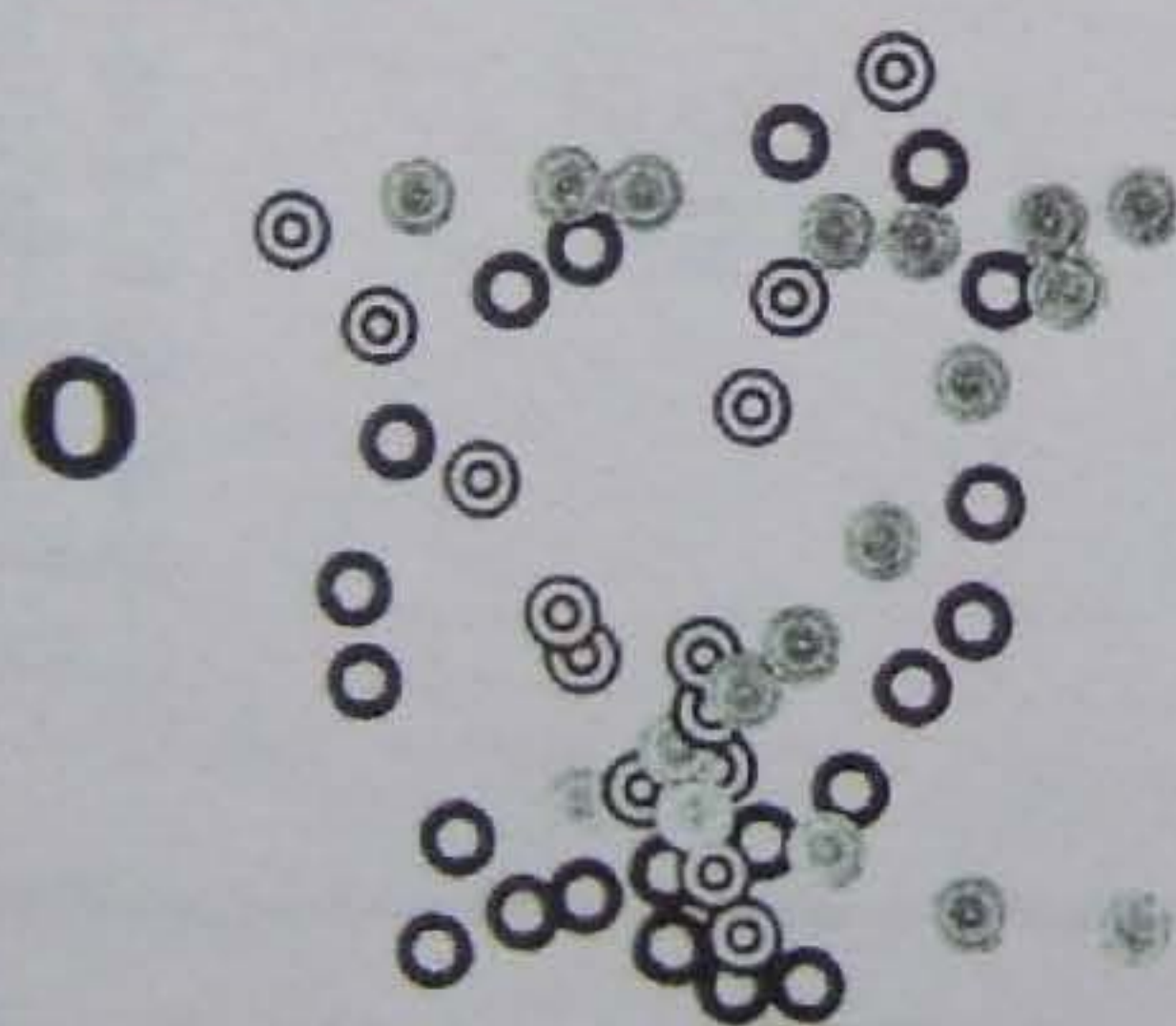
COULEUR

$\neq$



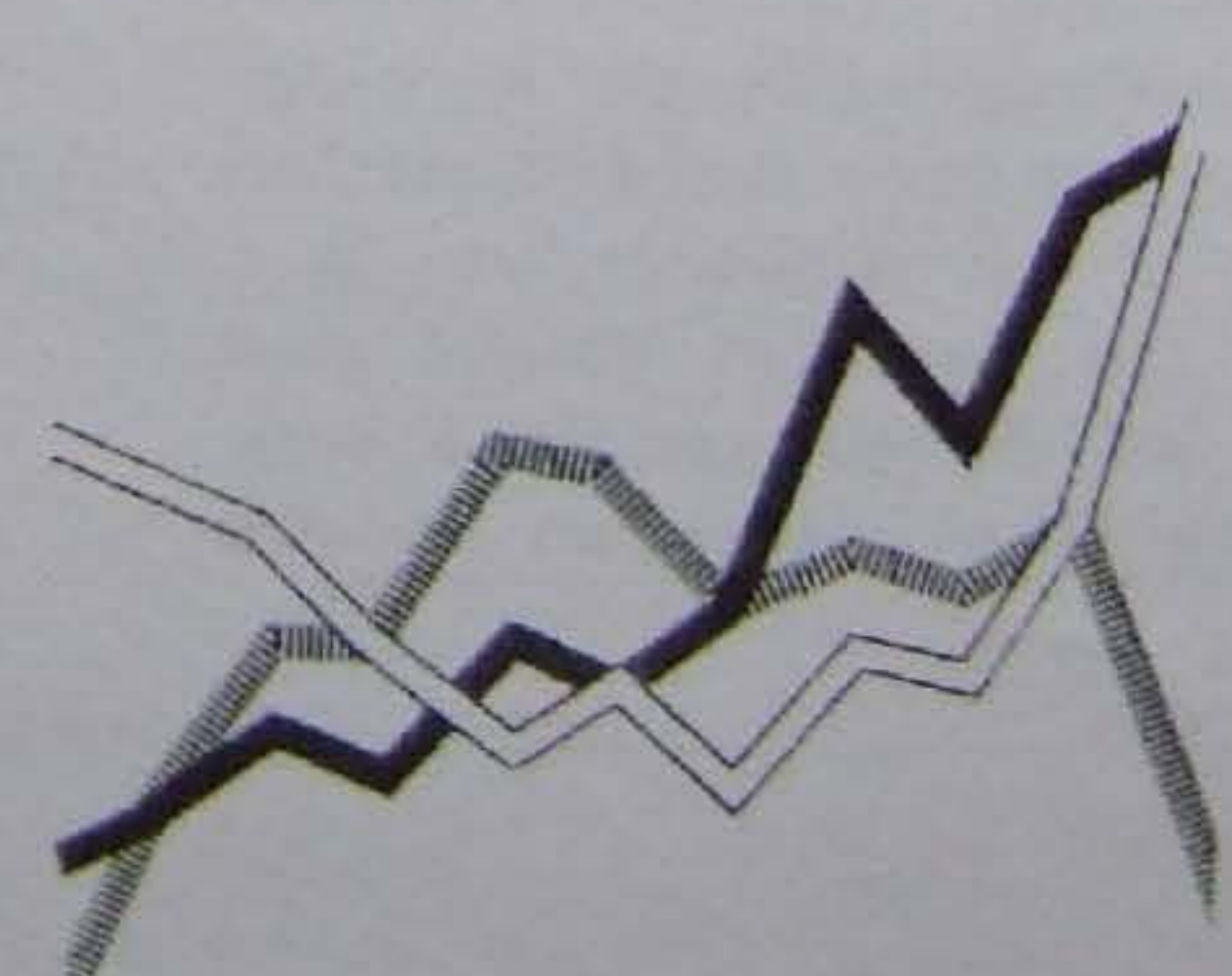
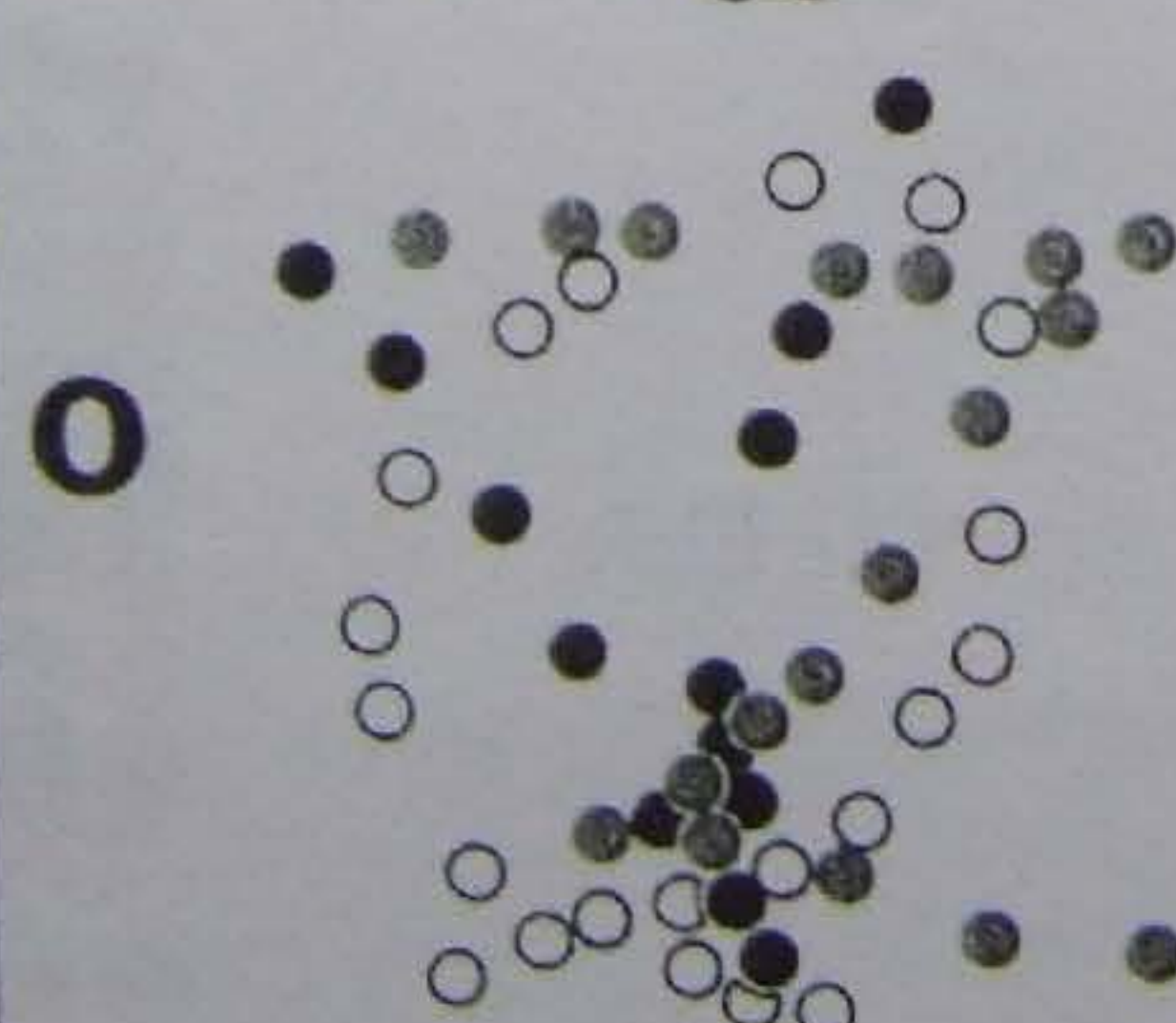
GRAIN

$\neq$



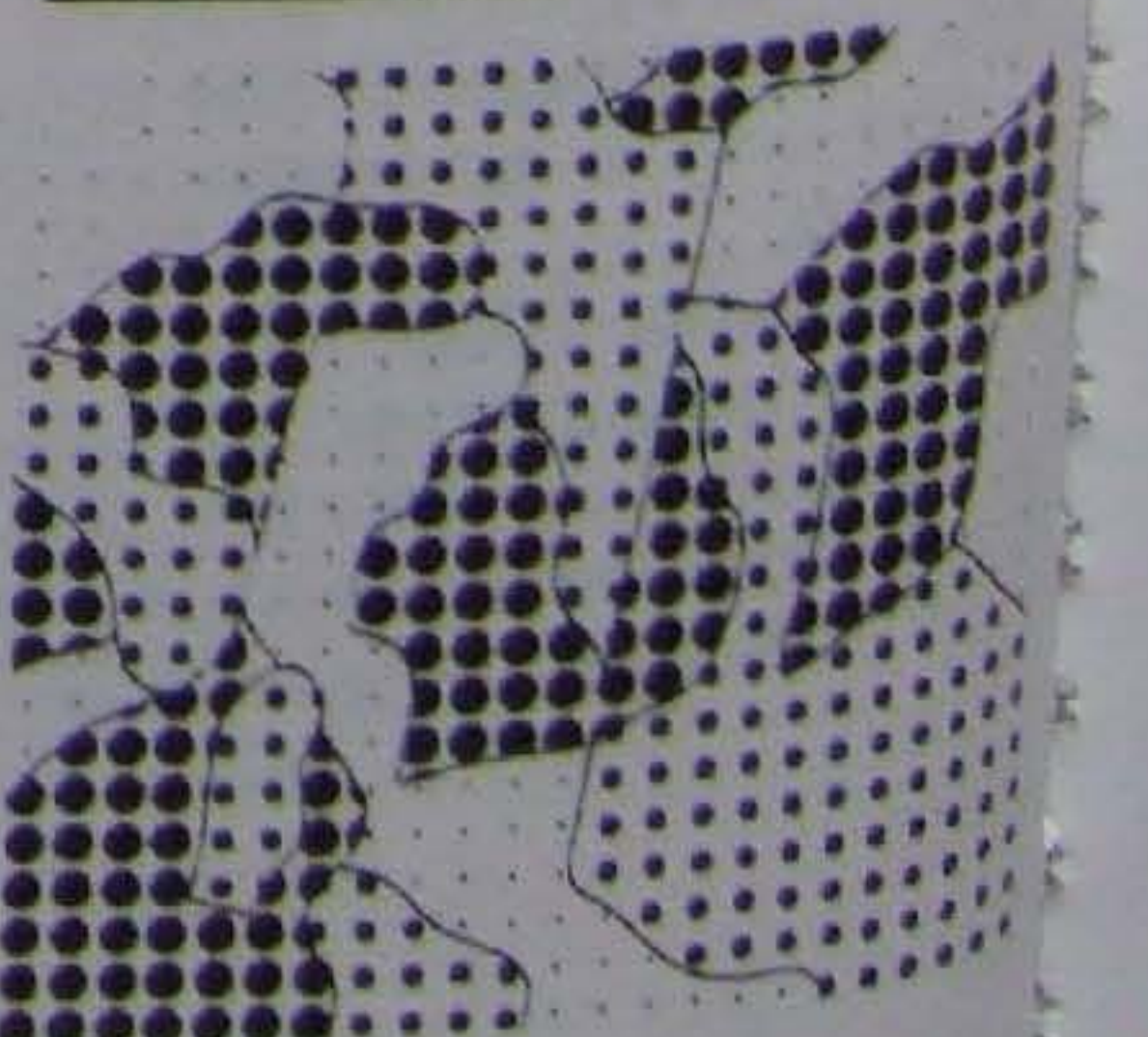
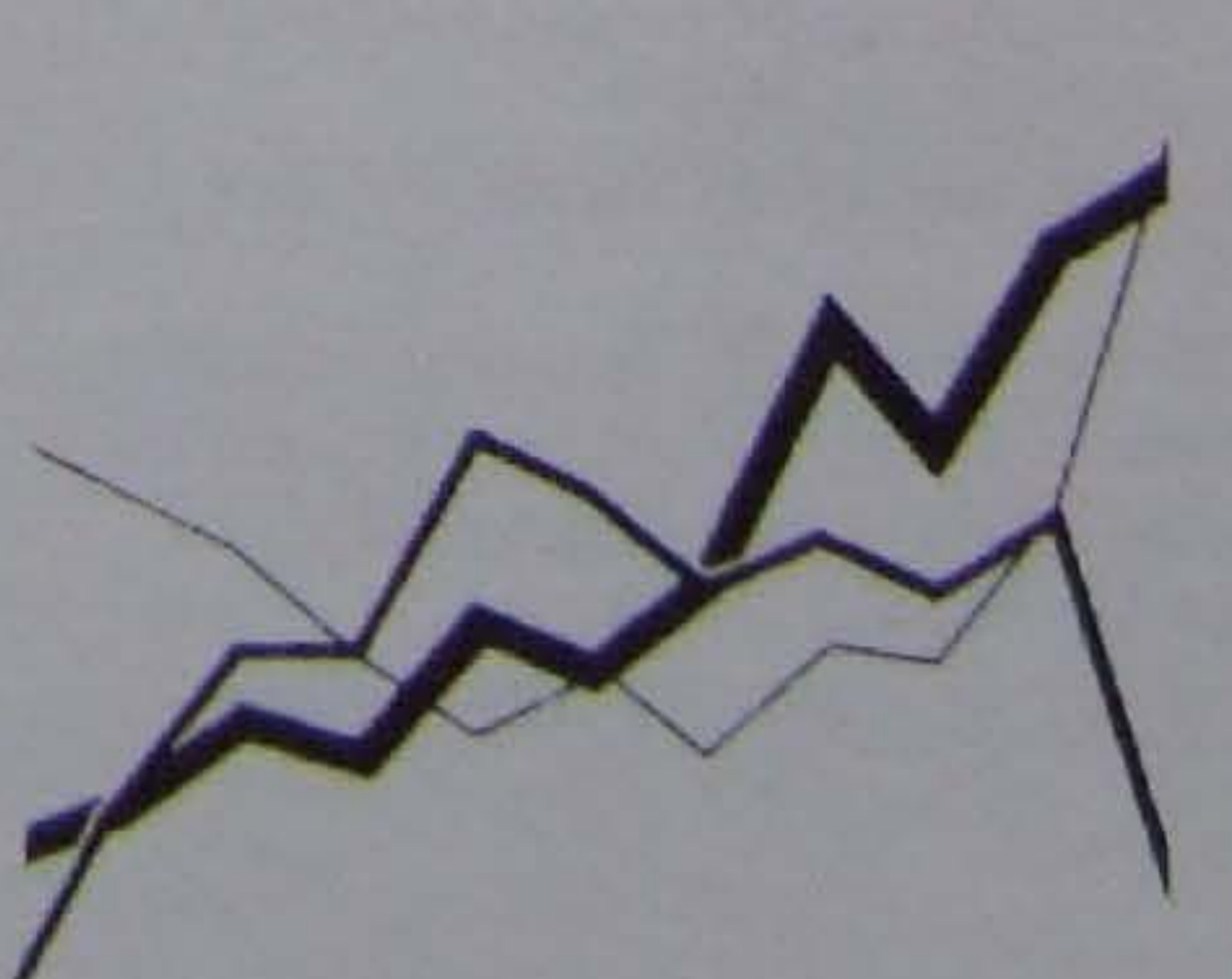
VALEUR

$\neq$

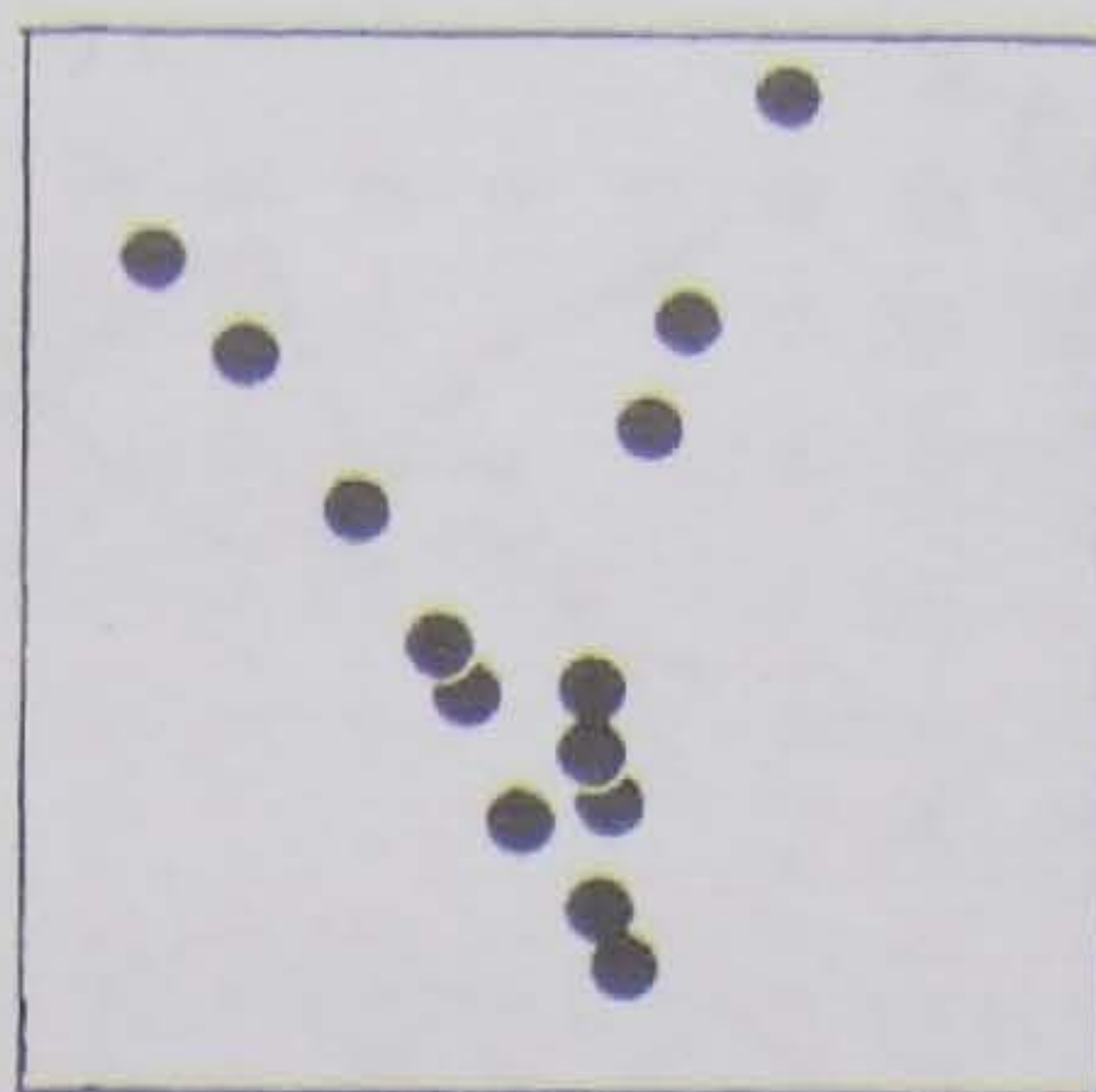
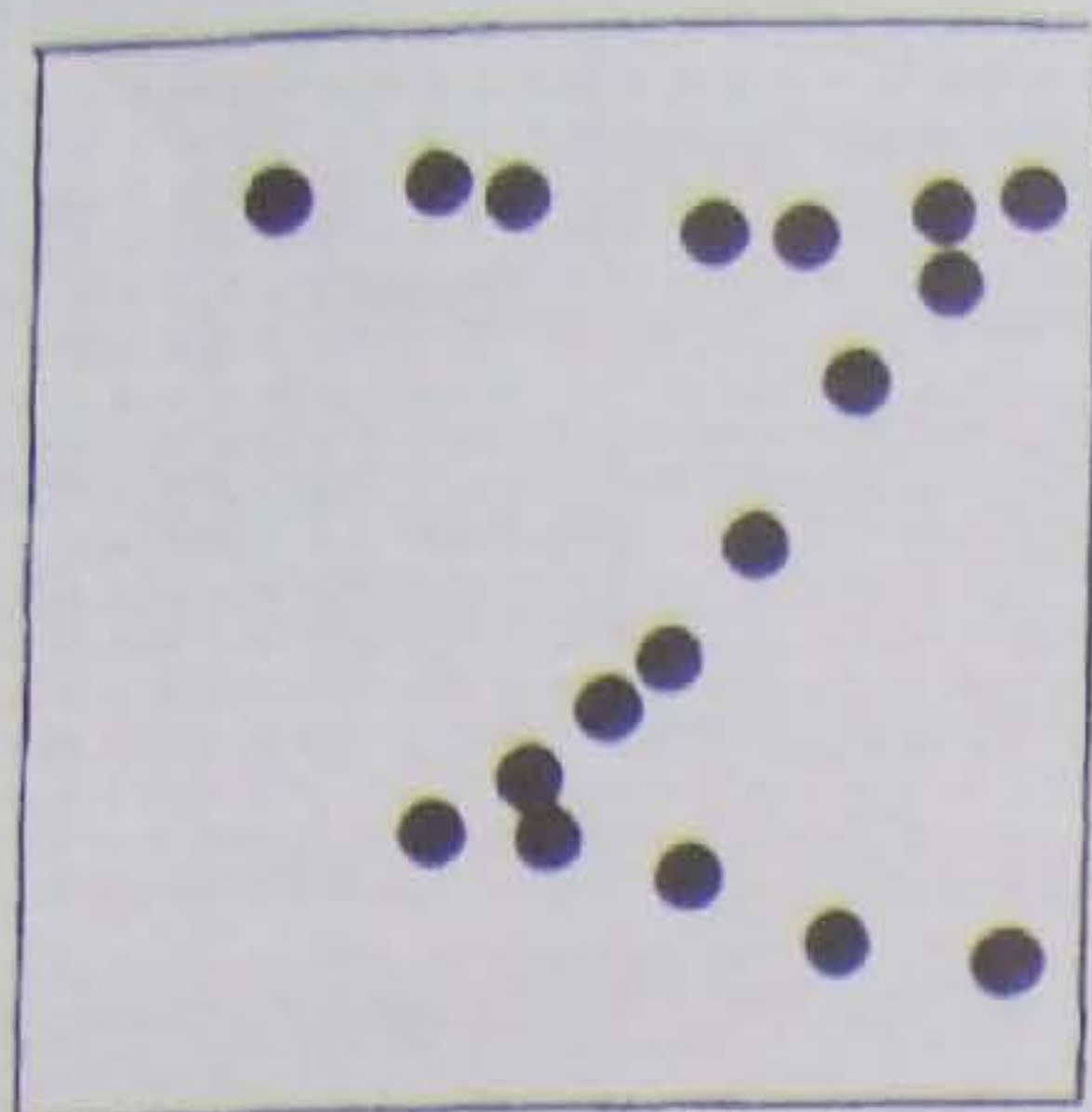


TAILLE

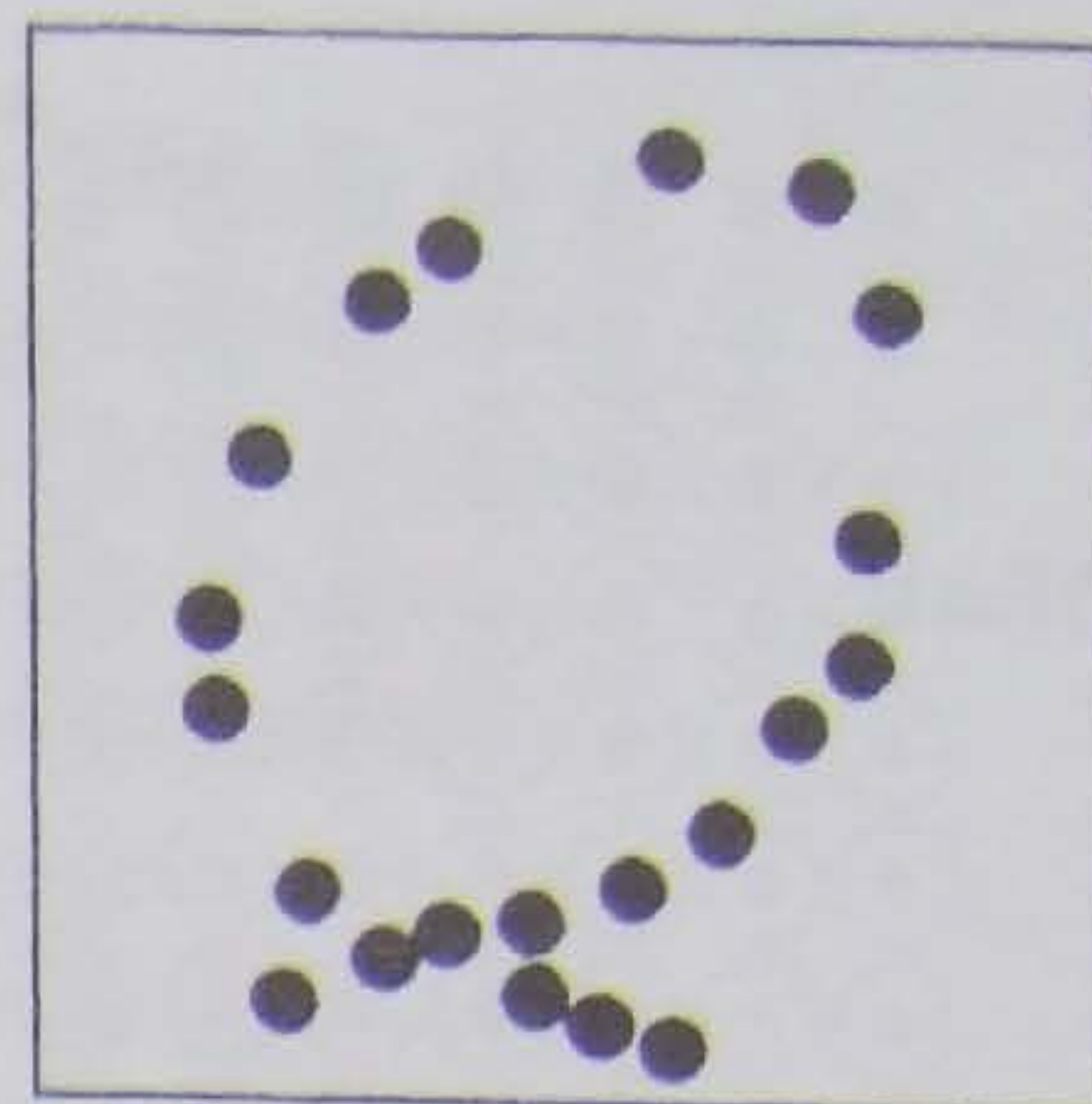
$\neq$







2



### LA PERCEPTION SÉLECTIVE ( $\neq$ ).

La perception sélective est utilisée lorsqu'on cherche à répondre à la question "telle catégorie où est-elle ?" L'œil doit alors isoler *tous* les éléments de cette catégorie, abstraire tous les autres signes et percevoir l'image formée par la catégorie cherchée.

Cette perception peut être *spontanée*. La variable est sélective et chaque catégorie forme une famille. Mais cette perception peut nécessiter une recherche signe par signe et la variable n'est pas sélective.

*Test.* Dans chacune des images ci-contre on cherchera à isoler tous les signes d'une même catégorie puis à reconnaître et à mémoriser l'image qu'ils forment ensemble.

Dans les trois implantations la forme n'est pas sélective, ni l'orientation en implantation zonale.

La meilleure sélection visuelle sera toujours celle qui est fournie par le plan (2).

### LA PERCEPTION ORDONNÉE (O).

La perception ordonnée est utilisée lorsque l'on cherche à comparer deux ou plusieurs ordres : "L'ordre géographique des taux de naissance est-il semblable à celui des taux de décès ?"

"Le classement des départements suivant les quantités totales d'habitants est-il semblable au classement suivant les quantités de population tertiaire, de population agricole ?"

Cette comparaison peut être *spontanée* : la variable est ordonnée. Mais elle peut exiger une analyse minutieuse, point par point, de toutes les correspondances : la variable n'est pas ordonnée.

*Test.* Lorsqu'une variable est ordonnée, il n'est pas

nécessaire de consulter la légende pour ordonner les catégories. Il est évident que ceci est avant cela et après cet autre. Le meilleur test est donc de demander au lecteur de rétablir spontanément dans chaque variable l'ordre universel des signes.

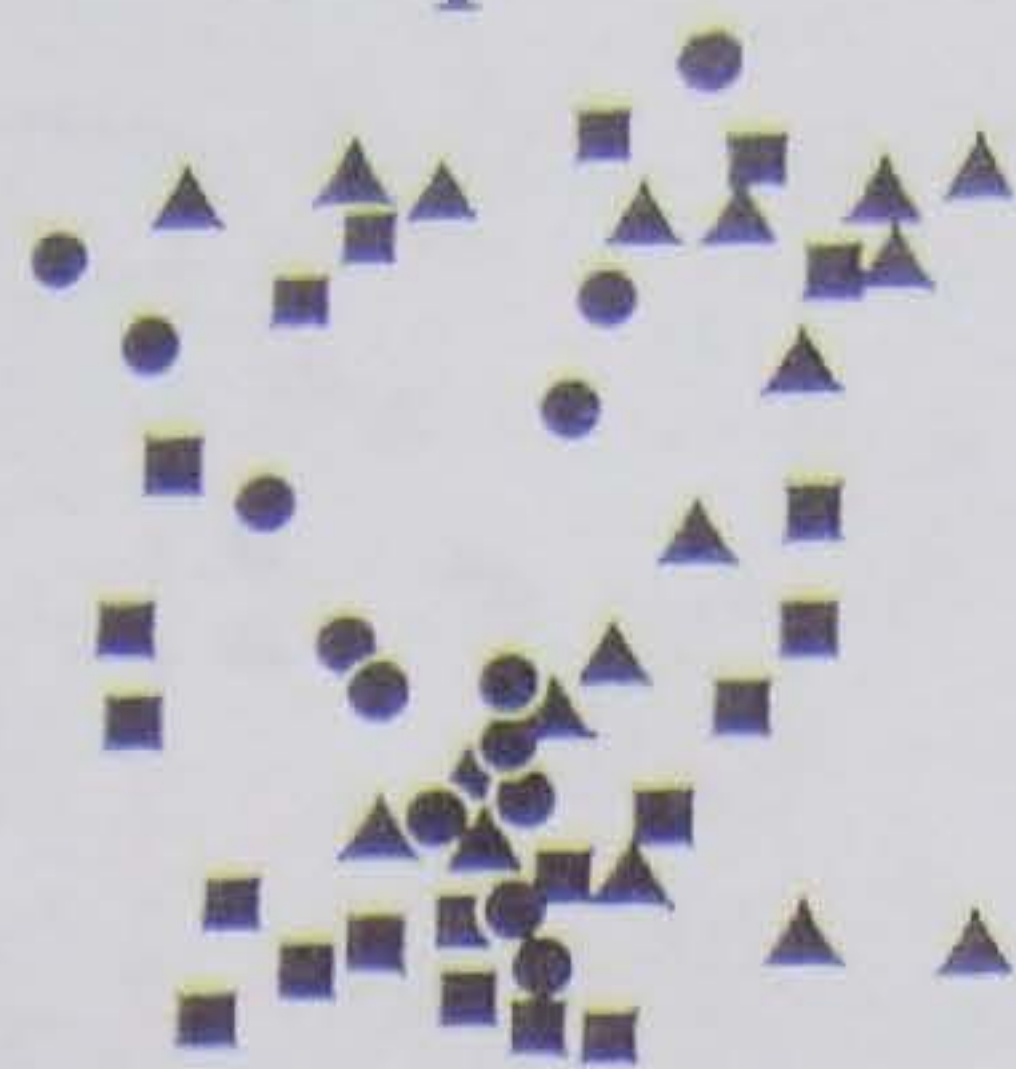
Devant les graphiques ci-contre il est évident que les formes, les orientations, les couleurs (valeur exclue) ne sont pas ordonnées. Chacun peut établir un ordre quelconque, aucun ne s'impose spontanément.

Par contre le grain, la valeur et la taille imposent à tous un ordre immédiatement sensible et universel. Grain, valeur et taille sont ordonnés dans toutes les implantations.

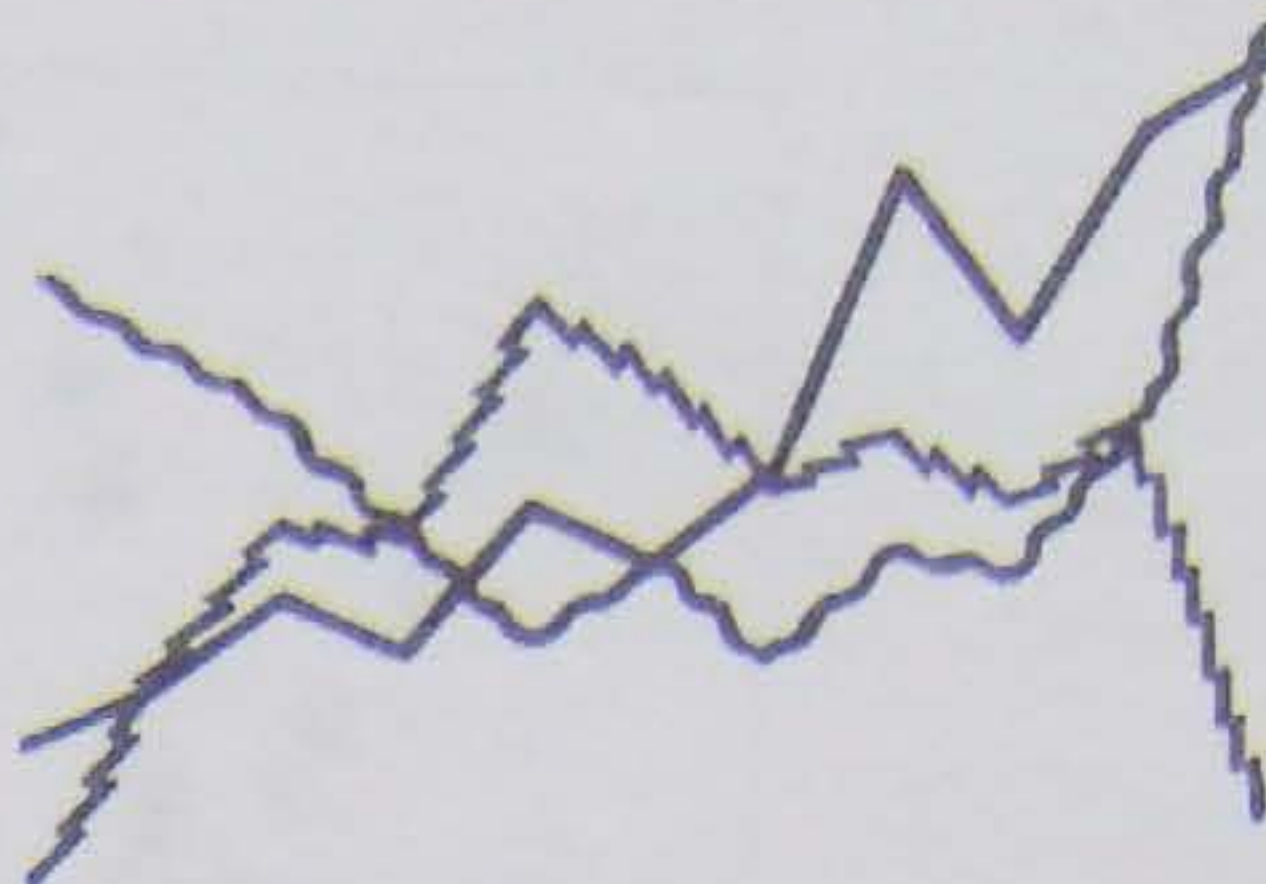


FORME

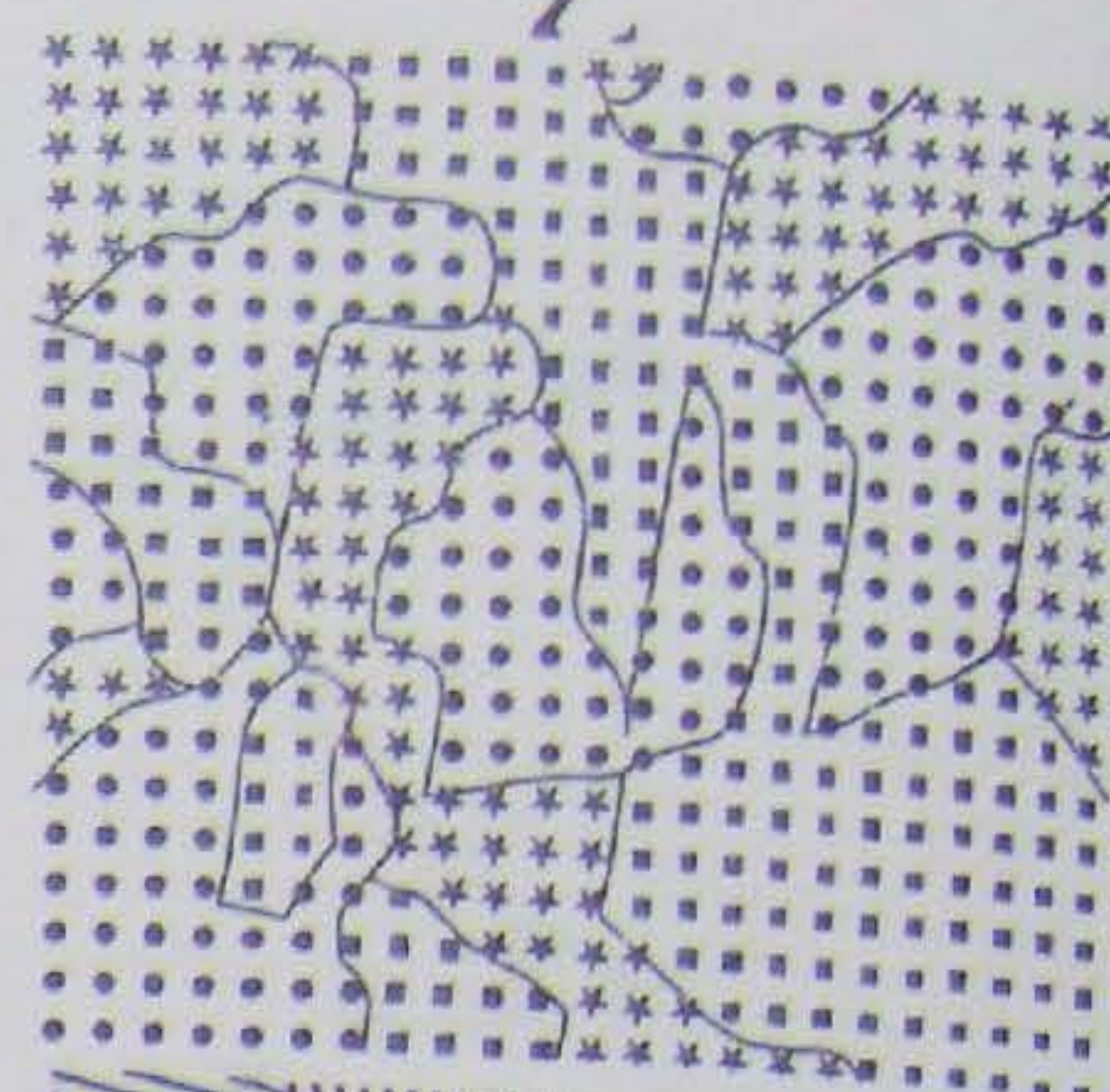
P



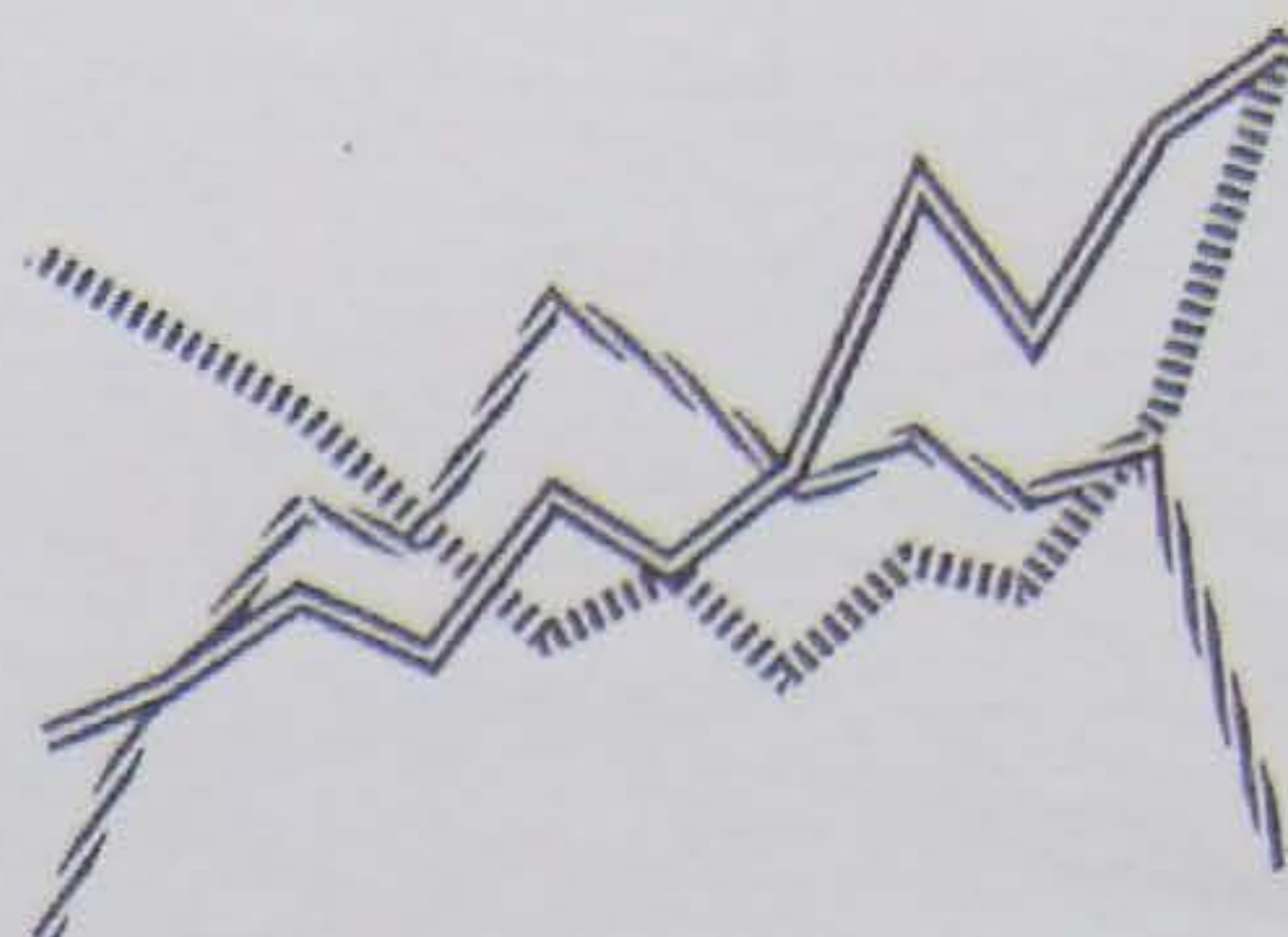
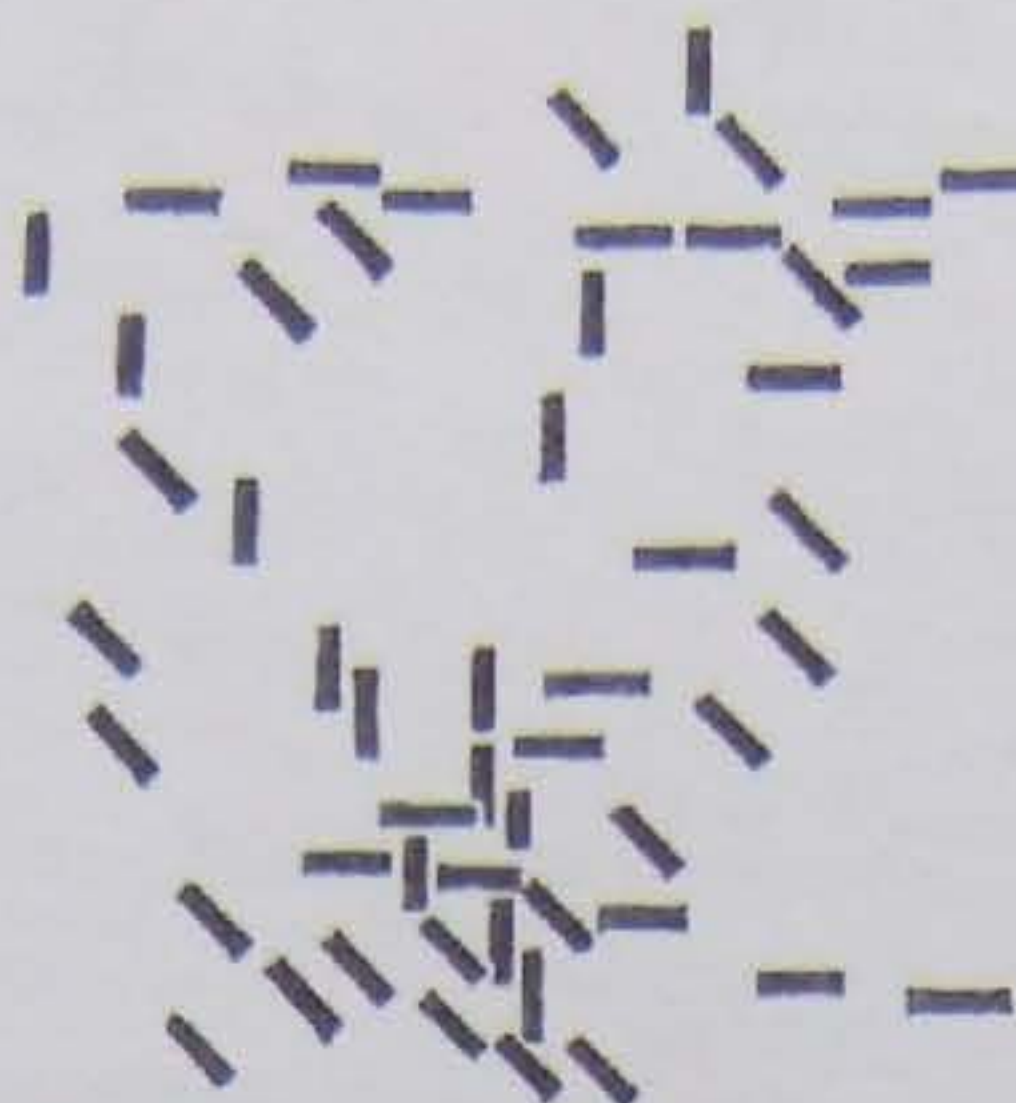
L



Z



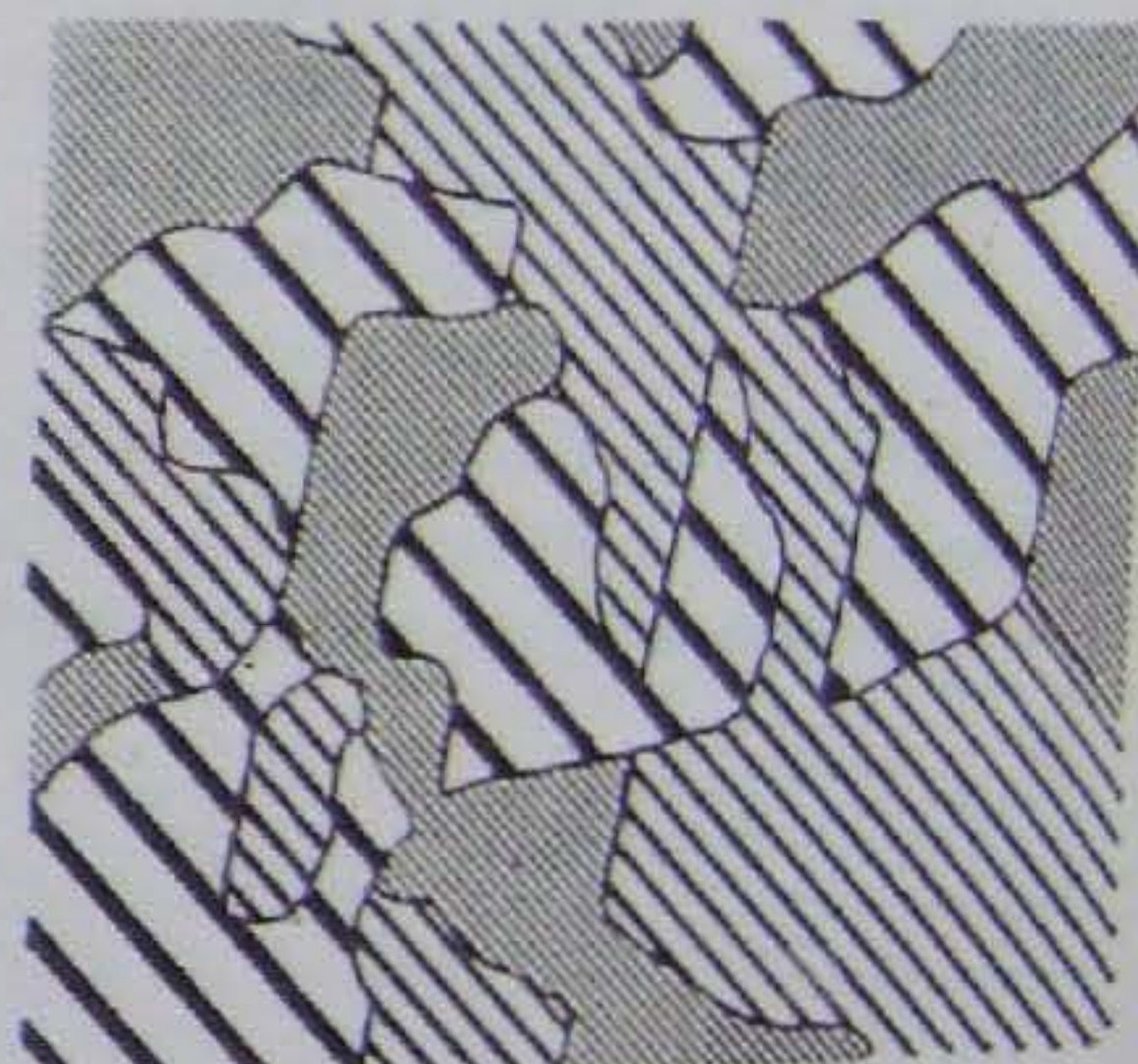
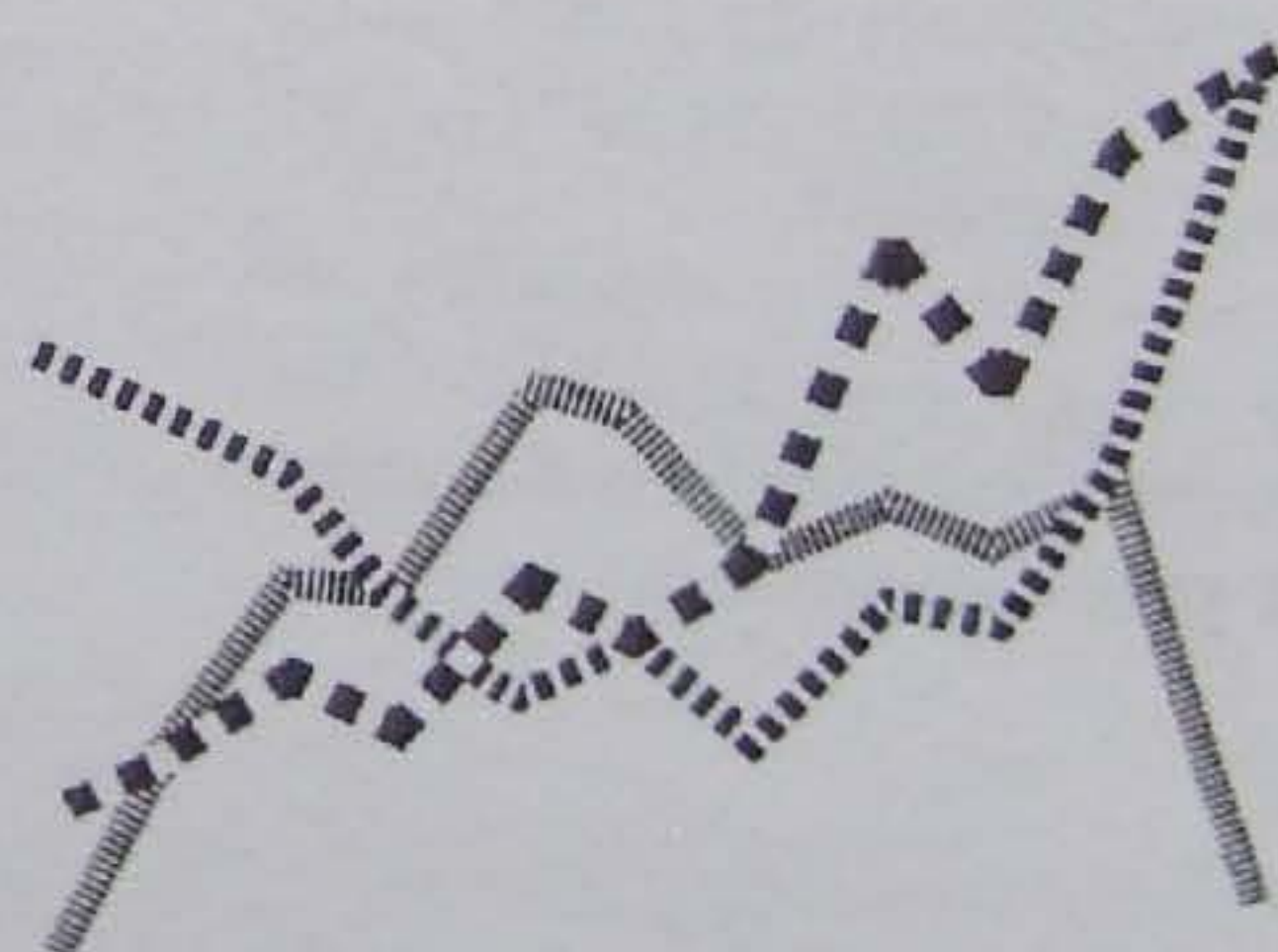
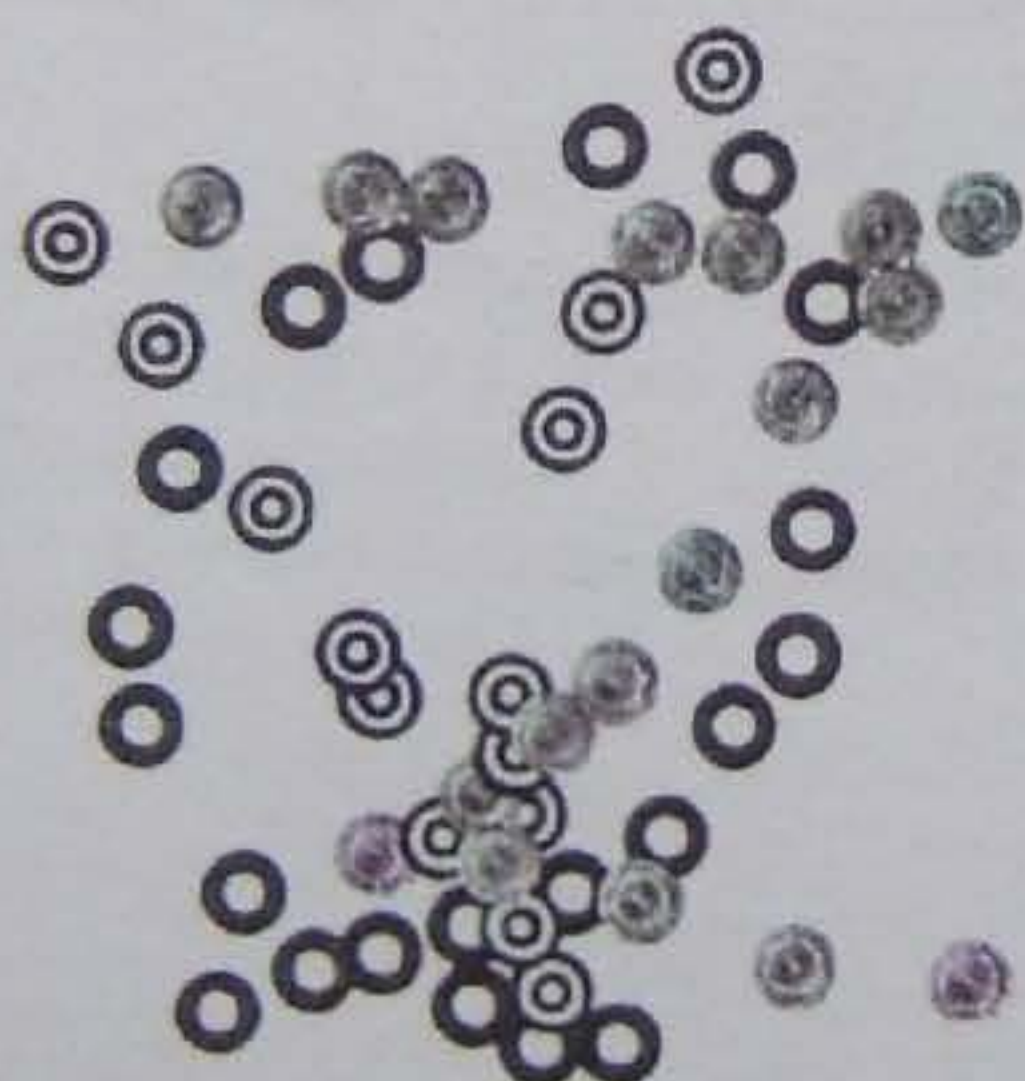
ORIENTATION



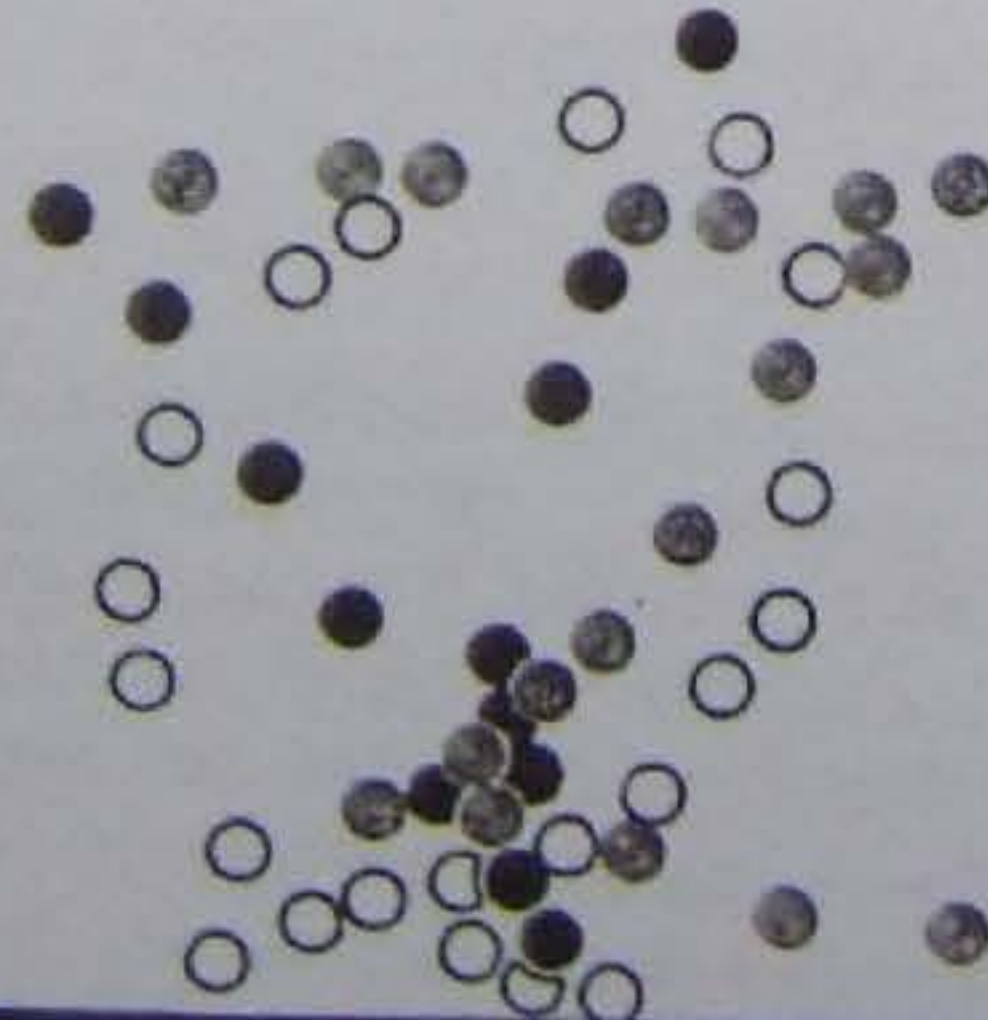
COULEUR



GRAIN

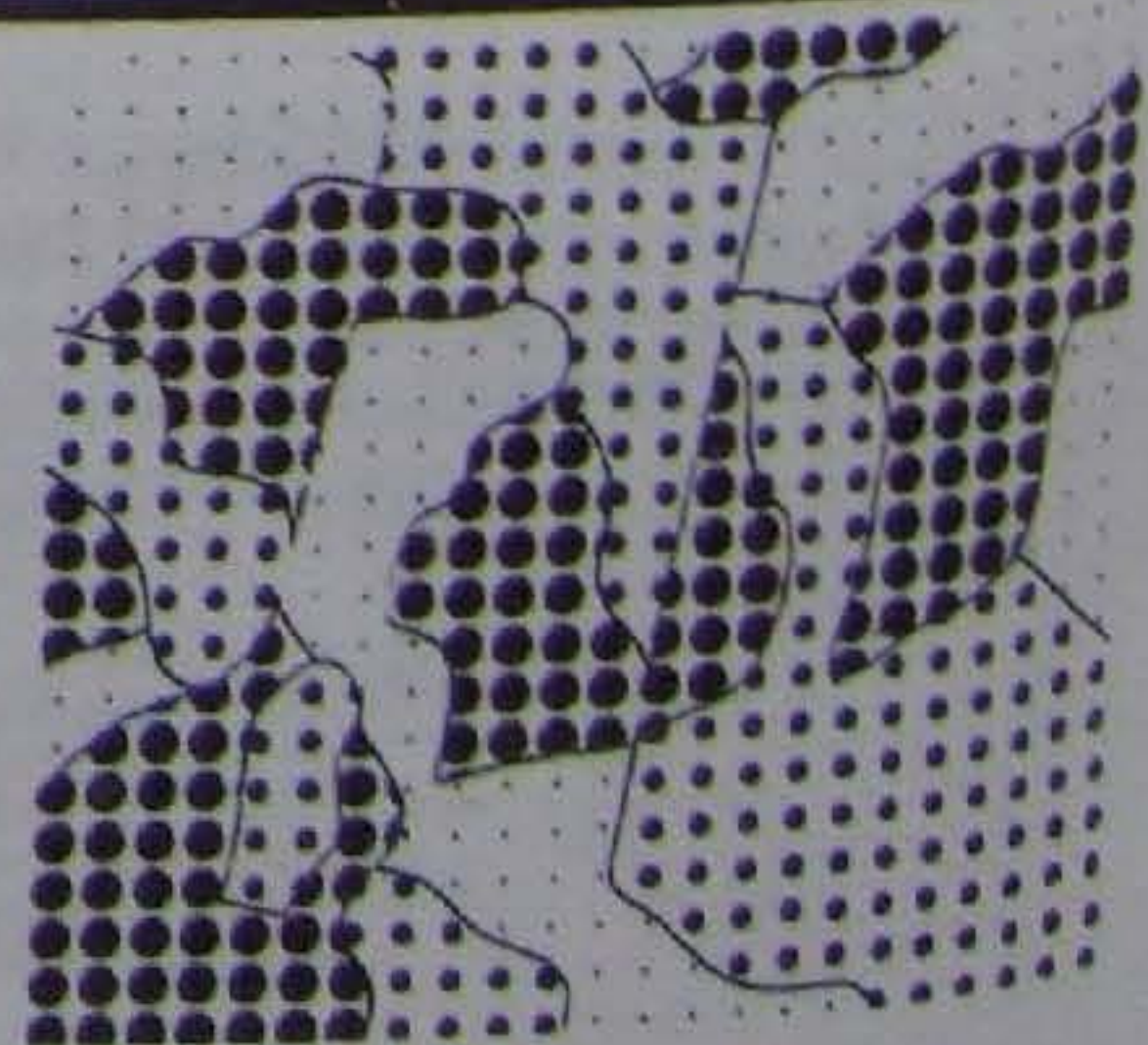
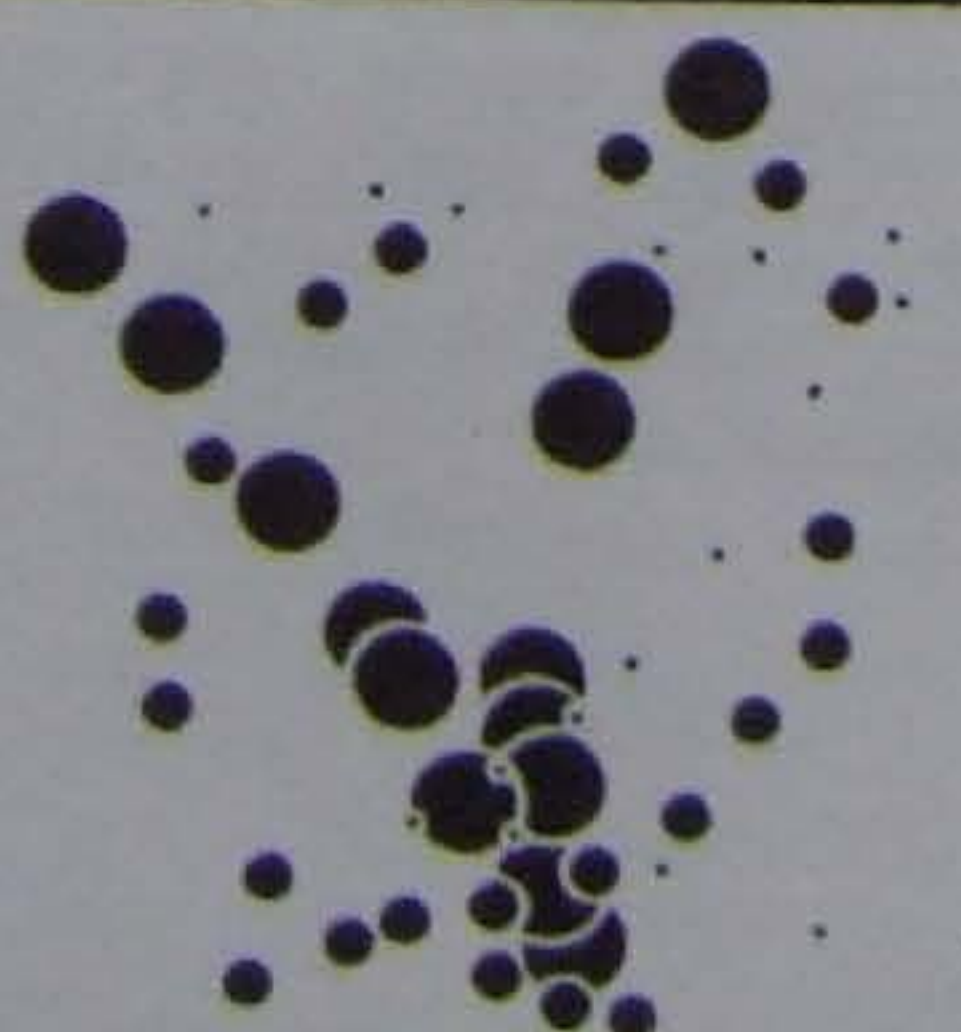


VALEUR

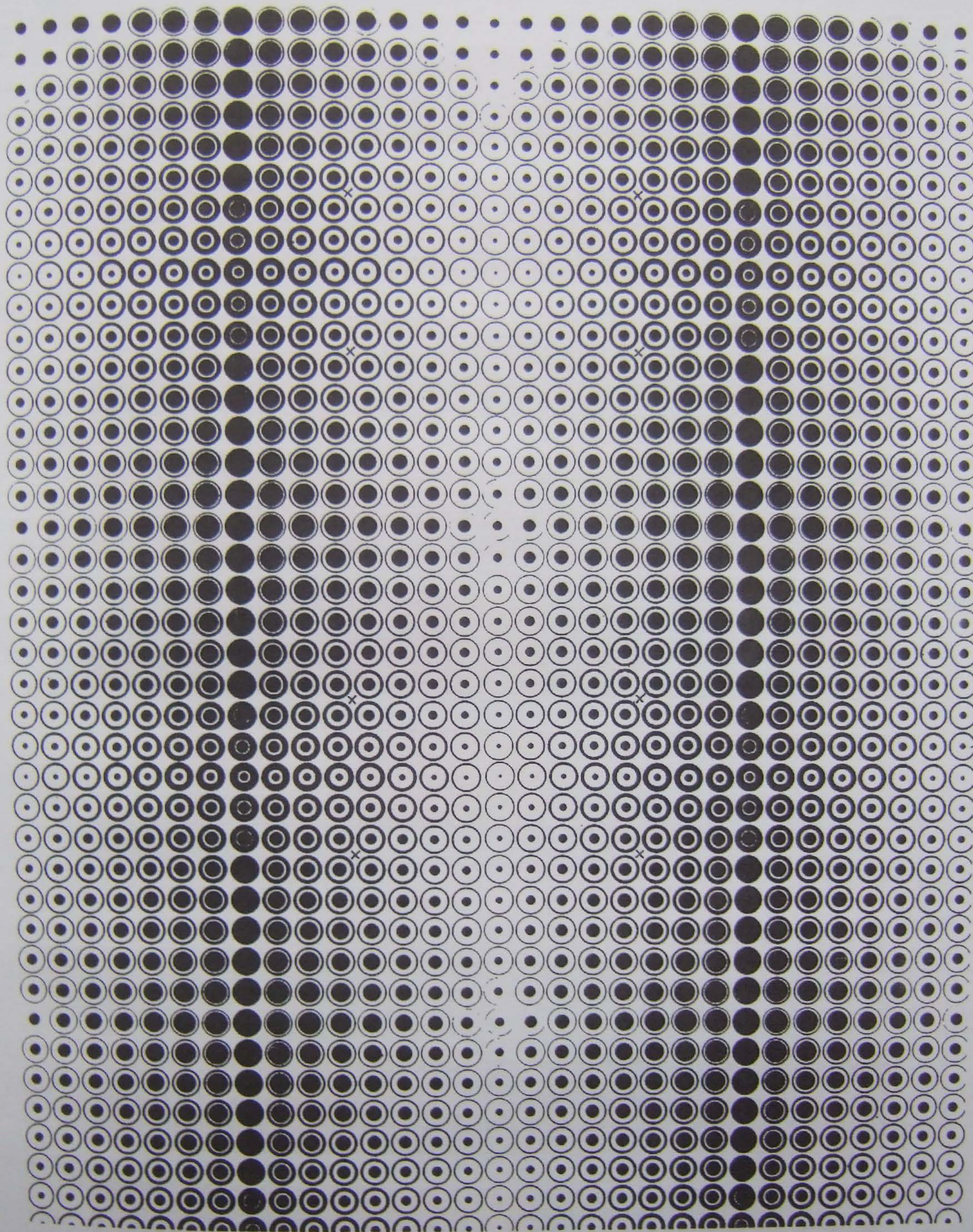


TAILLE

Q

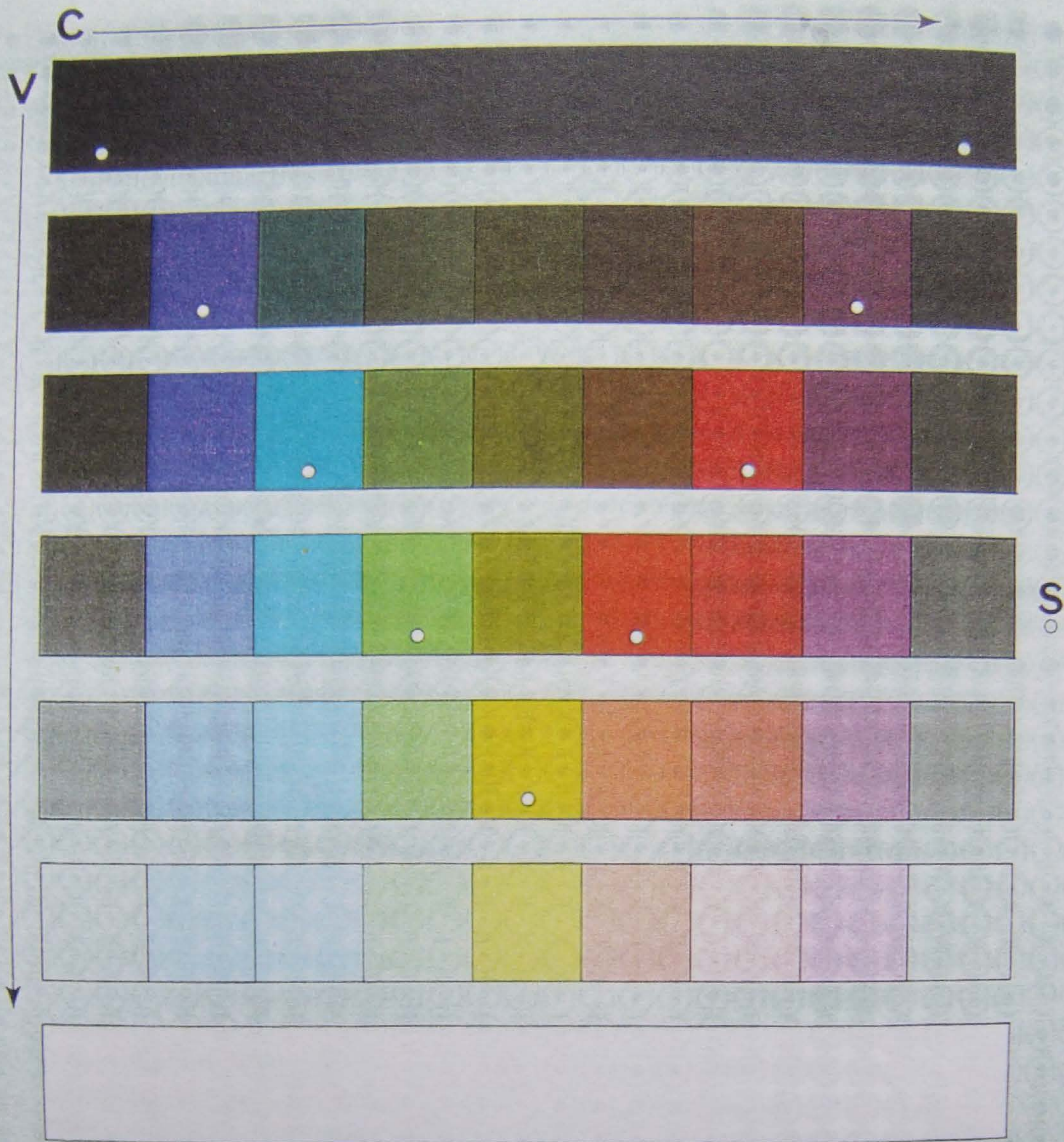






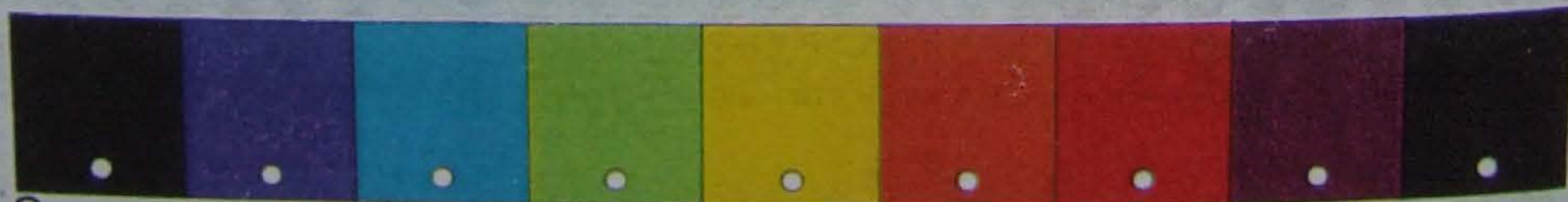


(1)



V constant

(2)



S maximum

(3)



## LA PERCEPTION QUANTITATIVE (Q).

La perception quantitative est utilisée :

1°) lorsqu'on cherche à définir par des nombres le rapport entre deux signes;

2°) lorsqu'on cherche à grouper des signes homogènes c'est-à-dire présentant des "distances" quantitatives faibles, et à définir ainsi les paliers naturels résultant d'un comptage.

*Test.* - Lorsque la perception est quantitative, le rapport numérique entre deux signes est immédiat et ne nécessite aucun recours à la légende, il apparaît spontanément au lecteur : ceci est double, est 8 fois cela. Le meilleur test sensible sera donc de demander au lecteur

la valeur du signe supérieur lorsqu'il attribue la valeur 1 au signe inférieur.

Il apparaît immédiatement que *seule la variation de taille est quantitative.*

La variation de valeur ne l'est pas. Le blanc ne peut servir d'unité pour mesurer le gris, ni celui-ci pour mesurer le noir.

La variation de grain ne l'est pas non plus, l'absence de grain (ou le grain invisible) ne peut servir d'unité pour mesurer un grain grossier. Cependant, entre deux grains grossiers, on peut apprécier un rapport quantitatif.

Il faut rappeler que la perception quantitative est ici, comme dans le plan, une approximation correcte mais pas une mesure précise.

## CLASSEMENT DES VARIABLES VISUELLES.

L'ensemble de ces constatations peut être résumé dans le tableau (2). Les niveaux d'organisation et les attitudes perceptives ordonnent les variables visuelles dans une suite impérative : dimension du plan - taille - valeur - grain - couleur - orientation - forme - et l'on peut parler de variables d'un niveau supérieur, c'est-à-dire qui possèdent un plus grand nombre de propriétés perceptives. C'est donc une donnée fondamentale dans le choix d'une représentation graphique.

On remarquera cependant qu'aucune variable rétinienne n'a, comme le plan, toutes les propriétés et que le caractère inclusif des propriétés est perturbé par l'associativité, absente dans la taille et la valeur.

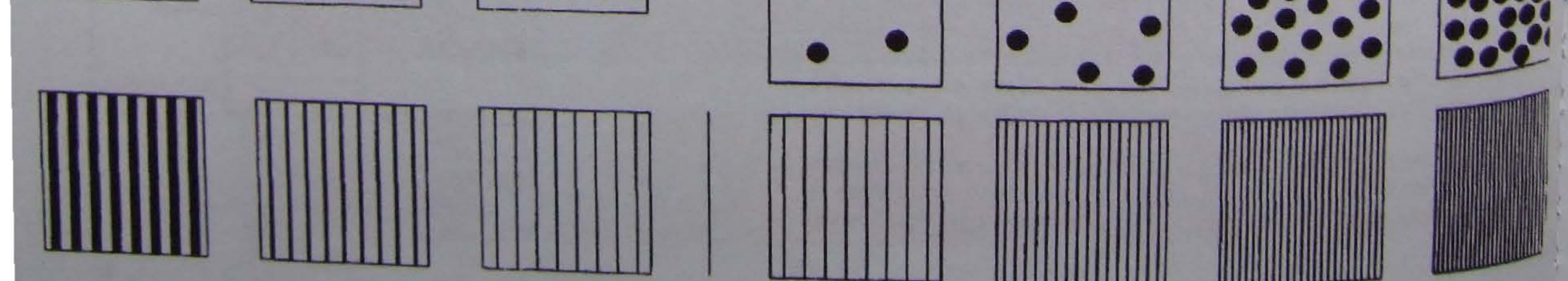
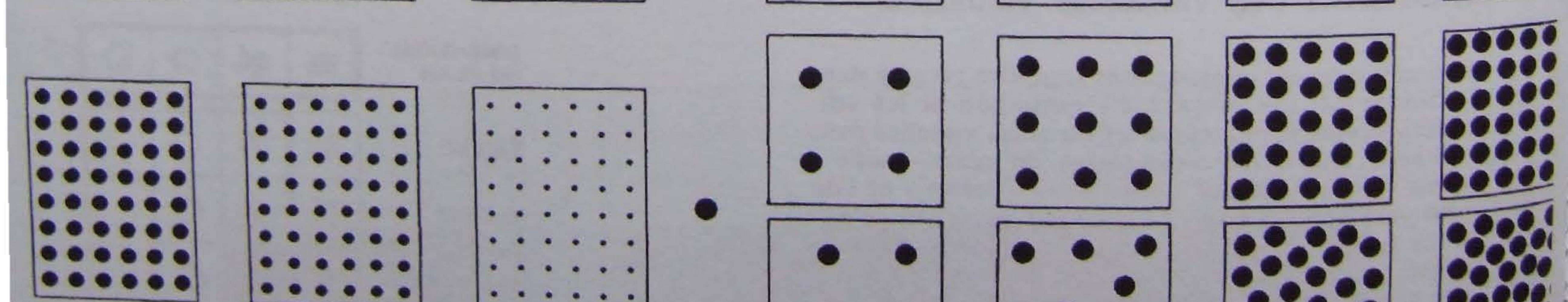
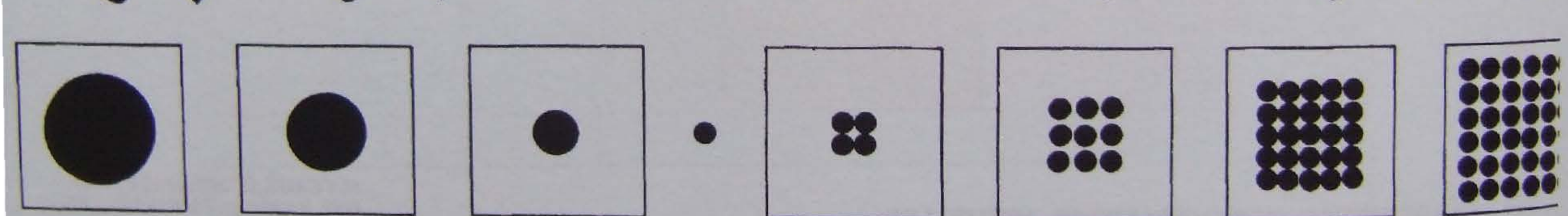
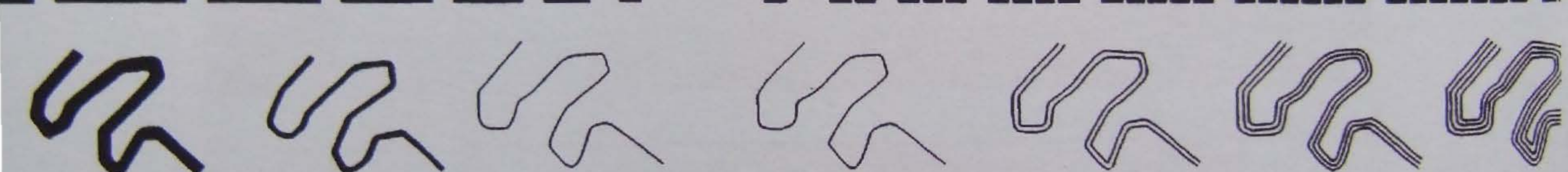
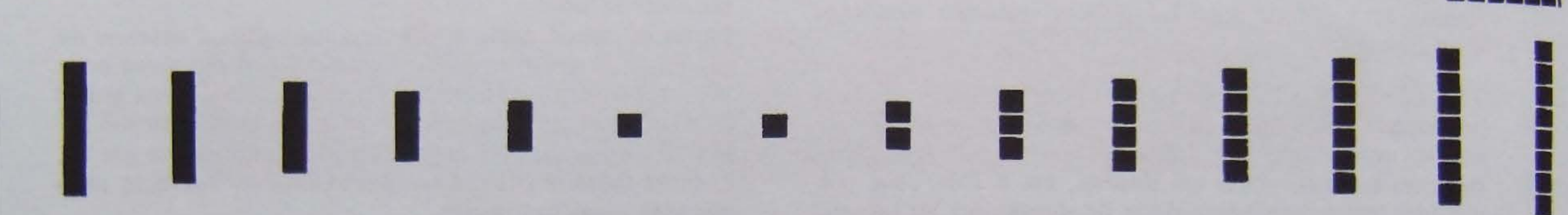
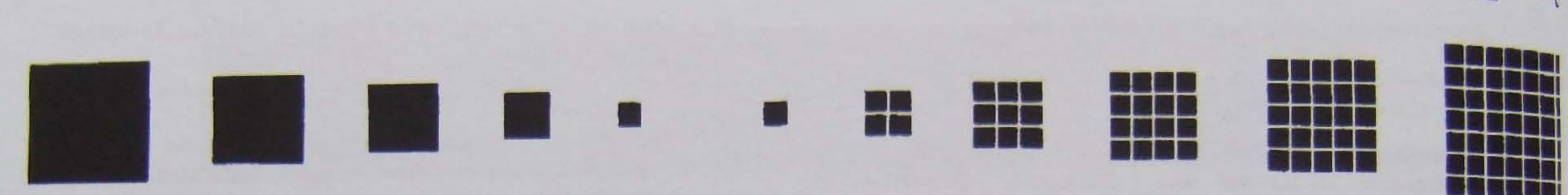
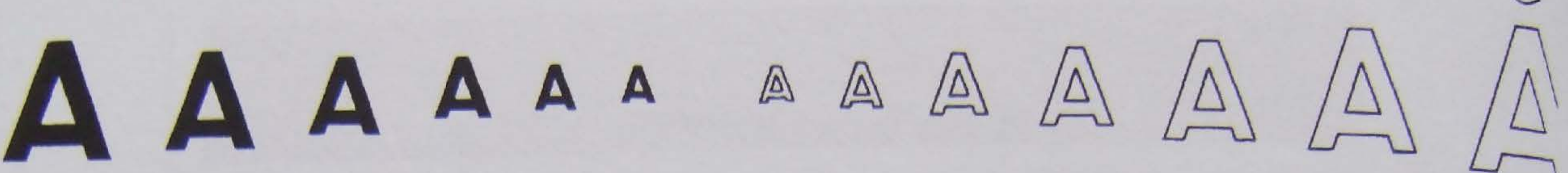
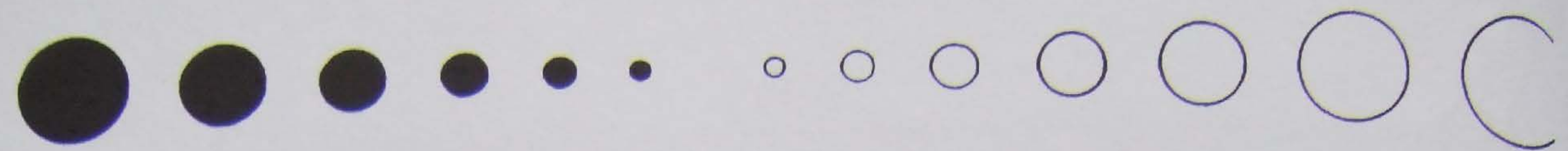
Ce tableau sera complété p. 96 après l'étude de chaque variable et de ses propriétés de longueur, fonctions à la fois de l'implantation et du niveau perceptif visé.

NIVEAUX D'ORGANISATION  
DES VARIABLES VISUELLES

DIMENSIONS DU PLAN	≡	≠	○	⊙
TAILLE	≠	≠	○	⊙
VALEUR	≠	≠	○	
GRAIN	≡	≠	○	
COULEUR	≡	≠		
ORIENTATION	≡	≠		
FORME	≡			

Implantations  
P et L







## 2. CARACTÉRISTIQUES ET PROPRIÉTÉS DES VARIABLES RÉTINIENNES.

### LA VARIATION DE TAILLE

Une figure quelconque, de signification ponctuelle ou linéaire peut varier de taille sans pour cela varier de position, de valeur, de grain, de couleur, d'orientation ni de forme.

C'est la variation de surface qui constitue le stimuli sensible de la variation de taille.

#### L'implantation.

En implantation ponctuelle, la figure peut être quelconque, géométrique ou figurative, elle peut être une colonne de hauteur proportionnelle. La figure peut être formée de parties accolées et dénombrables.

L'extension de la variation est très grande en implantation ponctuelle et l'on peut utilement construire deux points visibles dont l'un a une surface 10 000 fois plus grande que l'autre (p. 182 et 363).

En implantation linéaire, une ligne peut varier d'épaisseur. Des lignes parallèles juxtaposées sont dénombrables. L'extension de la variation est souvent limitée par la disposition concourante de lignes, dans un réseau routier par exemple.

En implantation zonale, la zone ne peut varier de surface dans le plan. Mais ses constituants, points ou lignes, peuvent varier en taille ou en nombre. L'extension est limitée par la surface de la zone à qualifier. Néanmoins il est possible de construire quelques cercles ou figures plus étendues que celle-ci (p. 373).

#### La longueur.

En perception quantitative et en perception ordonnée le nombre des paliers possibles est illimité, mais l'œil ne différencie en moyenne pas plus de 20 paliers entre deux points dont les surfaces sont dans le rapport de 1 à 10. Cette limite a permis de proposer la "gamme naturelle des tailles croissantes" qui contient les paliers nécessaires et suffisants pour toute représentation quantitative (p. 369).

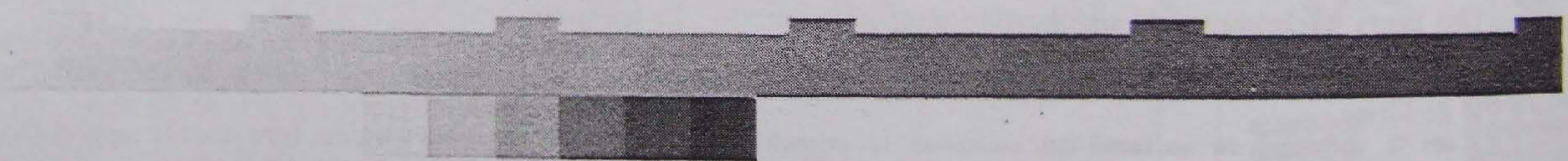
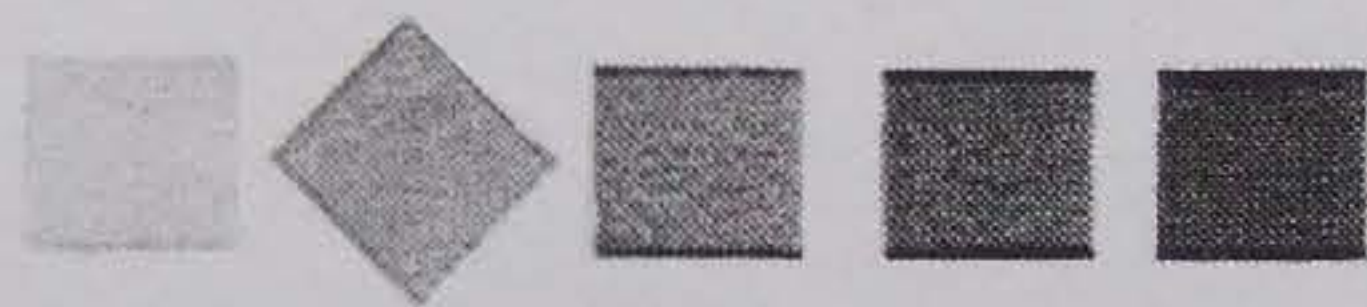
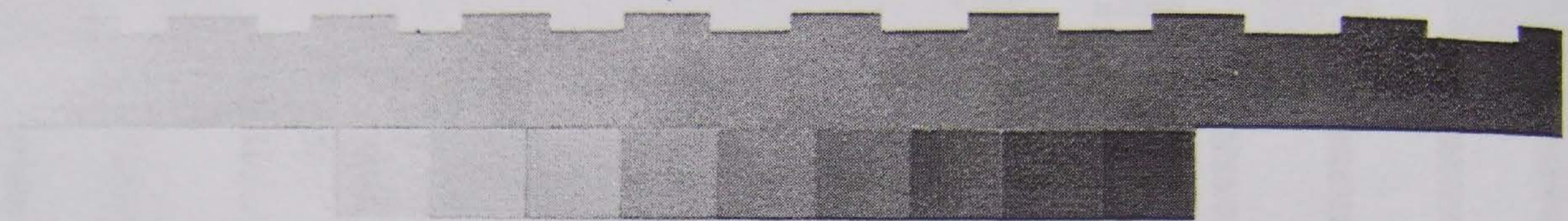
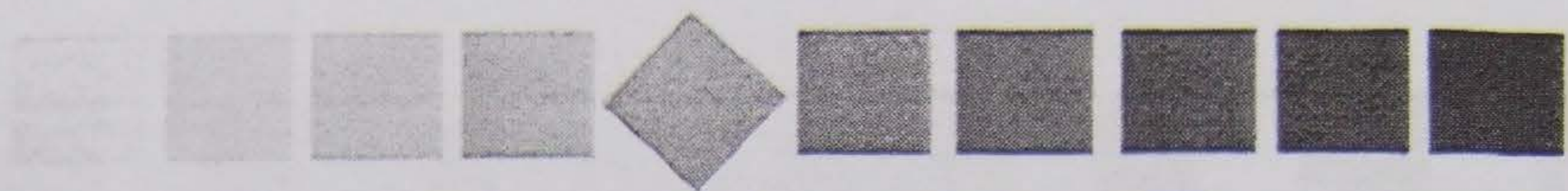
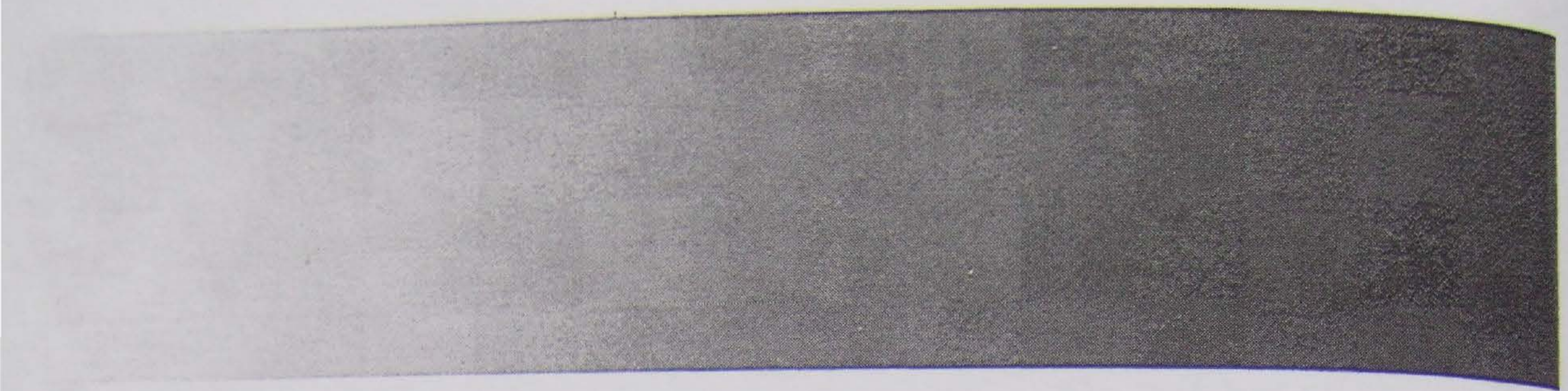
#### La perception.

En perception sélective, la variation de taille est courte. Dans des conditions moyennes de dessin, il est imprudent de compter sur plus de 4 ou 5 paliers sélectifs (tels que l'on puisse isoler et définir avec précision la figure formée par tous les points d'une taille donnée).

La variation de taille est dissociative et il n'est pas possible de l'abstraire visuellement. Toute autre variable interférant avec une variation de taille sera dominée par elle, et sa longueur diminuera avec la taille. Dans des points très petits la couleur devient pratiquement insensible.

La combinaison taille valeur. La valeur est aussi dissociative. Aussi la variation de taille ne sera sensible que pour des signes de valeur foncée. A la limite, des signes évidés et blancs font perdre à la variation de taille toutes ses propriétés spontanées.







## LA VARIATION DE VALEUR

La variation de valeur est la progression continue que l'œil perçoit dans la suite des gris qui s'échelonnent du noir au blanc. Sur un papier blanc on conviendra que c'est le noir qui a la plus grande valeur.

Cette progression est indépendante de la couleur et l'on peut passer du noir au blanc par les gris, par les bleus, par les rouges... (p. 85). Nous parlerons d'une valeur moyenne pour signifier l'un des moments intermédiaires entre le noir et le blanc, quelle qu'en soit la couleur.

Mais une couleur donnée, bleue, rouge, verte, aussi foncée soit elle, sera toujours plus claire que le noir, au moment où elle est décelable. Par conséquent : **Nous appellerons valeur le rapport entre les quantités totales de noir et de blanc perçues dans une surface donnée.**

La valeur d'une surface colorée est désignée par le gris qui s'égale en valeur avec cette surface.

Cependant, dans la pratique on désigne un gris par le rapport entre une surface donnée de papier (et non de blanc) et la surface imprimée, et l'on parle d'un gris 10 % ce qui veut dire 10 % de noir et 90 % de blanc.

Une valeur moyenne dans une couleur donnée ou dans le noir est obtenue de trois manières :

- en mélangeant du blanc à la couleur, comme le font les peintres, les imprimeurs;
- par la "simili-gravure" qui transforme, par des procédés photo-mécaniques un aplat gris en un semis régulier de points, très petits et généralement invisibles à l'œil (photos imprimées par exemple);
- en dessinant des "grisés" ou des "pointillés" fins mais généralement visibles. Ce dernier procédé est le plus simple et le plus couramment employé.

### La longueur de la variation.

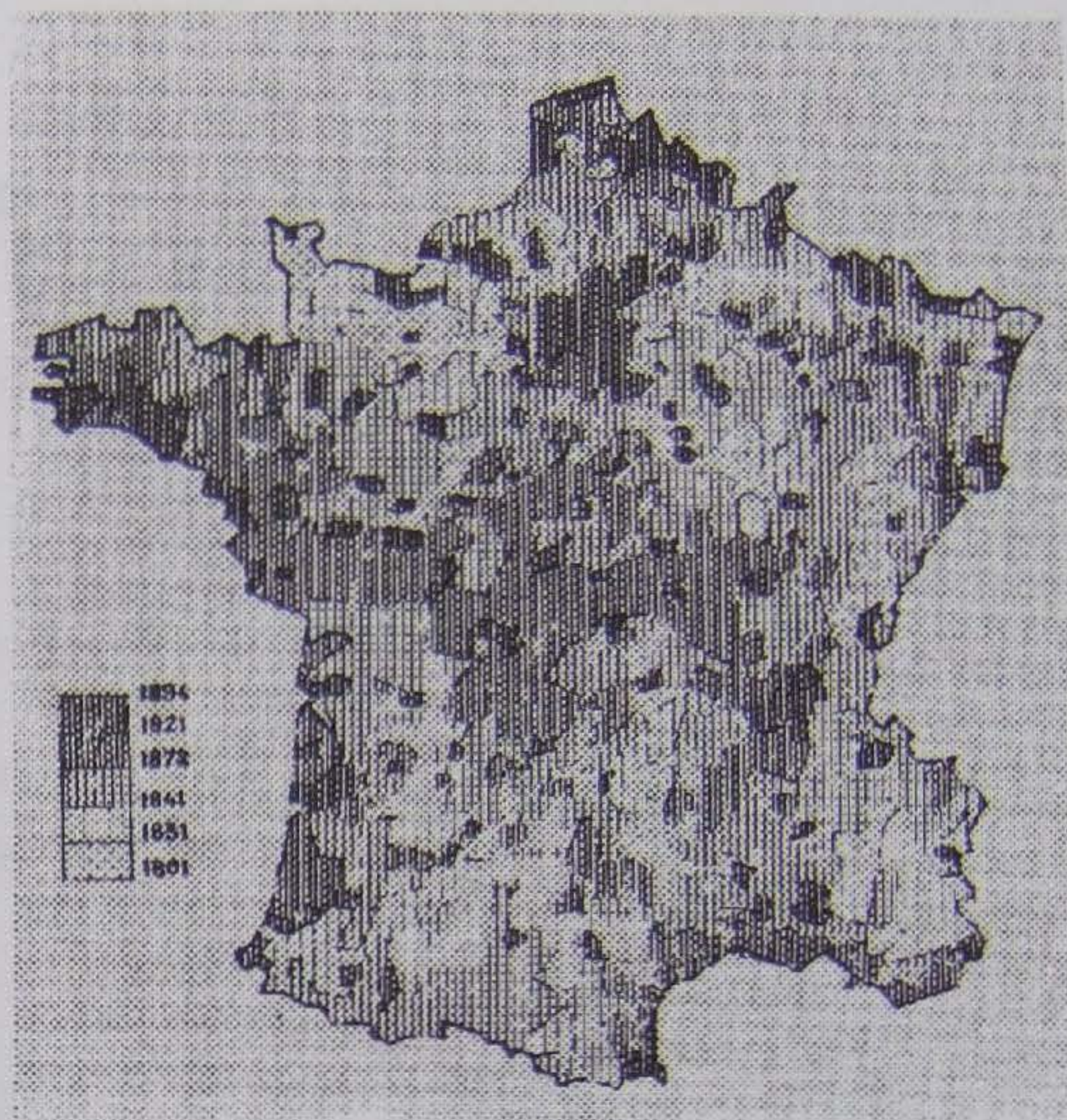
La variation de valeur est *ordonnée* quel que soit le nombre des paliers que l'on construit.

En *perception sélective*, il est prudent de ne pas dépasser 6 à 7 paliers de valeur - noir et blanc compris.

La longueur dépend évidemment de la *distance* disponible entre le blanc et le noir. Celle-ci sera d'autant plus courte que le "blanc" ne sera pas blanc. C'est donc une erreur grave que de colorer en gris, bleu, vert, rouge... le papier d'un graphique ou d'une carte dans lesquels la variation de valeur est significative. La perte de lisibilité est considérable (2).

La longueur varie aussi avec la *taille* des taches. Plus celles-ci sont petites plus le nombre des paliers sélectifs est réduit comme le montre la page ci-contre.

De plus, on observe que l'opposition entre le gris et le blanc est d'autant plus grande que les taches sont petites (1). Pour réaliser un gris moyen (équidistant



2 DATES DU MAXIMUM DE POPULATION

du blanc et du noir), sur une feuille blanche, on emploie un gris d'autant plus clair que la tache est petite. Cette sensation est provoquée par la présence d'une grande surface blanche. Hors de celle-ci le phénomène ne semble pas se produire.

**La variation de valeur est dissociative** et il n'est pas possible de l'abstraire visuellement. Toute autre variable interférant avec la variation de valeur sera dominée par celle-ci et sa longueur diminuera avec la valeur. Dans des valeurs très pâles, le nombre des tailles, des couleurs, des formes, des orientations, des grains identifiables diminue pour atteindre zéro avec la valeur nulle.

### Terminologie

Une même sensation visuelle peut être provoquée par des excitants différents. En conséquence on distingue en psychologie :

- a) ce qui a trait à la sensation perçue et permet de définir une sensation visuelle (mais n'est pas mesurable) ;
- b) ce qui provoque cette sensation : l'excitant (mesurable).

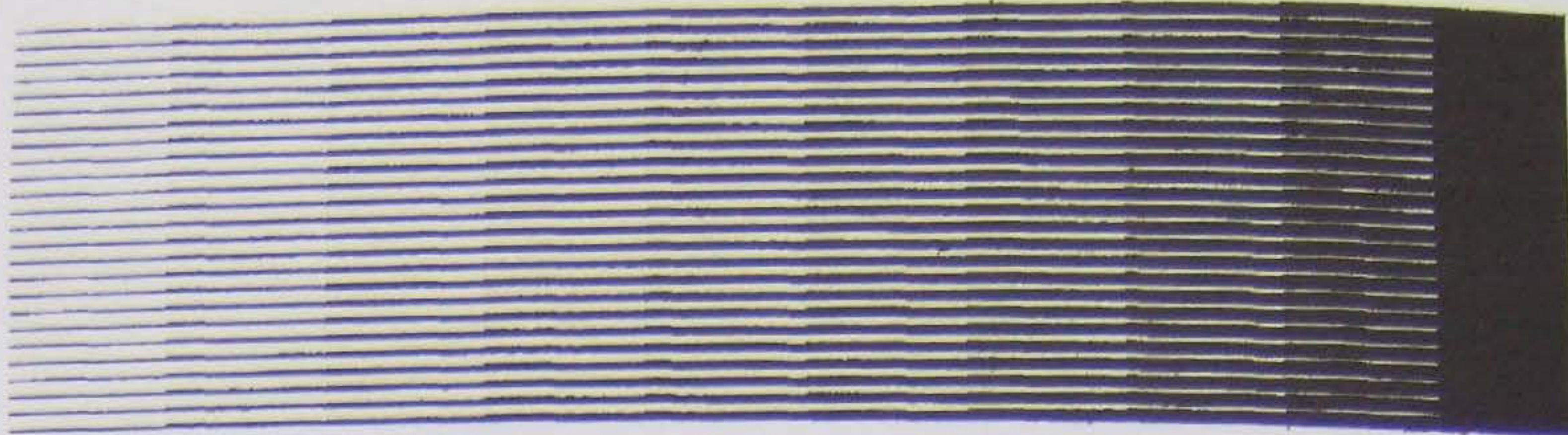
L'appréciation d'une valeur peut être envisagée de différentes manières :

- en mesurant la quantité de lumière réfléchie. C'est la "luminance" pour l'excitant, elle correspond à la "phanie" pour la sensation ;
- en mesurant le rapport entre la luminance d'un gris et celle d'un diffuseur "parfait" (un blanc). C'est le "facteur de luminance" auquel correspond la "leucie".

Il ne semble pas encore utile de faire intervenir ici ces distinctions. Le terme "intensité" conviendrait. Mais nous lui préférons le terme courant de VALEUR qui est le seul à autoriser les adjectifs nécessaires : claire et foncée.

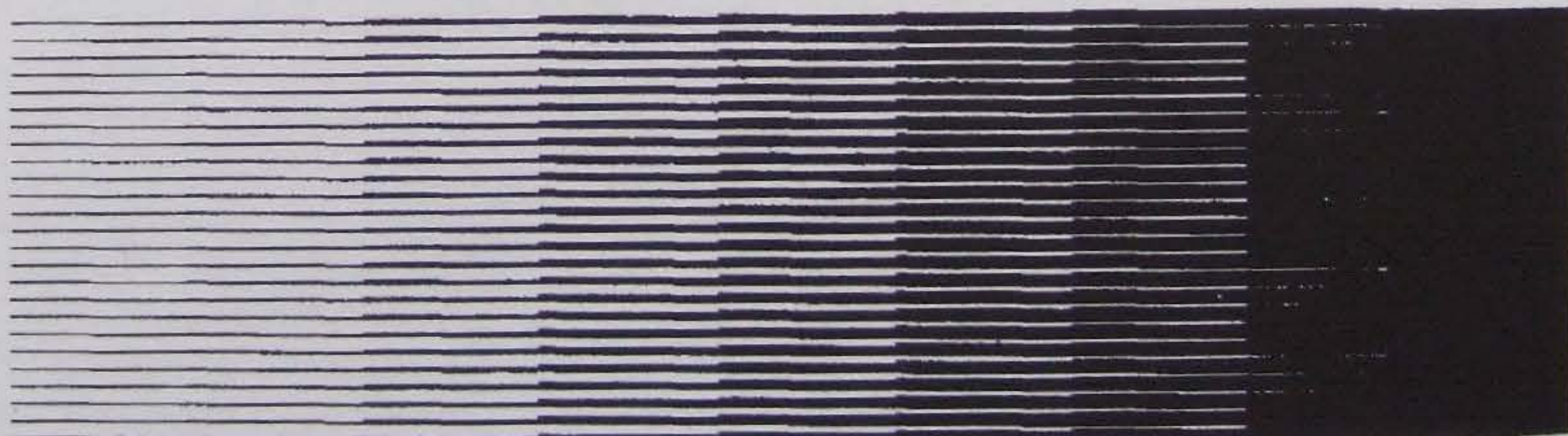


1



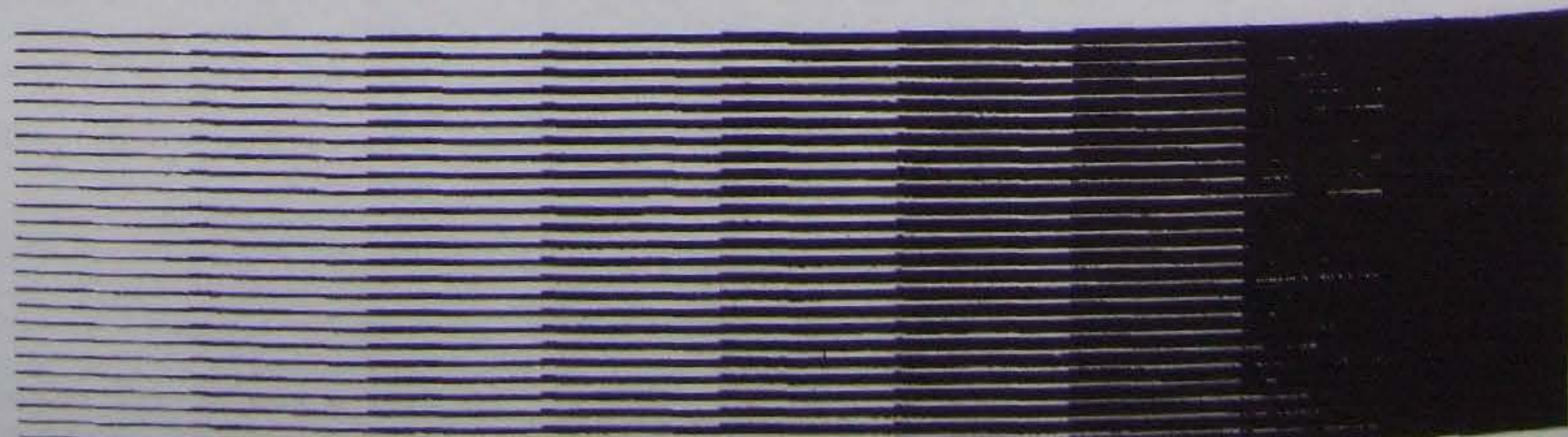
2	$\frac{\text{NOIR}}{\text{BLANC}}$	$\frac{10}{90}$	$\frac{20}{80}$	$\frac{30}{70}$	$\frac{40}{60}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{60}{40}$	$\frac{70}{30}$	$\frac{80}{20}$	$\frac{90}{10}$
3	rapports	$\frac{9}{4}$	$\frac{12}{7}$	$\frac{14}{9}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{14}{9}$	$\frac{12}{7}$	$\frac{7}{4}$	
4	progression	125%	71%	56%	50%	50%	56%	71%	125%	

5	$\frac{\text{NOIR}}{\text{BLANC}}$	$\frac{6}{94}$	$\frac{11}{89}$	$\frac{20}{80}$	$\frac{33}{66}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{66}{30}$	$\frac{80}{20}$	$\frac{89}{11}$	$\frac{94}{6}$
6	rapports	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$



7	$\frac{\text{NOIR}}{\text{BLANC}}$	$\frac{5}{95}$	$\frac{9}{91}$	$\frac{16}{84}$	$\frac{27}{73}$	$\frac{42}{58}$	$\frac{58}{42}$	$\frac{73}{27}$	$\frac{84}{16}$	$\frac{91}{9}$	$\frac{95}{5}$
---	------------------------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------

8



NOIR B 9 19 31 45 60 74 84 91 N



## CONSTRUCTION DES PALIERS DE VALEUR ÉQUIDISTANTS

Partager la série des valeurs disponibles en parties égales est un problème courant. Mais sa solution est relativement complexe.

Dans la gamme (1) la progression du noir est arithmétique (2). On constate que l'équidistance n'est pas réalisée - les limites sont beaucoup plus sensibles aux extrémités de la gamme qu'au centre.

En effet, l'œil voit des rapports et non des quantités absolues. Or si le rapport entre les deux premiers

gris est de :  $\frac{20}{80} \div \frac{10}{90}$  soit  $\frac{9}{4}$

le rapport entre le deuxième et le troisième gris est de :

$$\frac{30}{70} \bigg/ \frac{20}{80} \quad \text{soit} \quad \frac{12}{7}$$

La succession des rapports (3) et des progressions (4) donne l'explication de la variation de distance visuelle entre les paliers de la gamme.

La série de valeur définie en (5) est plus régulière. La succession des rapports est constante, la raison de la progression est 2 (6) et donne un accroissement régulier de 100 %. Il est facile d'en déterminer la formule, à condition de donner au blanc et au noir une valeur différente de 0 et de 100, ce qui correspond d'ailleurs à la réalité. Si l'on appelle :

B la valeur du blanc

N la valeur du noir

la raison de la progression

n le nombre des paliers

il est clair qu'il faut multiplier la valeur du blanc par  $r^{(n-1)}$  pour obtenir la valeur du noir, soit  $Br^{(n-1)} = |N|$  d'où l'on déduit la progression en fonction du nombre des paliers :

$$r = \sqrt[n-1]{N/B}$$

Si l'on donne au blanc la valeur 5/95 et au noir 95/5 on obtient :

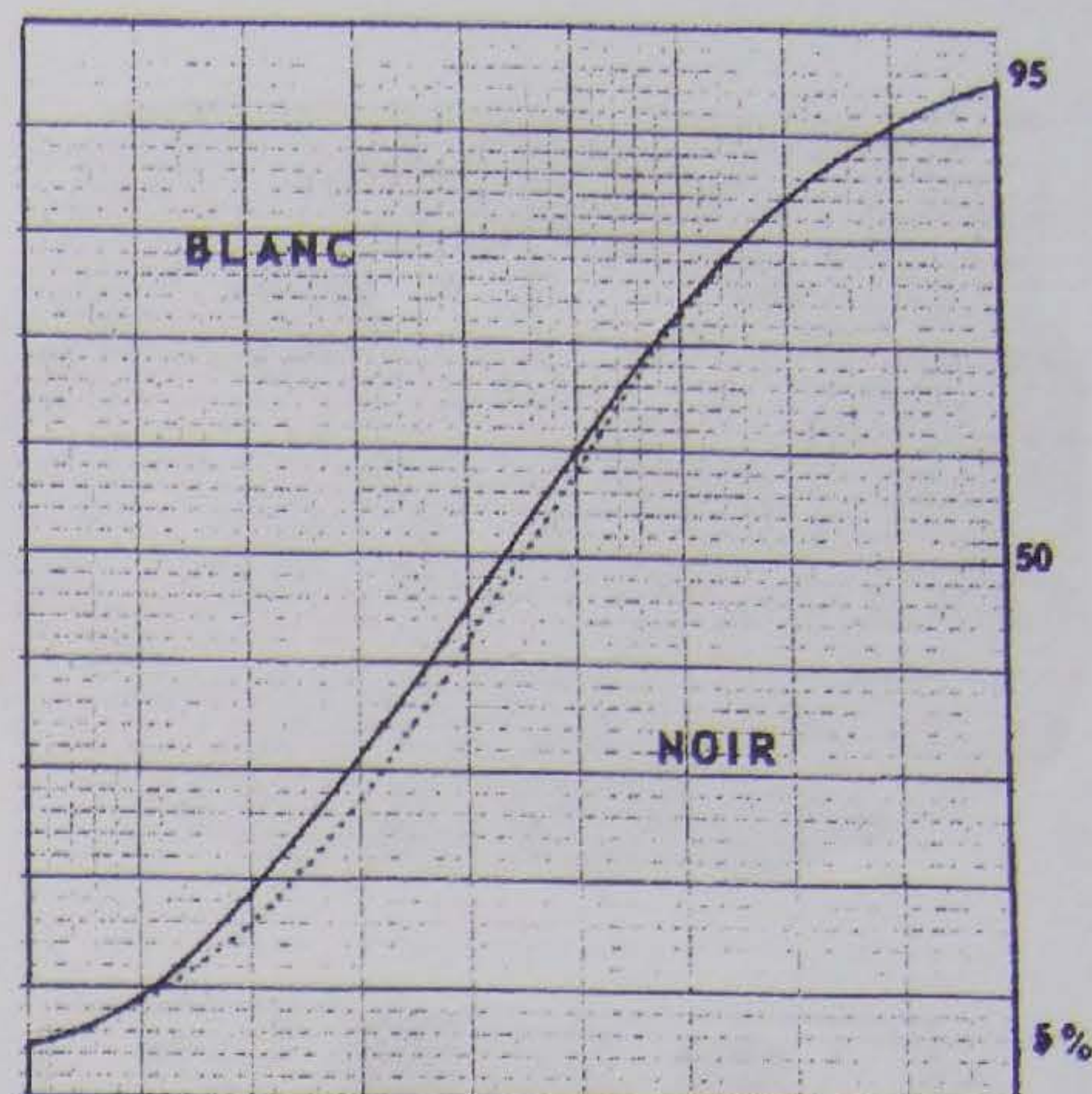
$$r = \sqrt[n-1]{361}$$

et la gamme (7) en est déduite. Mais on constate que la progression n'est pas rigoureuse et qu'il faut opérer dans les valeurs claires un léger correctif pour parvenir en (8) à une bonne équidistance. On déduit de celle-ci le diagramme (9) dans lequel la progression logarithmique est corrigée, et le tableau (10) qui fournit une bonne série de valeurs équidistantes suivant le nombre des paliers.

**Construction courante** - Pour un nombre réduit de paliers on peut appliquer le principe suivant :

3 paliers : N-B-gris moyen (plutôt inférieur que supérieur à 50/50) (11);

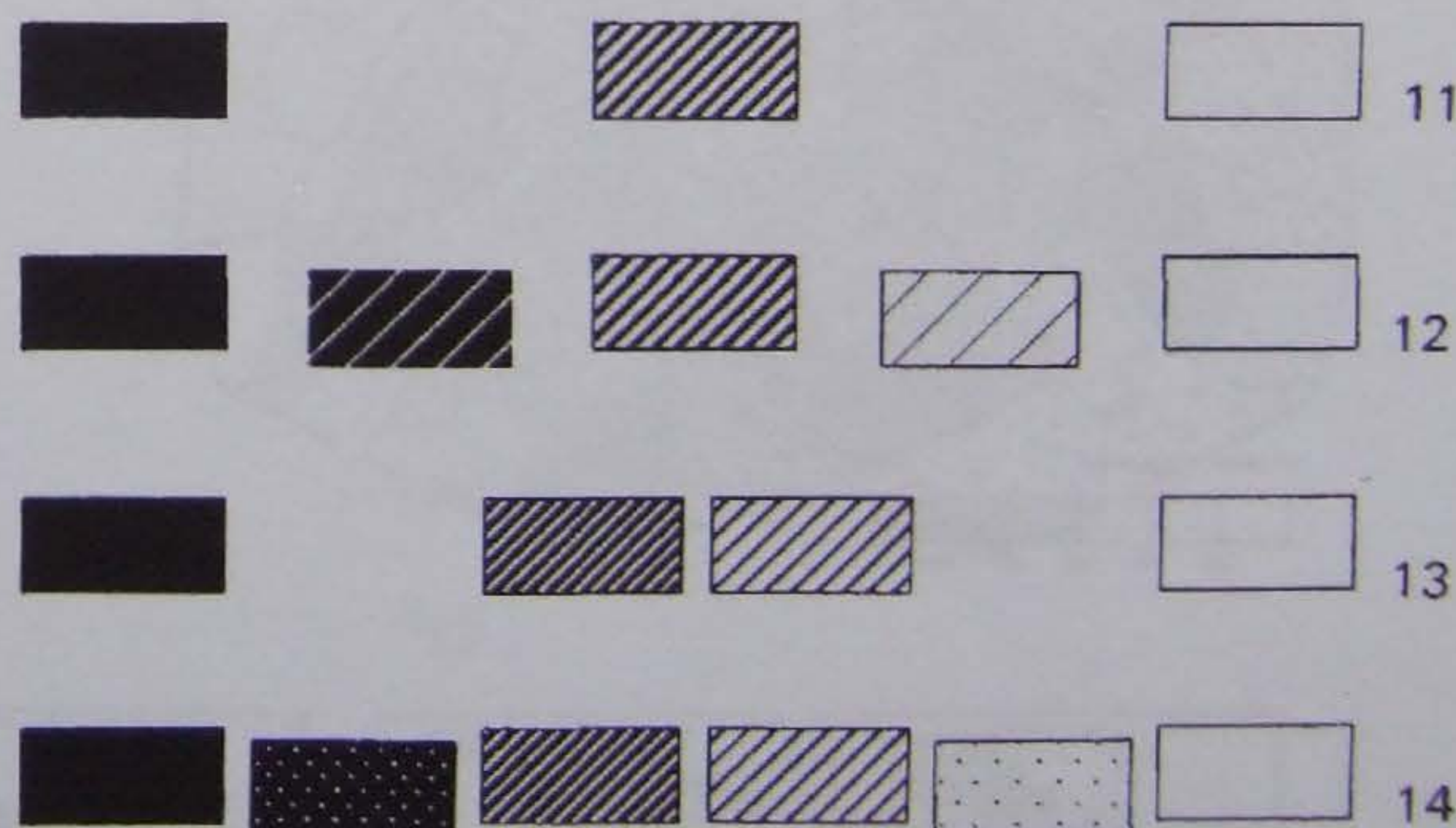
5 paliers : les mêmes plus un noir "rompu" par une légère baguette ou un pointillé blanc et un blanc "rompu" de la même manière (12);



10	B	9	19	31	45	60	74	84	91	N
9	B	10	21	35	52	68	81	90		N
8	B	11	25	42	61	78	89			N
7	B	14	31	51	74	88				N
6	B	16	38	66	86					N
5	B	20	50	82						N
4	B	30	73							N
3	B	49								N

POURCENTAGE DE NOIR

10

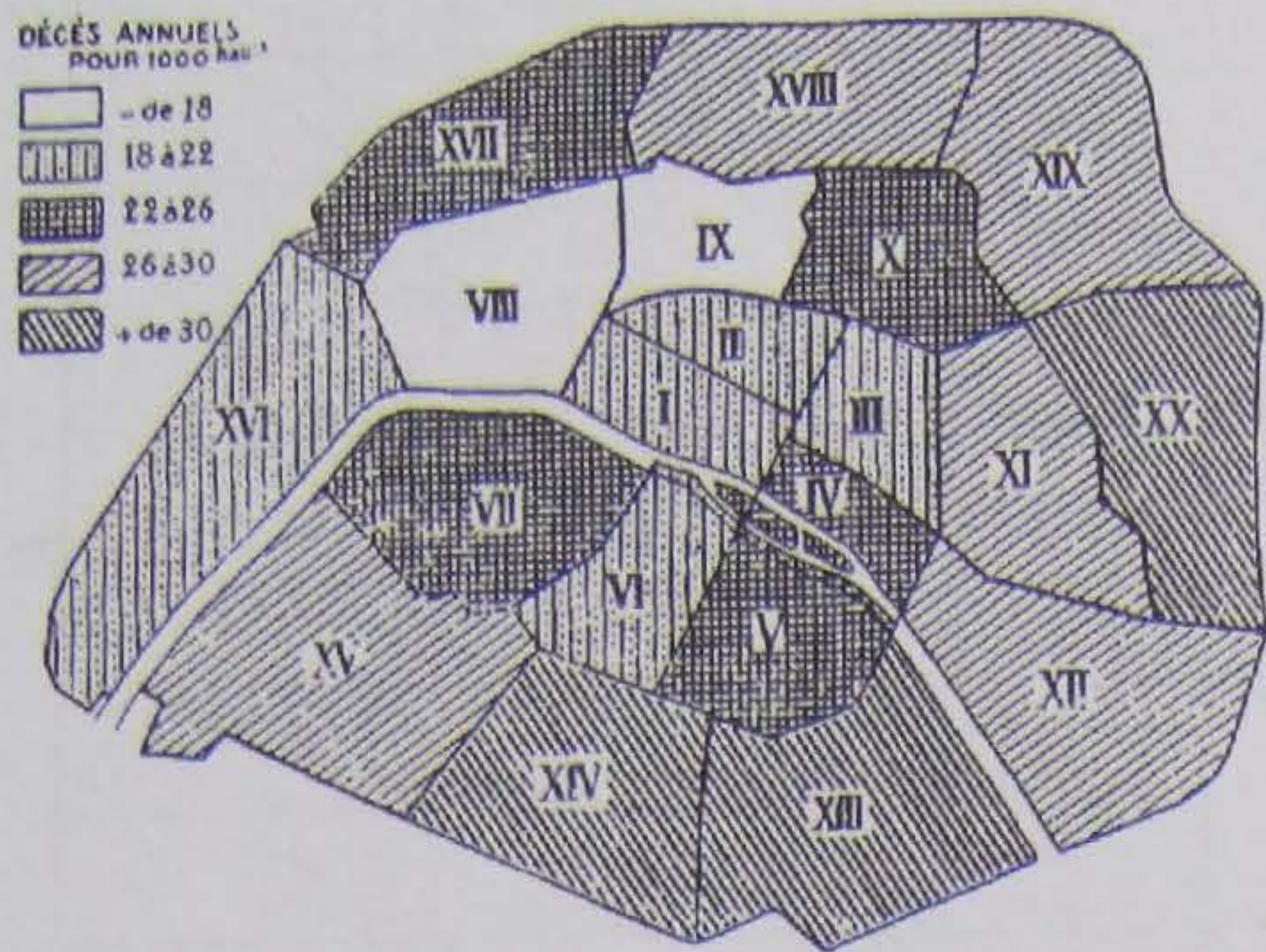


4 paliers : N-B-deux gris d'environ 25/75 et 75/25 faibles (13) ;

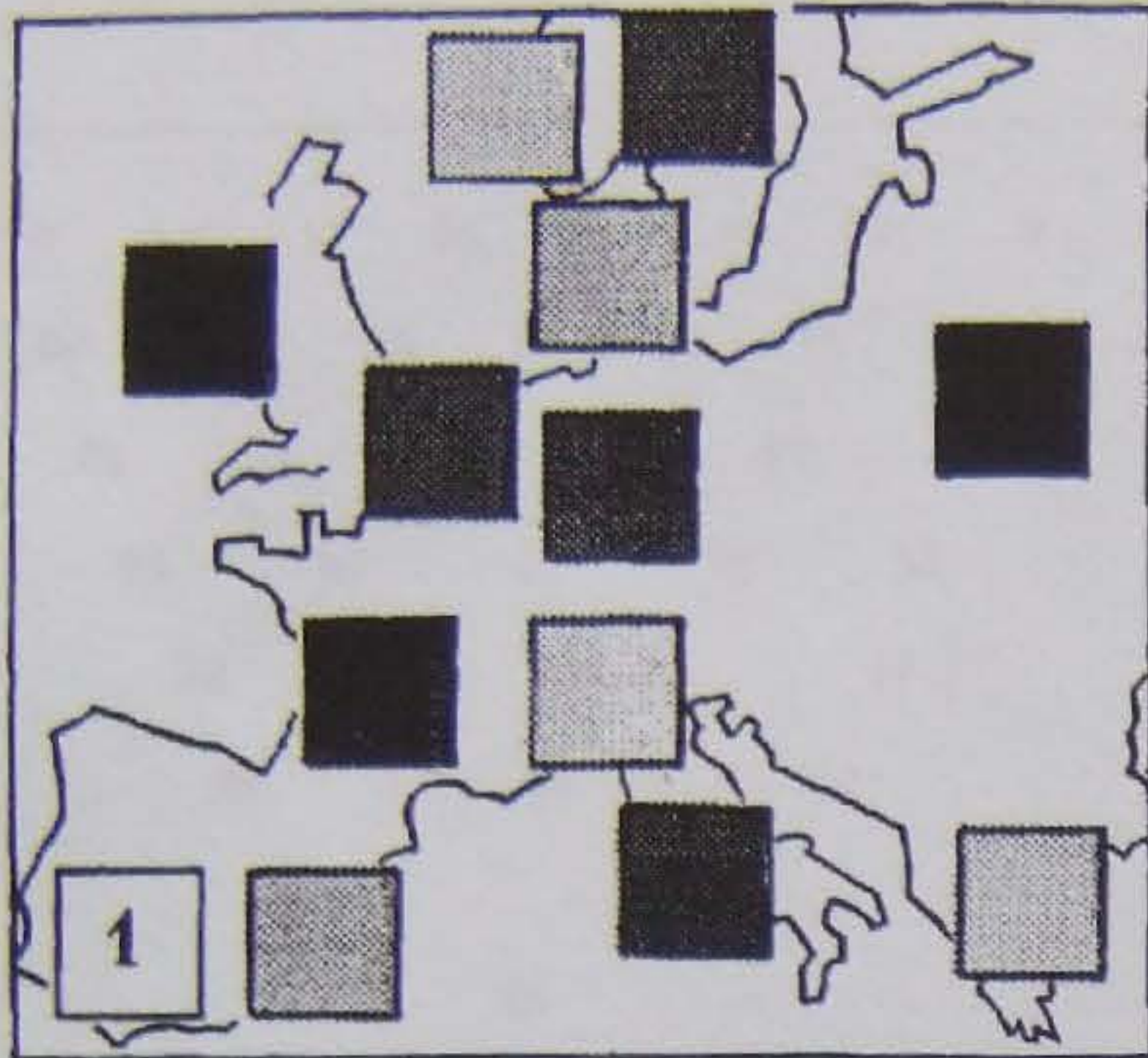
6 paliers : les mêmes plus blanc et noir "rompus" (14).

La variation de valeur en implantation zonale peut aussi être obtenue avec les trames préfabriquées, en combinaison avec d'autres variables (p. 340).





1

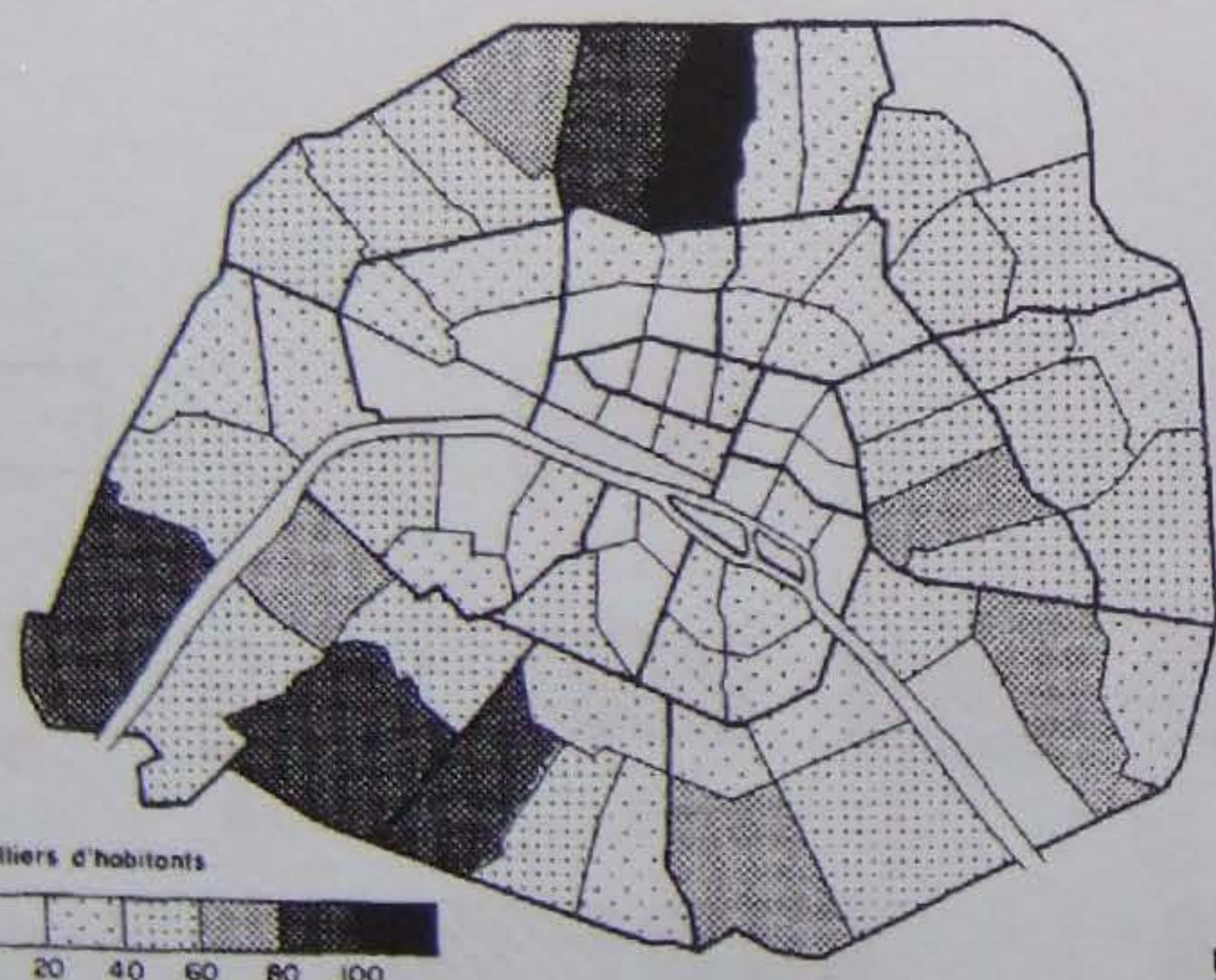


3

## PRINCIPALES CONFUSIONS DANS L'EMPLOI DE LA VARIATION DE VALEUR

**La valeur est ordonnée** et l'on ne peut la désordonner. Dans la figure (1) : taux de mortalité à Paris (nombre de décès annuels pour 1 000 habitants) le rédacteur n'a pas pris soin d'ordonner les gris suivant l'ordre des taux. La figure doit être lue point par point, et ce n'est que dans la mémoire que l'on peut reconstituer la réalité. La mémorisation visuelle de l'image serait une erreur.

Lorsque les deux ordres correspondent (2) l'image est significative et sa mémorisation est utile.



5

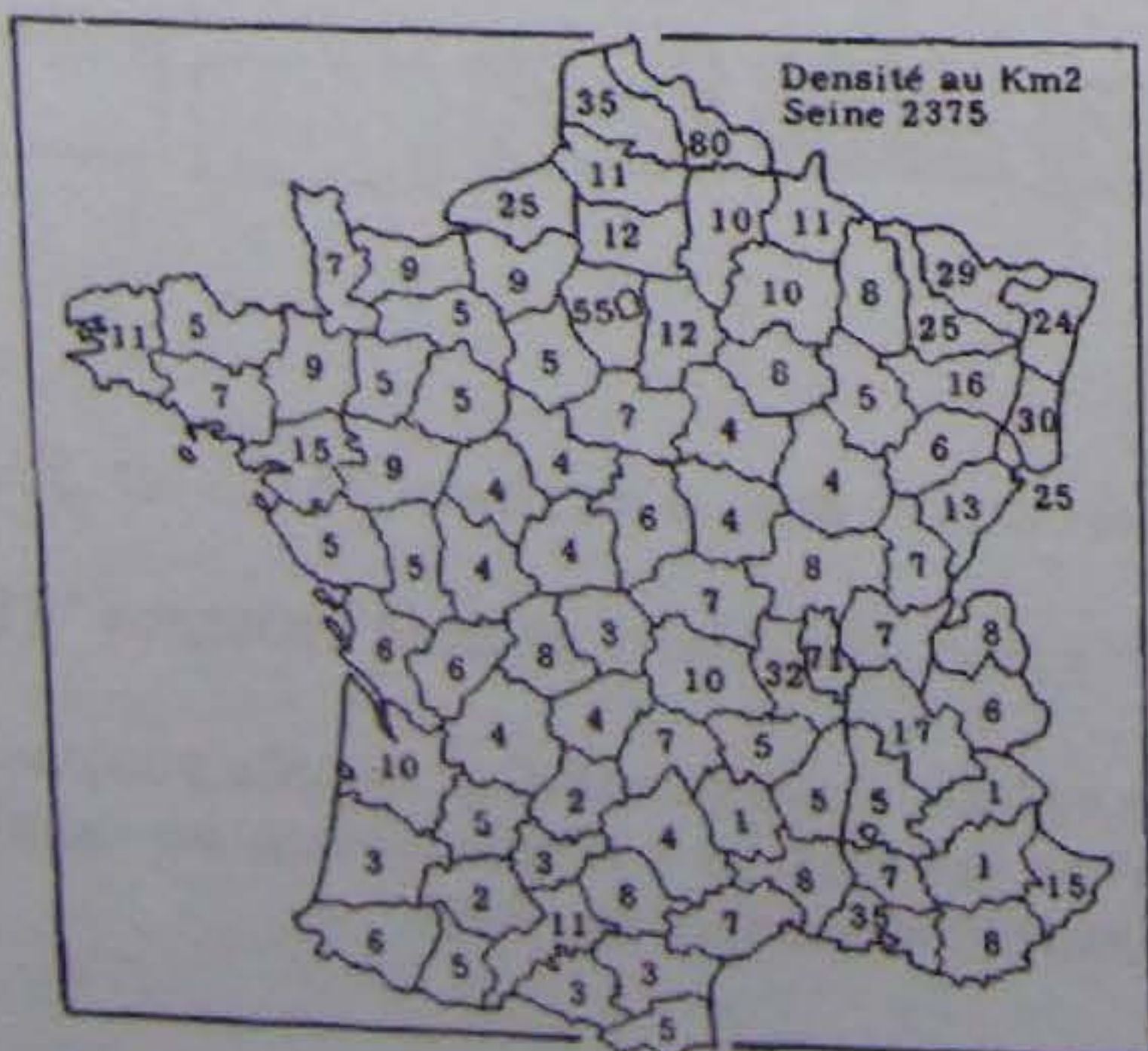
## La valeur n'est pas quantitative.

Exprimée par une variation de valeur, la consommation de pétrole en Europe (1954) ne fournit que l'ordre dans lequel se classent les consommations (3). Si l'on sait que le Portugal consomme 1 million de tonnes, l'image à elle seule ne permet aucune évaluation pour les autres pays. Le lecteur est tributaire d'une légende. Les moyens visuels sont sous-employés. Exprimés par une variation de taille, les rapports sont sensibles et les évaluations sont possibles (4).

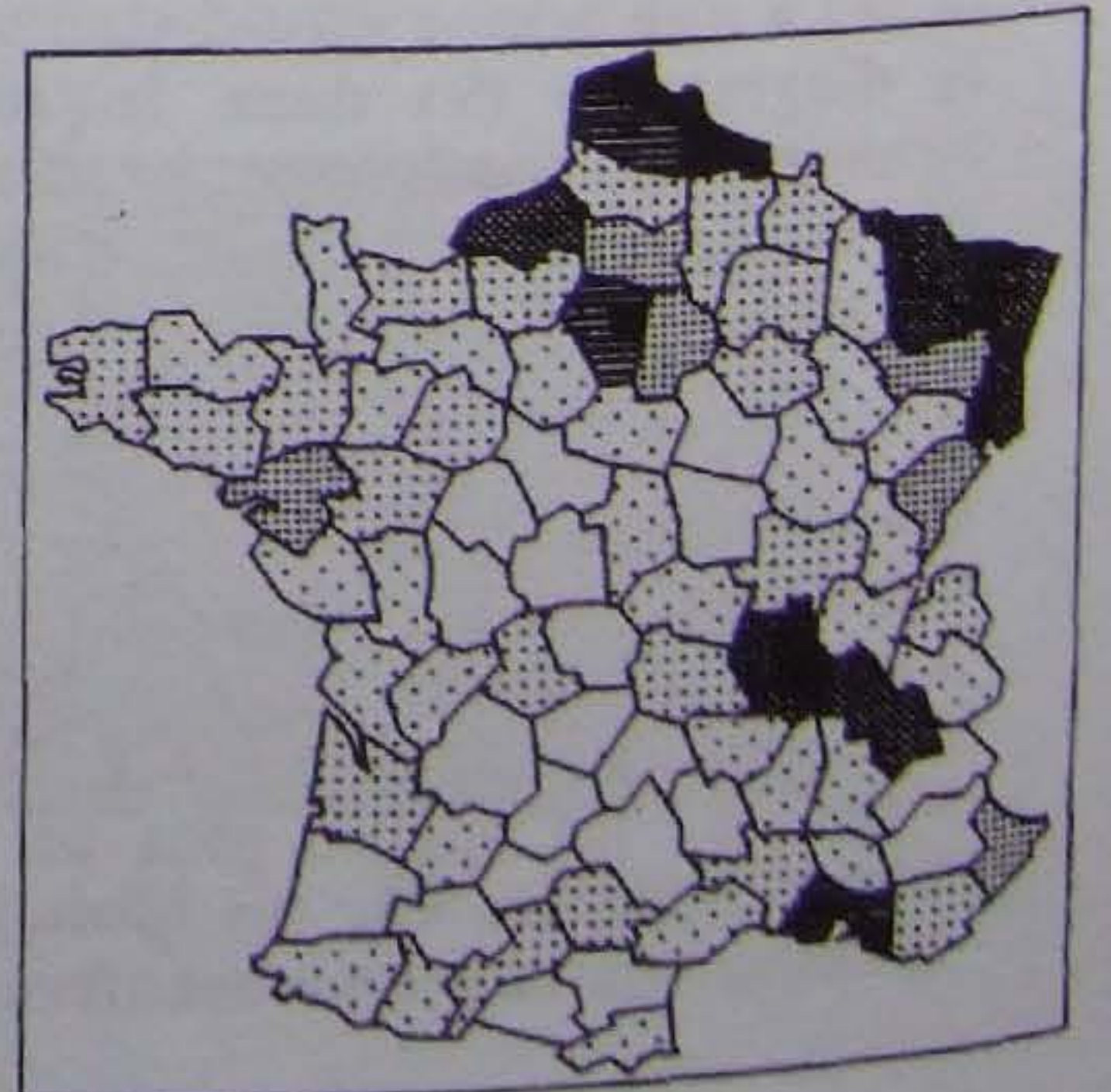
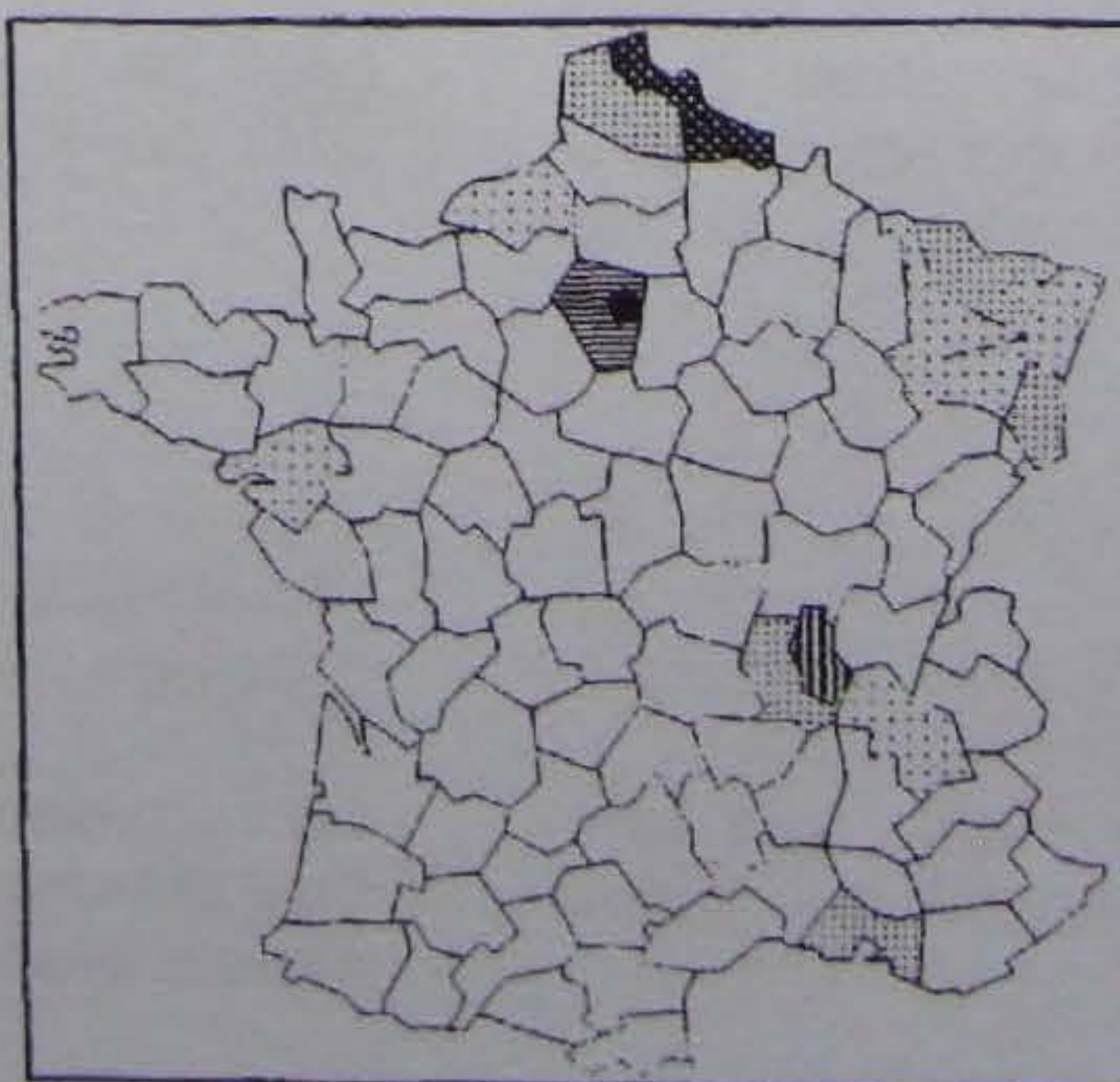
7

8

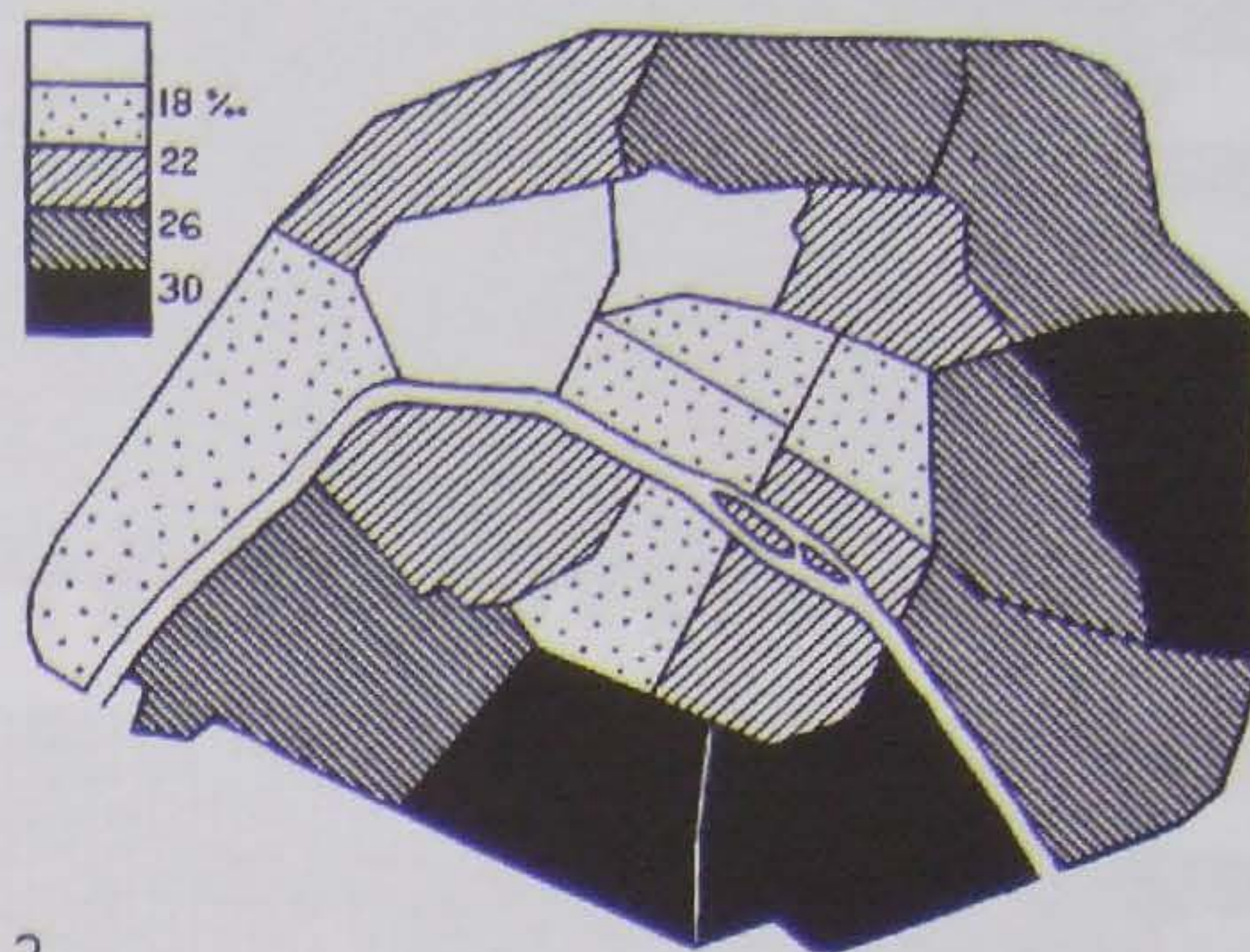
9



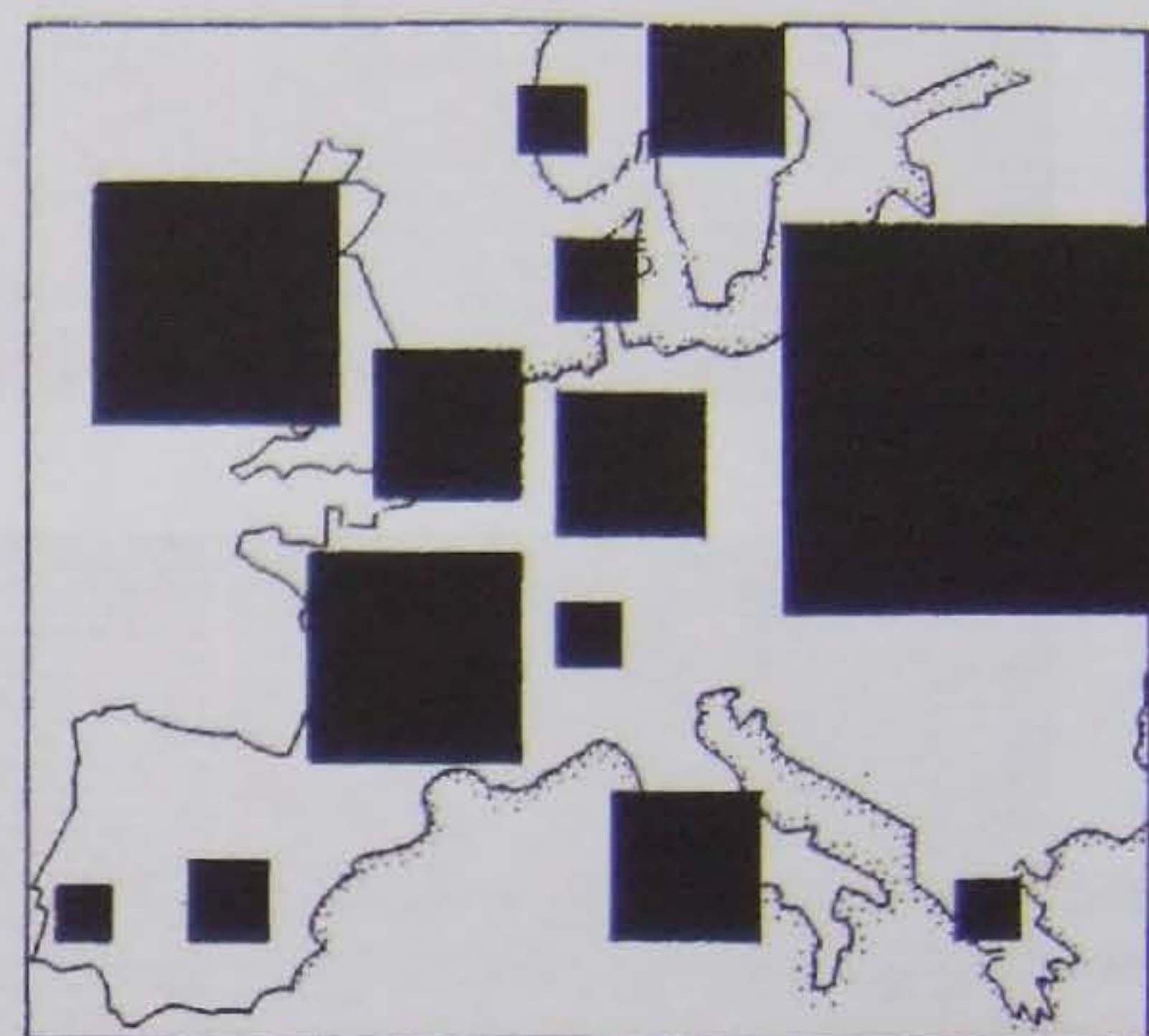
76







2

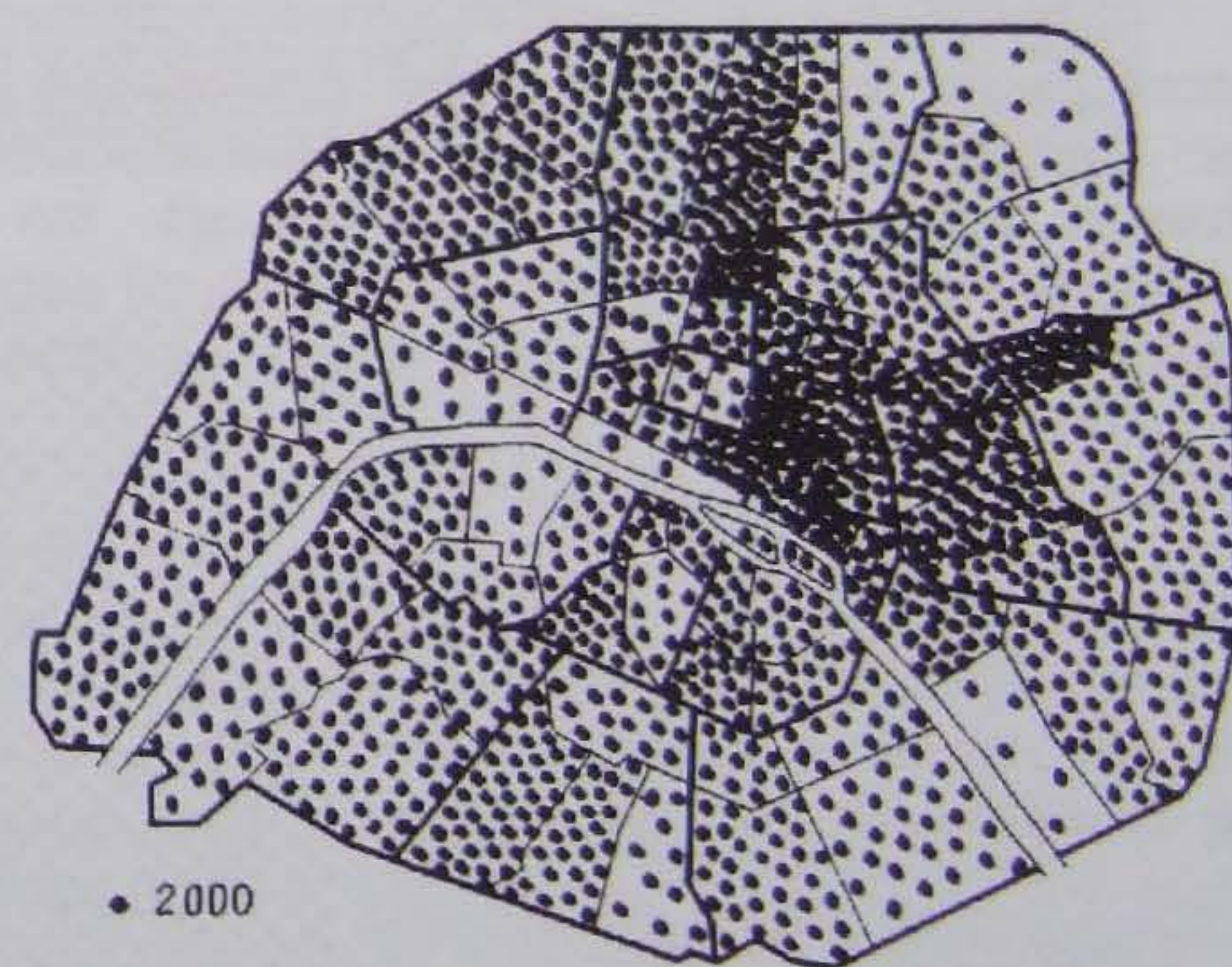


4

La quantité de population dans les quartiers de Paris fournit l'ordre d'importance des quartiers (5) mais donne une image erronée du concept quantité de population, car une représentation zonale n'évoque que la densité. Or celle-ci fournit une image très différente (6).

La représentation de quantités par des valeurs oblige le rédacteur à transformer une série de nombres en une série de catégories de nombres. Il existe plusieurs règles pour le faire. Mais justement il ne peut y avoir une seule règle et le lecteur ne voit jamais qu'un certain choix de paliers, parmi tous les possibles.

Les cartes (8), (9), (10) et (11) représentent toutes l'information (7) (Population active du secteur industriel, 1954). Suivant le rédacteur, chaque lecteur conservera en mémoire une image différente de la même information. La seule image qui ne doit rien à l'interprétation du dessinateur est l'image (12) qui exprime les quantités par une variation de taille.

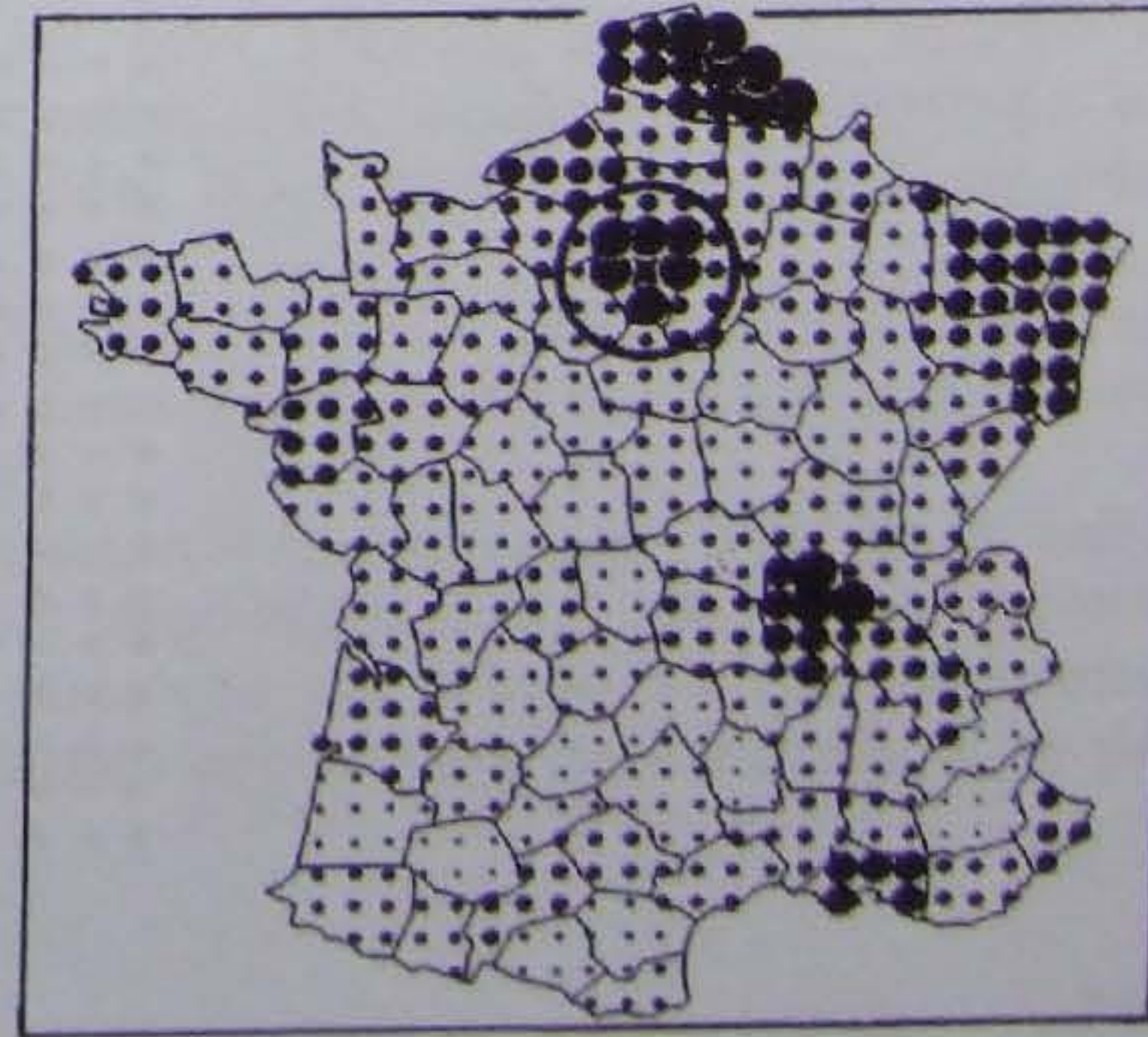
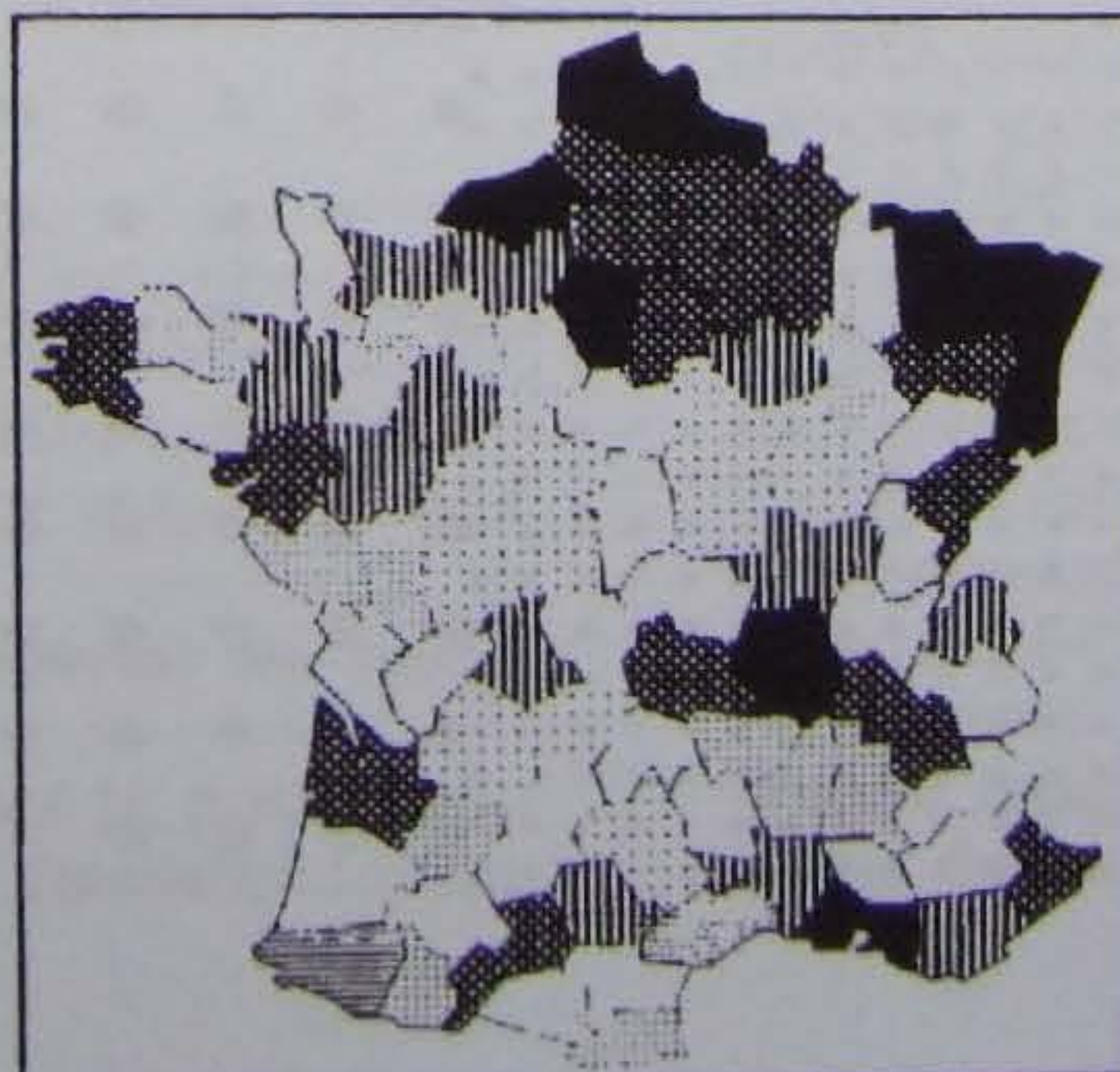
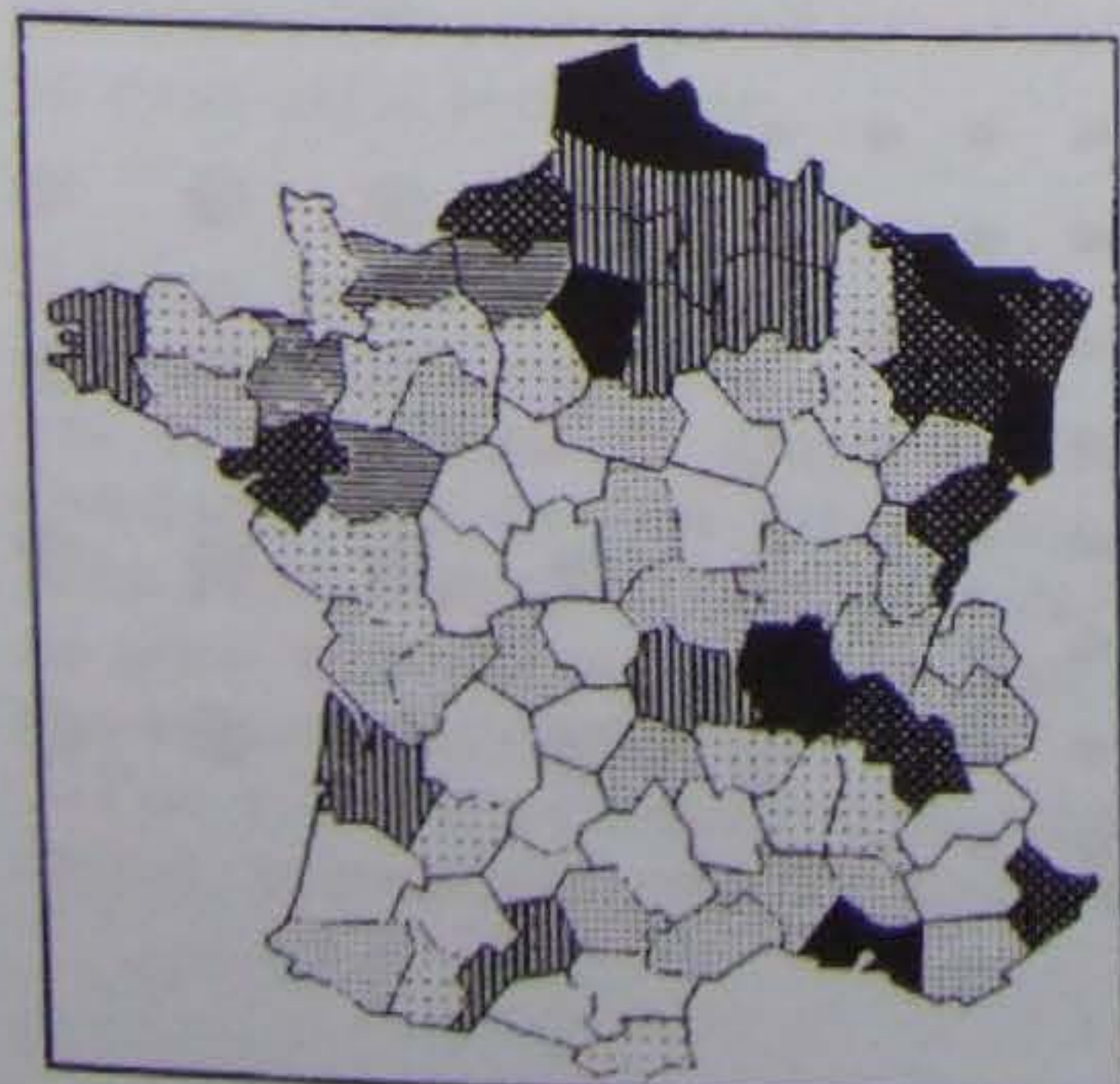


6

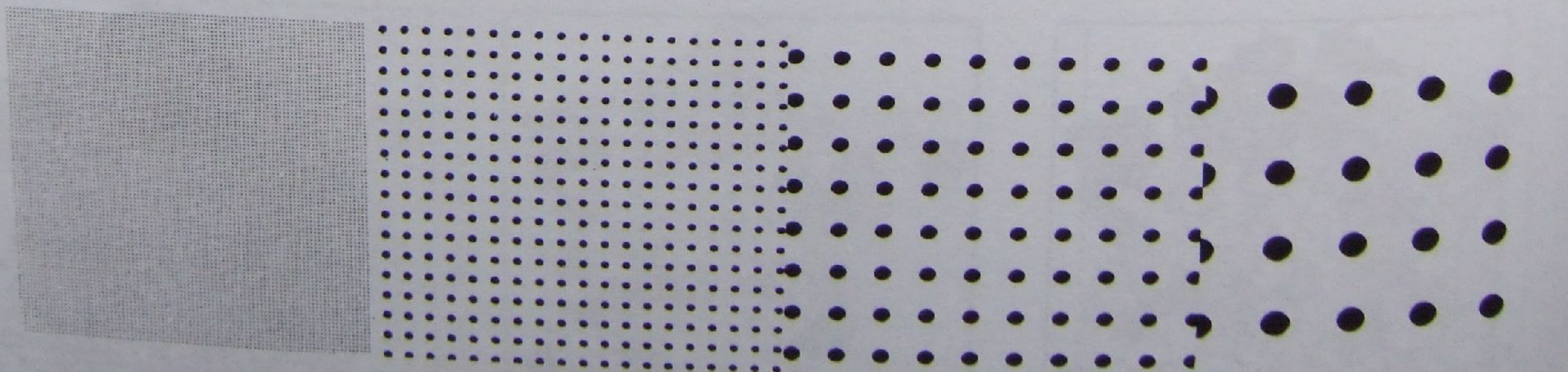
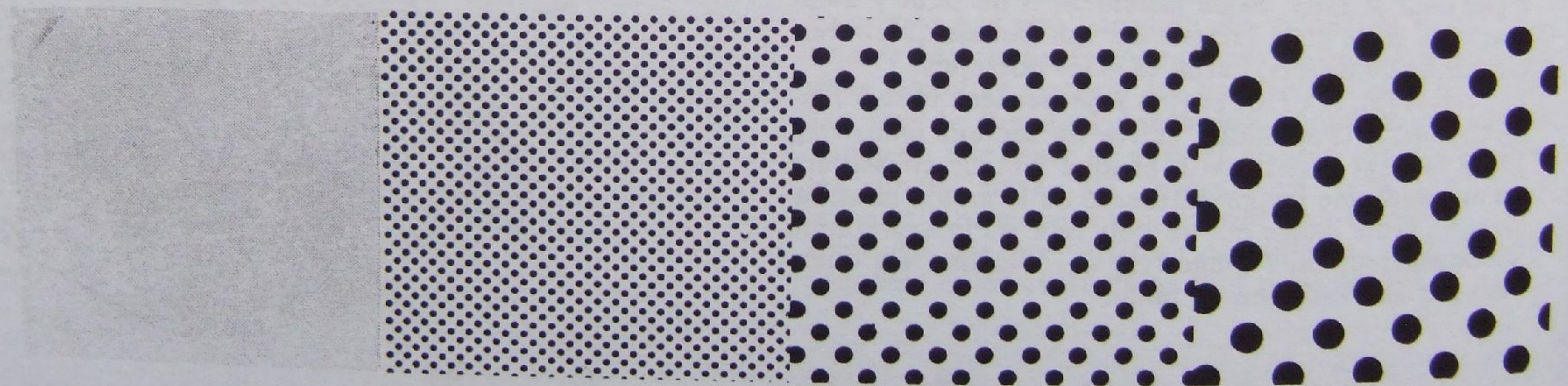
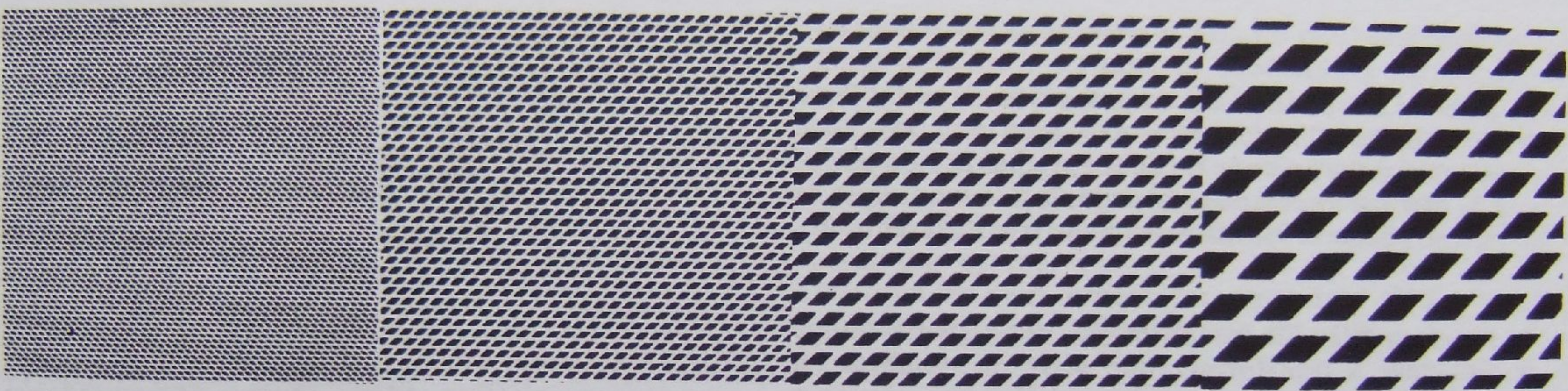
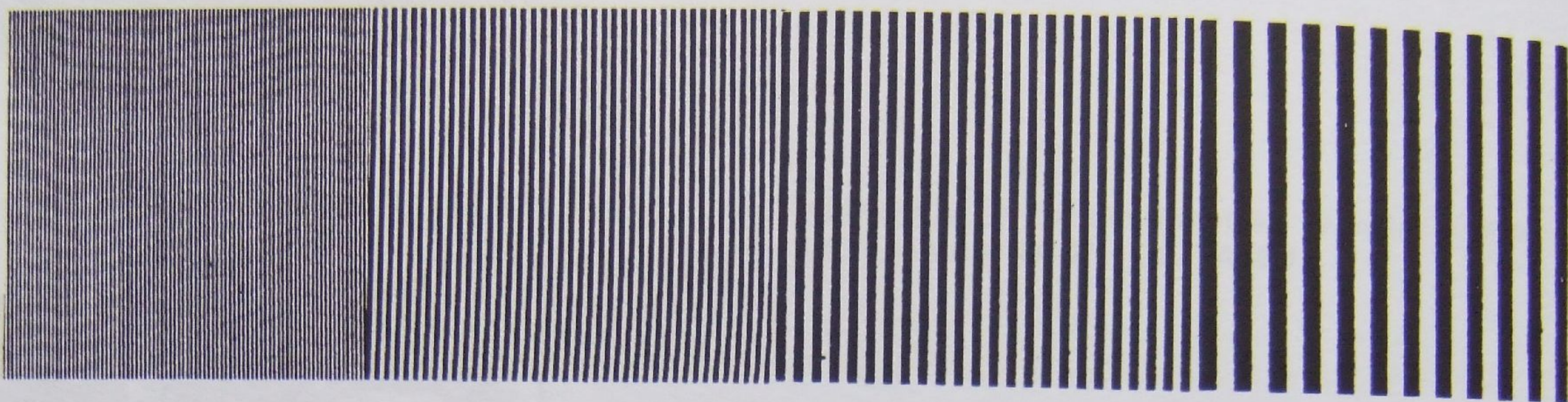
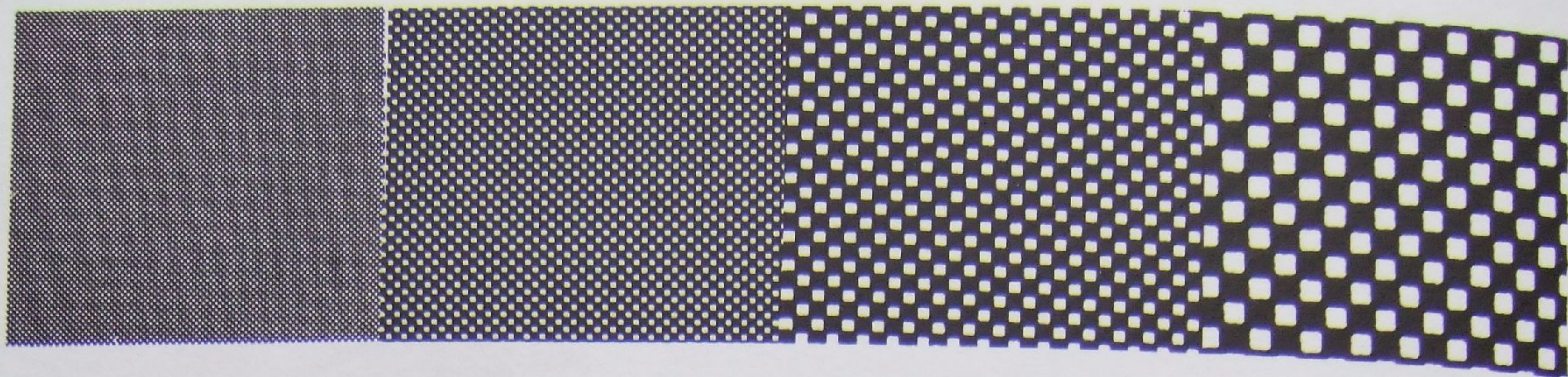
10

11

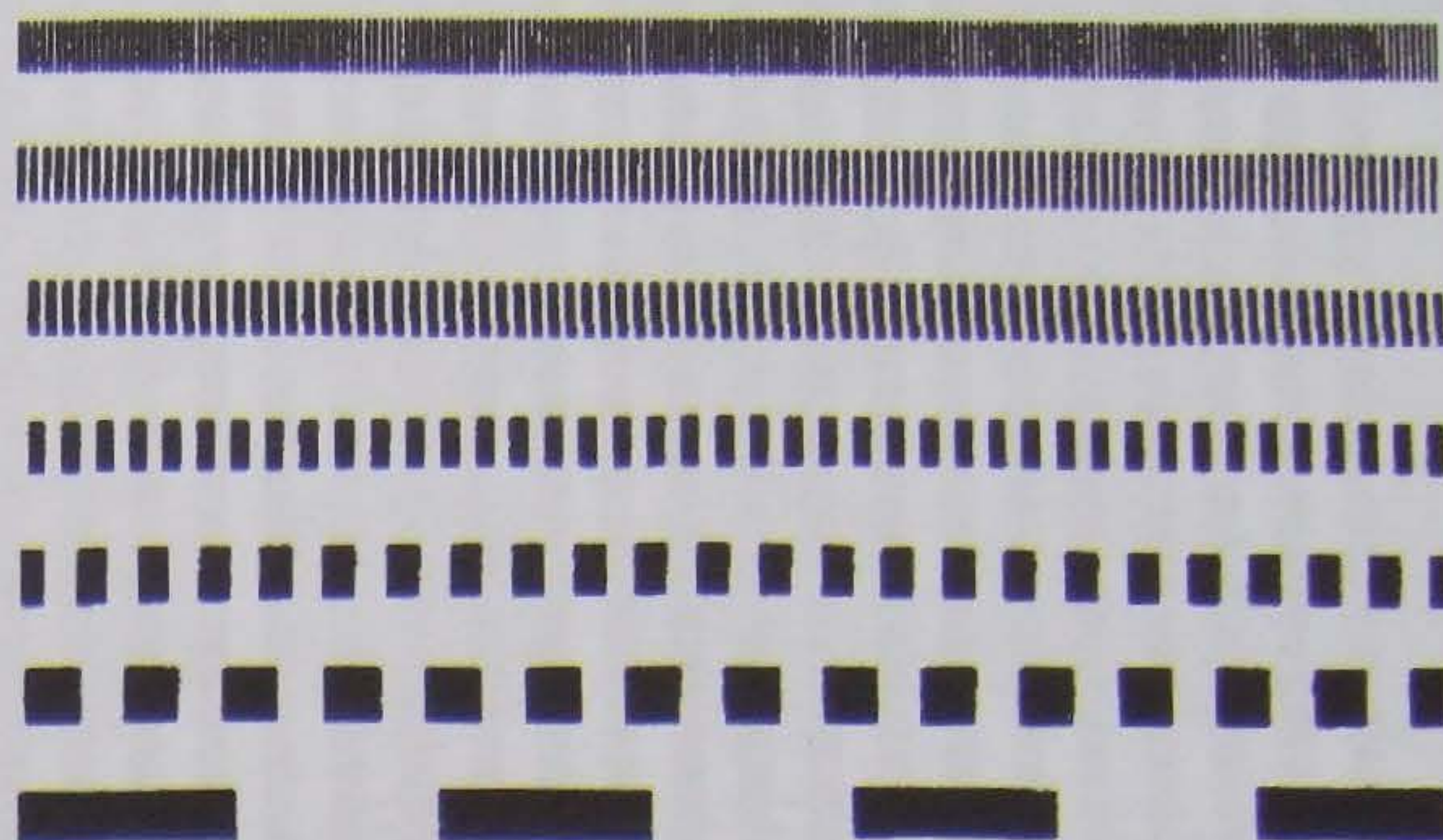
12











## LA VARIATION DE GRAIN

La variation de grain est la sensation qui résulte de la succession des réductions photographiques d'un semis de taches. Dans une surface donnée et pour un semis régulier, ces réductions augmentent le nombre de taches, sans faire varier la valeur de la surface. (Tableau ci-contre, horizontalement : grain. Verticalement : valeur et forme.)

Dans une valeur donnée, le **GRAIN** est la quantité de taches séparables contenues dans une surface unitaire. Cette variation commence par le grain nul, dans lequel les éléments sont si nombreux, mais en même temps si petits qu'ils ne sont plus identifiables à l'œil nu. Du grain nul, la variation s'étend jusqu'aux grains importants (ou "gros") qui forment la limite au delà de laquelle se crée une ambiguïté sur l'implantation du signe (dans un trop gros baguettage, la notion de zone risque de disparaître).

La notion de grain est inversement proportionnelle à la quantité de taches, et en photogravure une trame 50 (c'est-à-dire 50 points à l'inch) est un grain grossier ; une trame 300 correspond actuellement au grain le plus fin dans cette technique.

Si nous avons pris ci-dessus la réduction photographique comme exemple, c'est qu'elle est directement liée au problème du grain. Il faut malheureusement constater que ce lien est ignoré de la majorité des rédacteurs d'atlas scientifiques car :

**Le grain trop fin ne se réduit pas et disparaît de toute reproduction microfilmée.**

Si l'on veut bien prendre conscience que la documentation scientifique de demain sera essentiellement

microfilmée, on comprendra que la plupart des représentations en trames fines disparaîtront, et disparaîtront avec les informations qu'elles représentent (ex. p. 365).

### Valeur et grain.

Toute valeur peut donner lieu à une variation de grain, (hors les deux valeurs extrêmes - noir et blanc - car la valeur est dissociative). C'est dans les valeurs moyennes que les paliers de grain sont le plus sensibles et parviennent à "l'effet vibratoire" du grain (page suivante).

### Taille et grain.

La longueur de la gamme des grains est directement liée à la surface des taches grennées. Plus les taches sont grandes, plus le nombre des paliers séparables est grand. L'implantation conditionne par conséquent la longueur disponible.

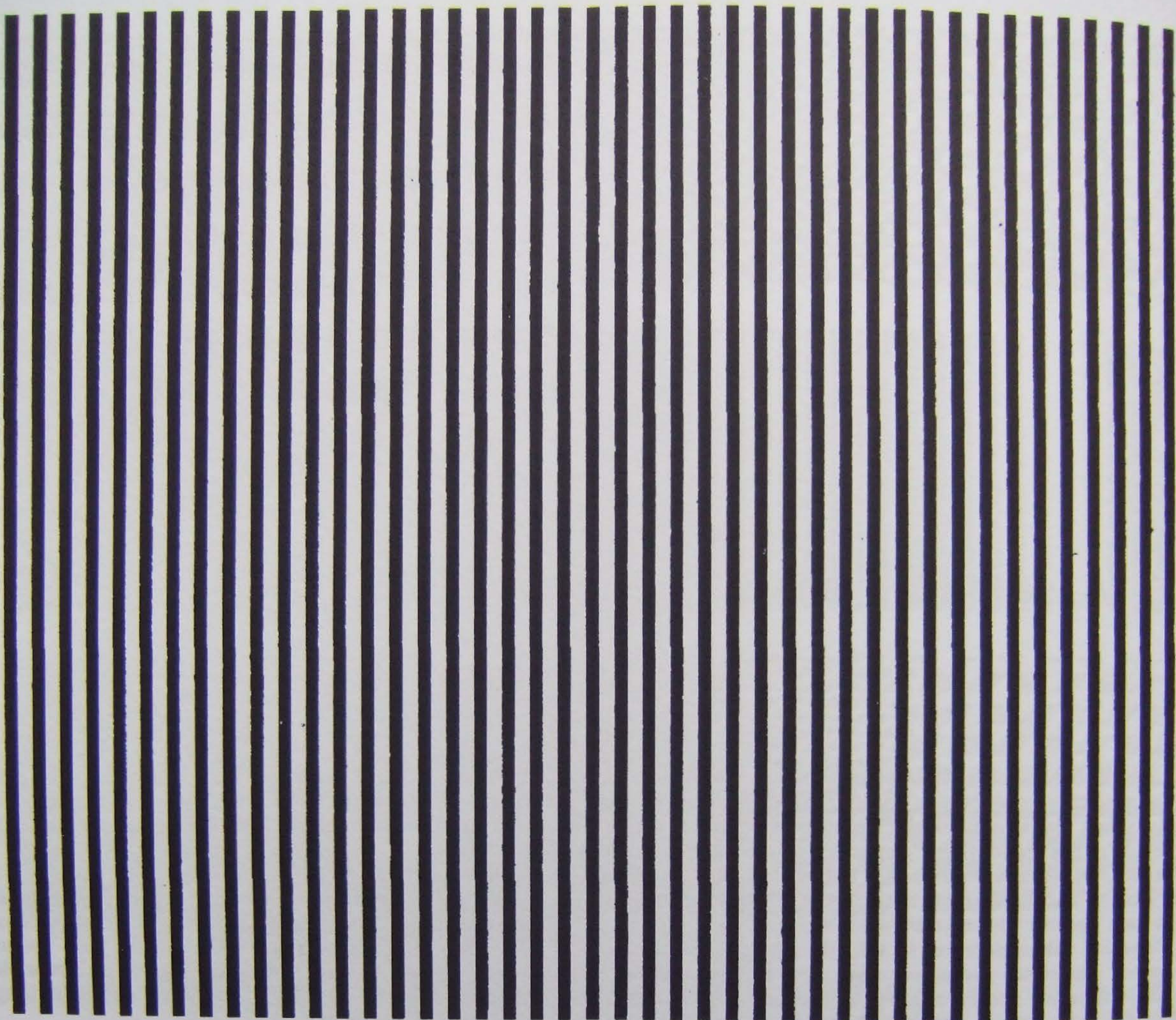
### L'implantation.

C'est évidemment en *implantation zonale* que le grain pourra qualifier les plus grandes taches et fournir le plus de paliers sensibles. Ils seront très nombreux en perception ordonnée, mais réduits à 4 ou 5 en perception sélective.

*En implantation linéaire* et pour une épaisseur de trait de 1 mm le grain conserve une certaine longueur (3 ou 4 paliers sélectifs).

*En implantation ponctuelle* le grain exige des signes assez grands et ne fournit cependant que 2 ou 3 paliers sélectifs. Il met généralement en œuvre l'effet vibratoire obtenu dans certaines conditions de dimension et de forme de taches.





### L'EFFET VIBRATOIRE DU GRAIN

Noir et blanc combinés d'une certaine manière provoquent dans de grandes plages la sensation pénible que l'on éprouve devant la figure ci-dessus. Cet effet spectaculaire de la vision constitue une remarquable possibilité sélective qu'il faut savoir employer à bon escient. Quand se produit-il?

Le tableau ci-contre combine la variation de grain et de valeur. Il a été doublé pour souligner le phénomène et les six lignes du bas ne sont que l'inverse des six lignes du haut.

De gauche à droite : variation de valeur ; du haut (ou du bas) vers le centre : variation de grain.

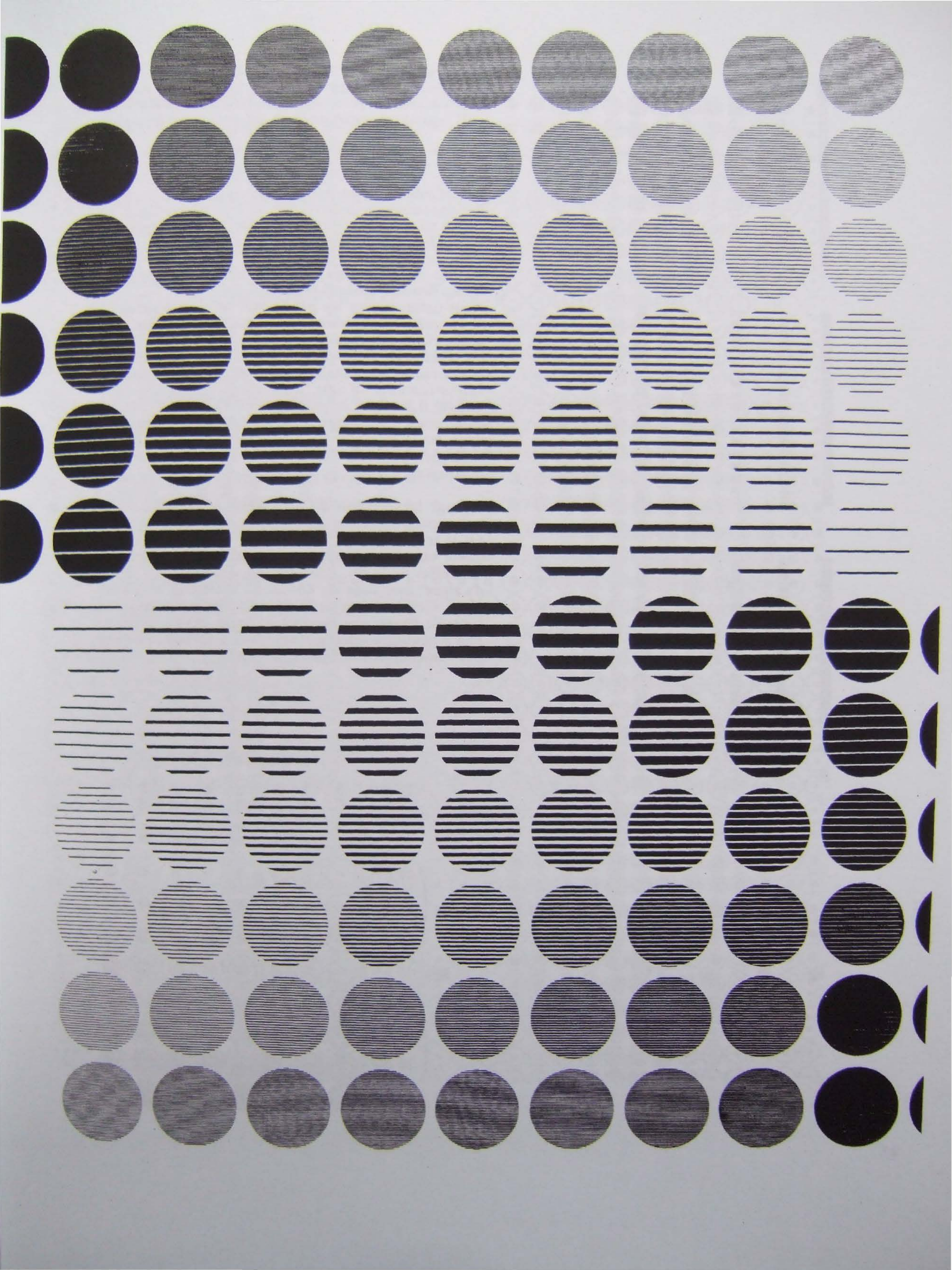
L'effet vibratoire apparaît dans la région centrale et

par conséquent pour des valeurs voisines de 50 % et des dimensions de plus de 1 mm des éléments.

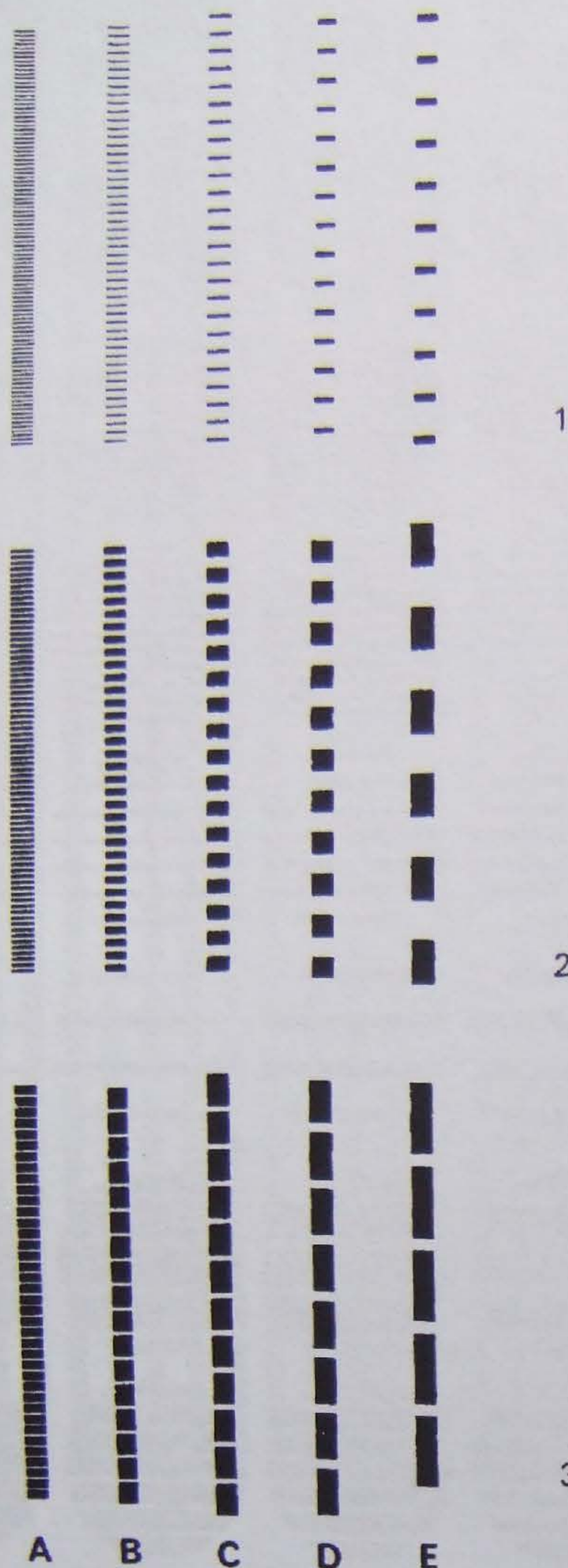
Cette "vibration" semble le résultat de la collusion d'un effet physiologique : la création au niveau rétinien d'une certaine résonance, et d'un effet psychologique : l'hésitation "fond-forme" qui se traduit dans la représentation graphique par une ambiguïté spontanée dans l'implantation : zone ou signe linéaire (ou ponctuel)?

Le rédacteur graphique a le devoir de tirer le meilleur parti de la variation. Il doit donc atteindre la résonance sans cependant provoquer une sensation pénible, et frôler l'ambiguïté sans cependant la créer.









### L'effet vibratoire en implantation linéaire.

Il est aisé de l'obtenir (2 B, C et D) et de lui dépend la sélectivité du grain en implantation linéaire (de (1) à (3) : variation de valeur; de A à E : variation de grain).

### L'effet vibratoire en implantation ponctuelle.

En implantation ponctuelle, et à condition que les signes soient assez grands (plus de 2 mm environ) on approche l'effet vibratoire de deux manières.

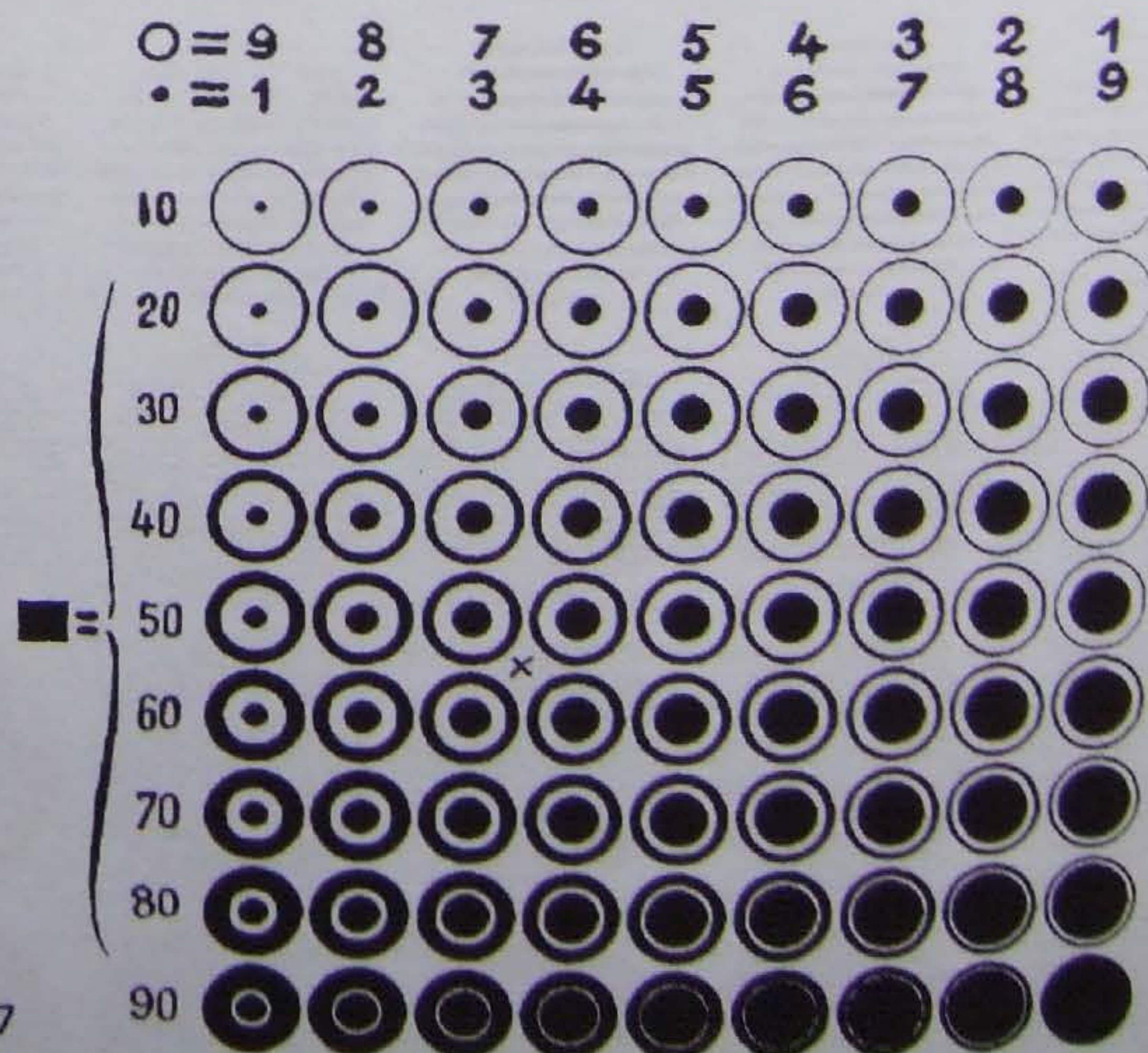
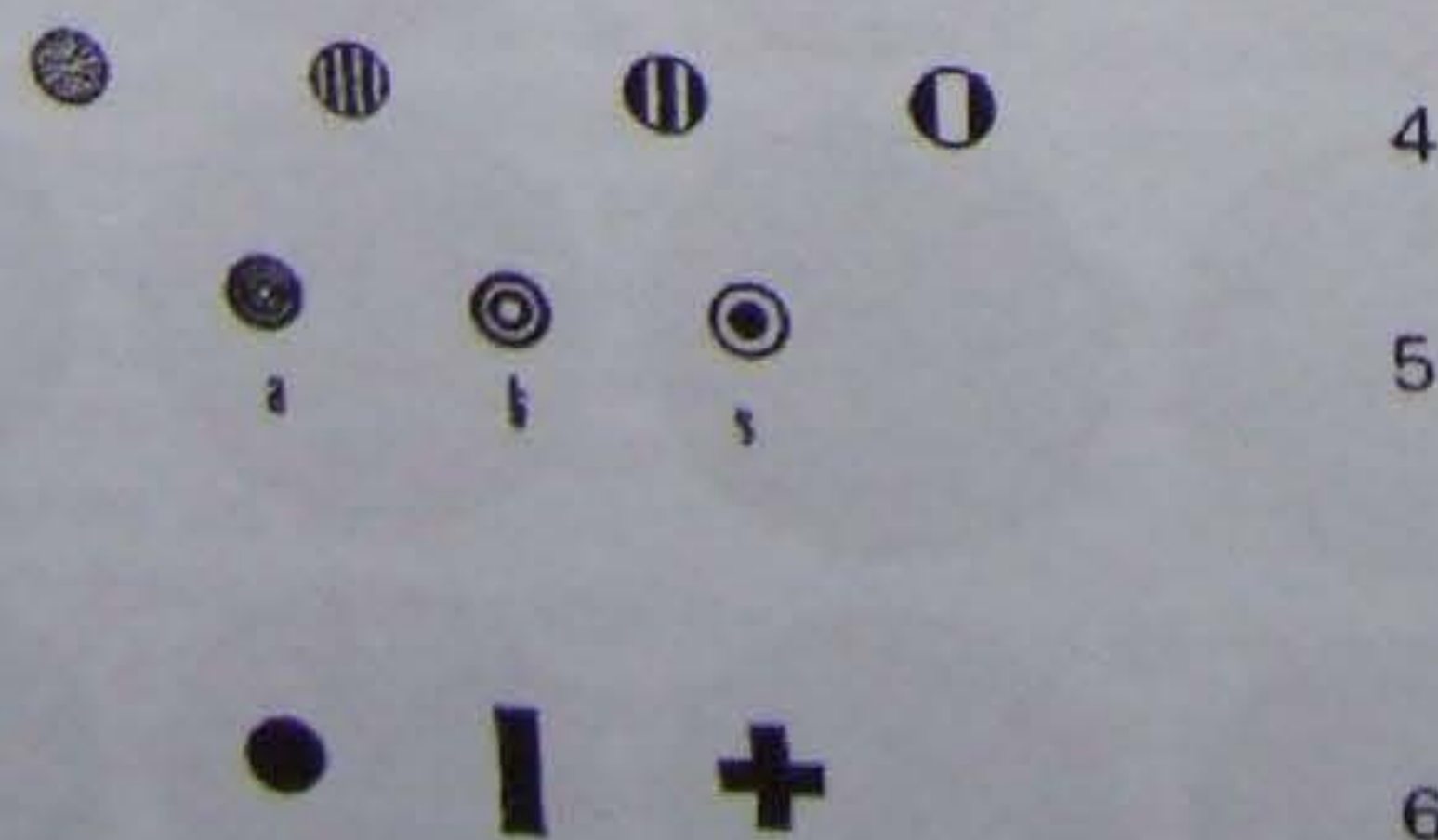
1°) par une variation de *complexité interne* dans une forme donnée, suivant (4) ou suivant (5).

Mais parmi toutes les possibilités de construction de (5 c), quelles dimensions de la couronne blanche fournissent le meilleur effet vibratoire ?

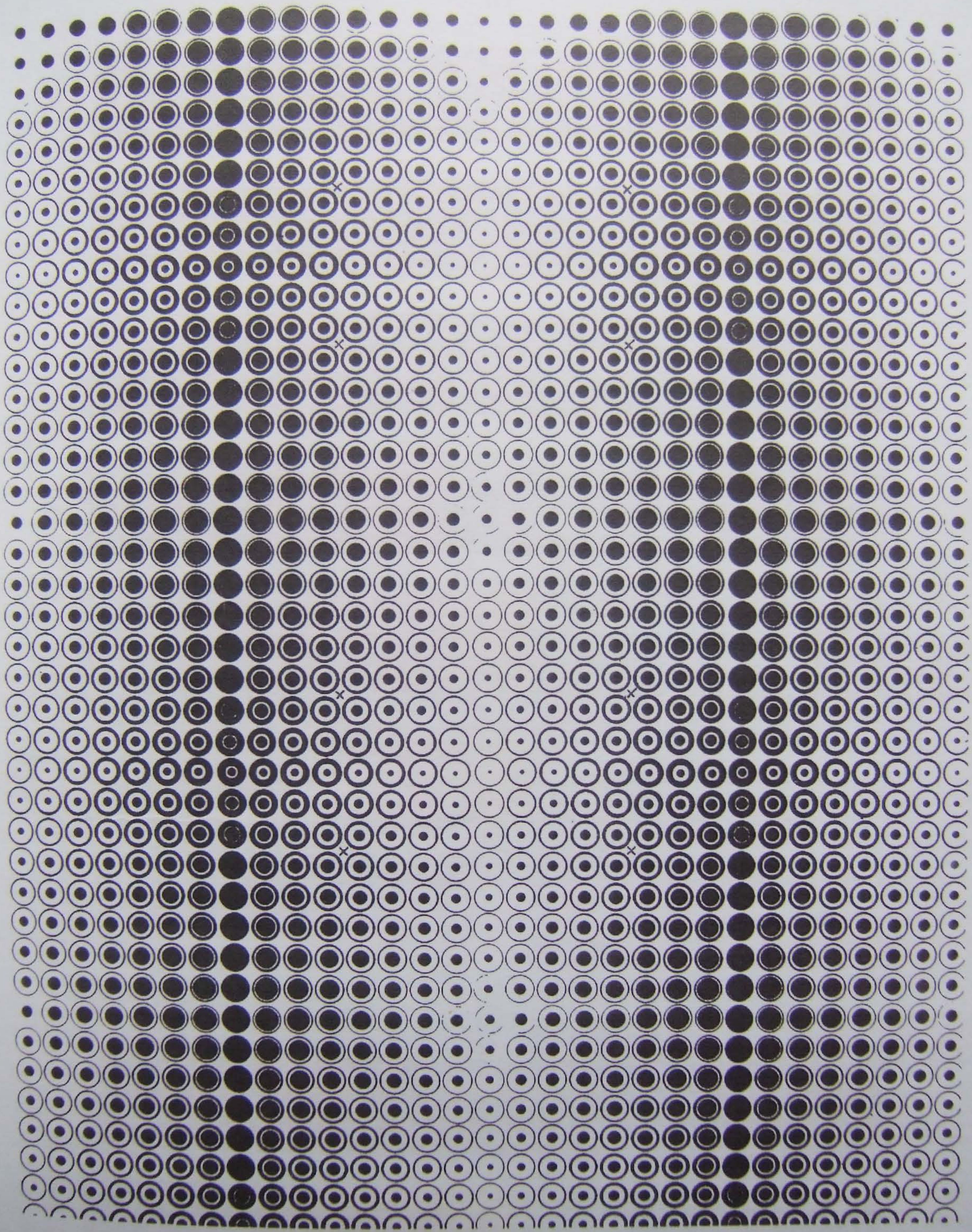
Le tableau (7) combine les variations de disposition de la couronne (de gauche à droite) et les variations de valeur (de haut en bas). Répété en construction cyclique (8) il souligne la puissance de l'effet, qui parvient à déformer la variation de valeur; il confirme que c'est dans les valeurs de 50 à 60 % et autour des dessins soulignés par une croix, en (8), que l'effet semble maximum.

2°) par la variation de *complexité externe* d'un signe qui oppose le cercle à l'étoile et dont l'ultime limite est le trait (6).

Cette variation se rapproche, dans ses effets perceptifs de l'effet de grain. Elle tend à créer, dans les limites du signe, une zone de confusion vibratoire et d'ambiguïté. Grâce à cet effet, le cercle, la croix et le trait sont les trois *formes* qui permettent, dans certaines limites, une perception sélective. Mais ces trois signes ne sont pas visuellement ordonnés.

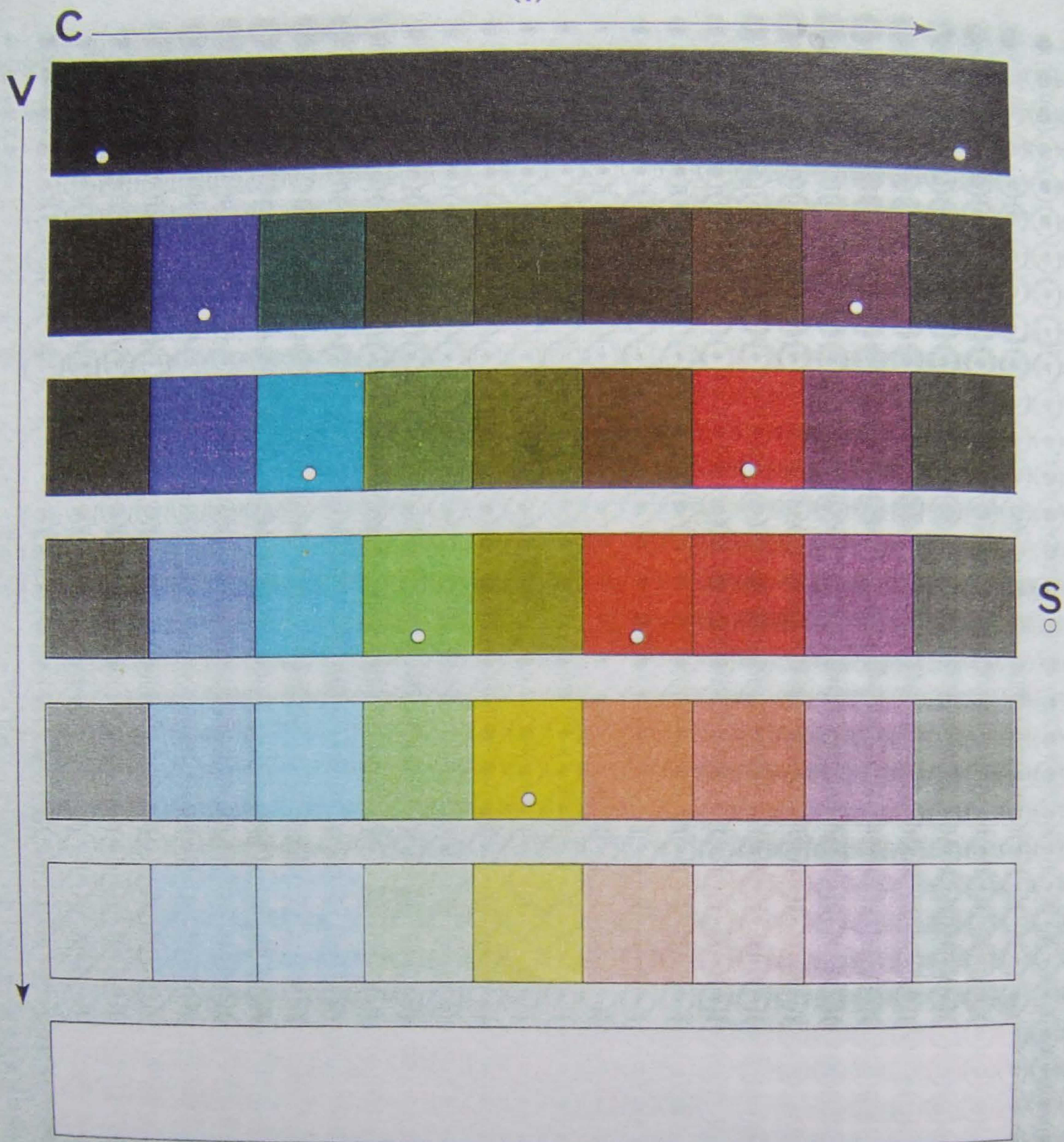






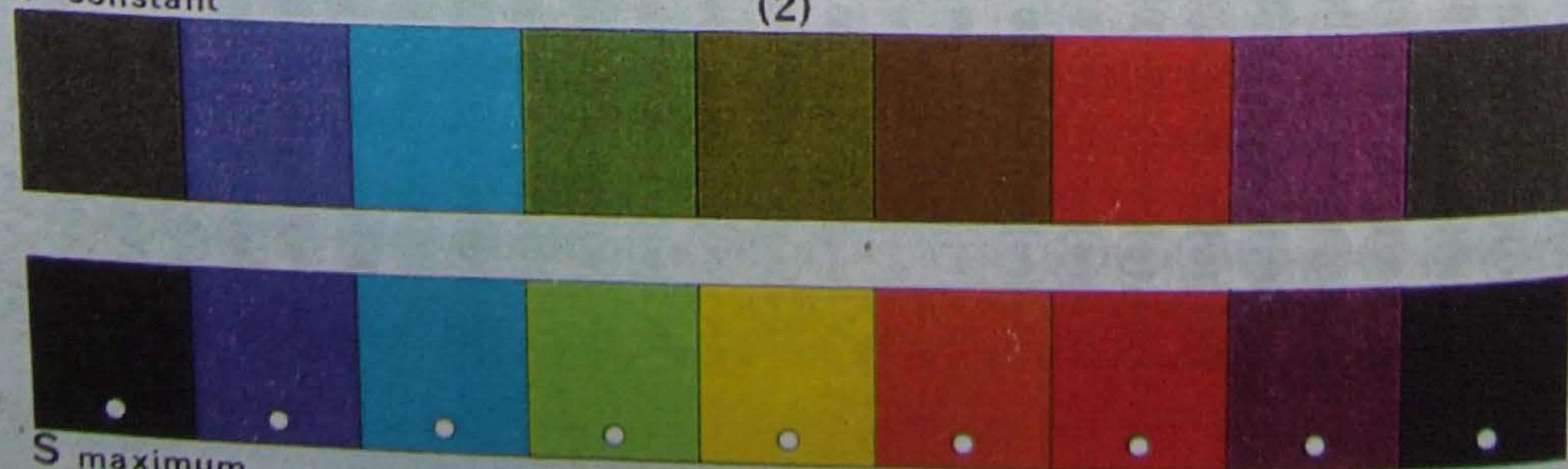


(1)



**V** constant

(2)



**S** maximum

(3)



## LA VARIATION DE COULEUR

*On ne peut comprendre l'emploi des sensations colorées si en premier lieu, on ne sépare pas d'une manière rigoureuse et définitive la notion de couleur de la notion de valeur. Ce sont deux sensations différentes, imbriquées par la nature des choses. Nous savons maintenant ce qu'il faut entendre par variation de valeur.*

La variation de COULEUR est la différenciation sensible, généralement provoquée par des excitations colorées différentes, que l'on peut percevoir entre deux plages de même valeur.

La combinaison couleur-valeur permet de construire un tableau à double entrée (1) et il est clair que l'on peut traverser toute la gamme des couleurs sans changer de valeur (de gauche à droite) de même que l'on peut parcourir la gamme des valeurs dans chacune des couleurs (de haut en bas).

Chacune des cases du tableau est un TON. Un ton porté sur une feuille de papier peut donc se définir par deux paramètres : la couleur\* avec les catégories violet, bleu, vert, jaune, orangé, rouge, pourpre, gris (ou teinte neutre)\*\*, et la valeur, exprimée par le pourcentage de noir du gris correspondant.

### La saturation de la couleur.

Pour construire toute la gamme des valeurs, il est nécessaire, quelle que soit la couleur choisie, d'ajouter du blanc pour obtenir des valeurs claires, ou du noir pour obtenir des valeurs foncées. Il existe donc, dans chaque couleur, une valeur centrale pour laquelle il n'est besoin ni de blanc ni de noir. Dans cette valeur privilégiée, la couleur n'étant ni "lavée" de blanc, ni "salie" de noir nous paraît plus éclatante. C'est le "ton pur" des peintres, des imprimeurs et de la colorimétrie. C'est le TON SATURÉ de la psychologie.

Le blanc correspond à l'addition de toutes les couleurs, le noir à la diminution du pouvoir réfléchissant. Le ton saturé correspond donc à la couleur sans mélange avec

d'autres couleurs, c'est-à-dire à une bande très étroite dans le spectre coloré. Notons que le ton parfaitement pur n'existe pas. Il correspond à une bande infinitésimale et par conséquent invisible\*\*\*.

### Valeur et saturation.

La couleur saturée est marquée d'un point dans le tableau (1) ci-contre. On constate que le jaune pur est sur la ligne 5, le vert et l'orange purs sur la ligne 4, le bleu et le rouge sur la ligne 3, le violet et le pourpre sur la ligne 2.

**Le ton saturé varie de valeur suivant la couleur (3).** De cette constatation découlent les principaux problèmes soulevés par l'emploi de la couleur. Dans la représentation graphique, les conséquences sont nombreuses.

### Terminologie.

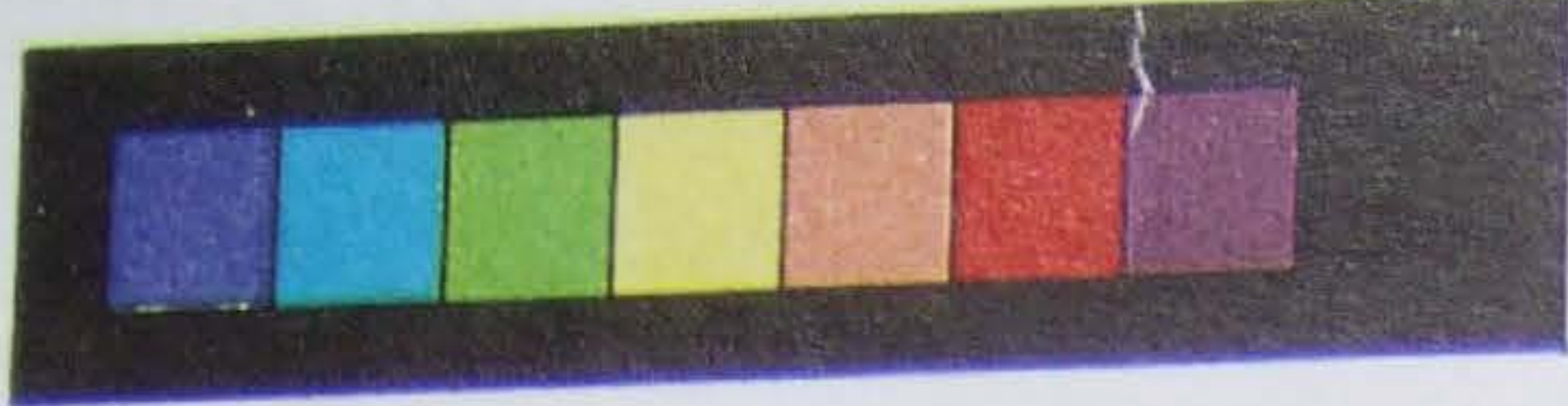
(\*) Le mot "teinte" est trop chargé d'ambiguïté dans le langage courant pour nous aider à préciser la notion de couleur. On parle en effet de teintes claires ou foncées (variation de valeur), chaudes ou froides (variation de couleur), plates ou tramées (variation de grain).

(\*\*) La variation de couleur est la sensation visuelle qui résulte d'une différence entre deux plages. Le gris fournit donc une variation colorée, par rapport à toute autre couleur. Inversement, un dessin monochrome en rouge ne contient pas de variation colorée. (Il peut être photographié en noir sans perte d'information).

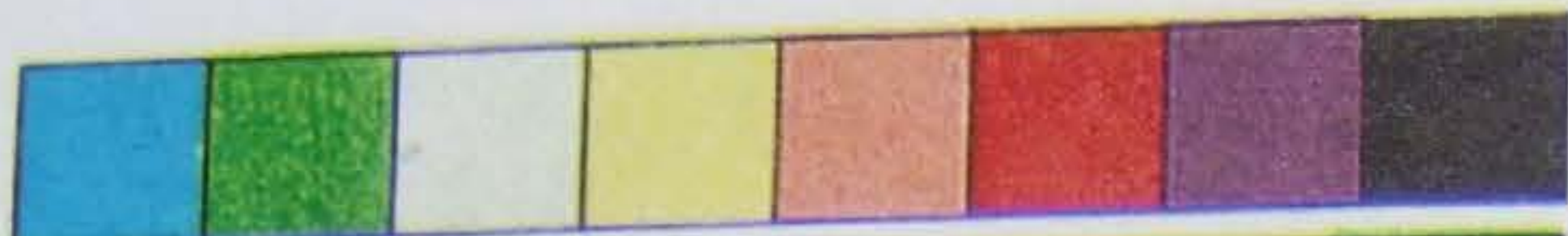
(\*\*\*) En colorimétrie une couleur est donc définie par deux paramètres. 1) La largeur de la bande prélevée dans le spectre (ou "facteur de pureté"), plus elle est étroite plus le ton est saturé. 2) La longueur d'onde du centre de la bande (ou "chromaticité"). Pour définir rigoureusement un ton, il faut par conséquent ces deux paramètres et la valeur (ou "facteur de luminance").



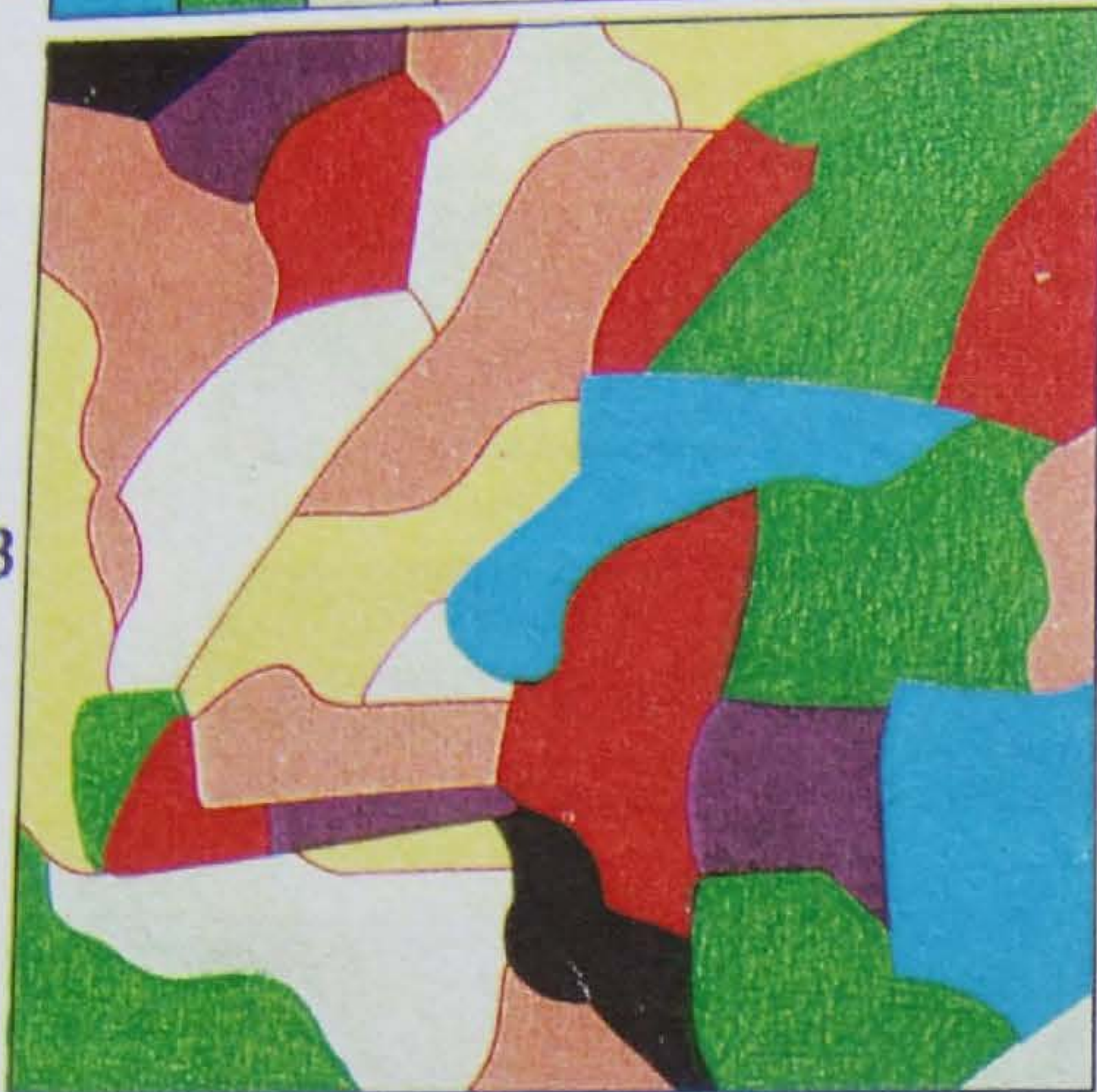
1



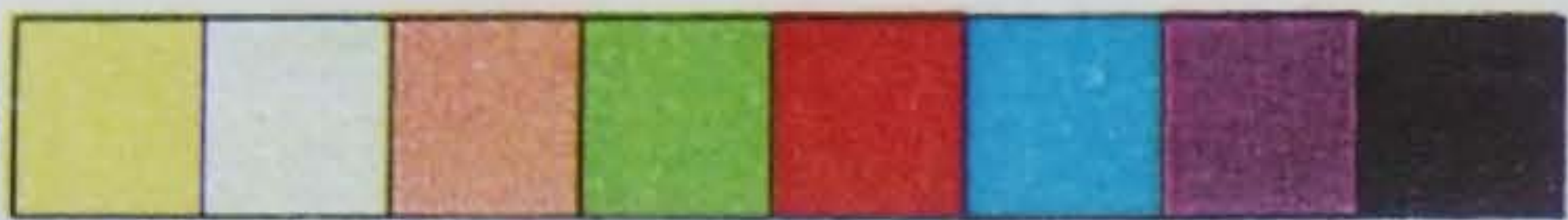
2



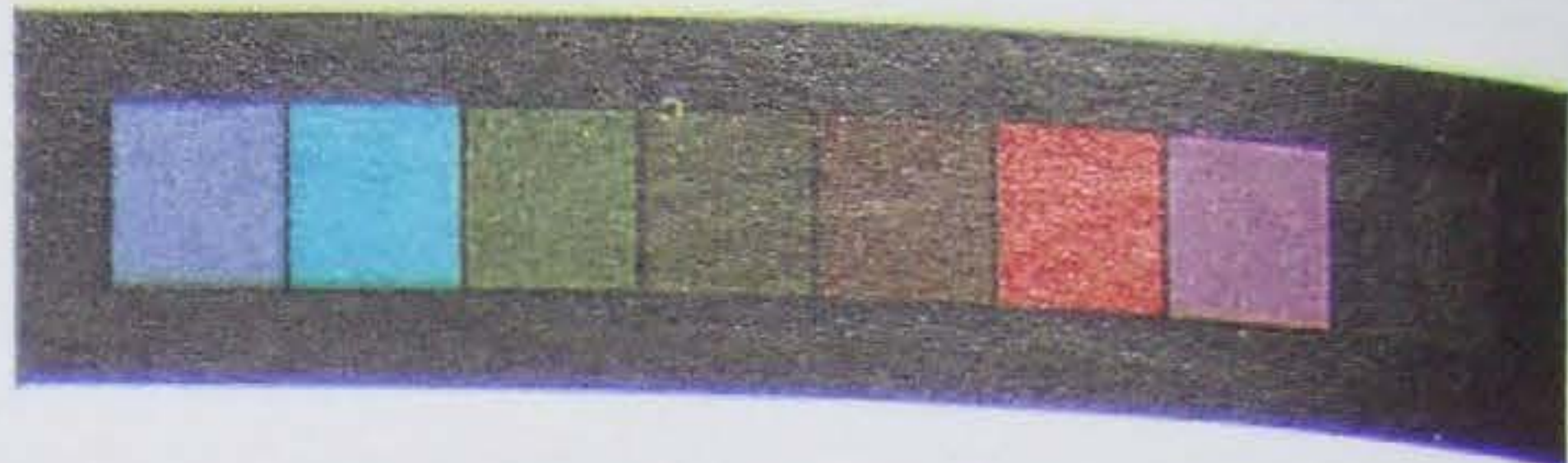
3



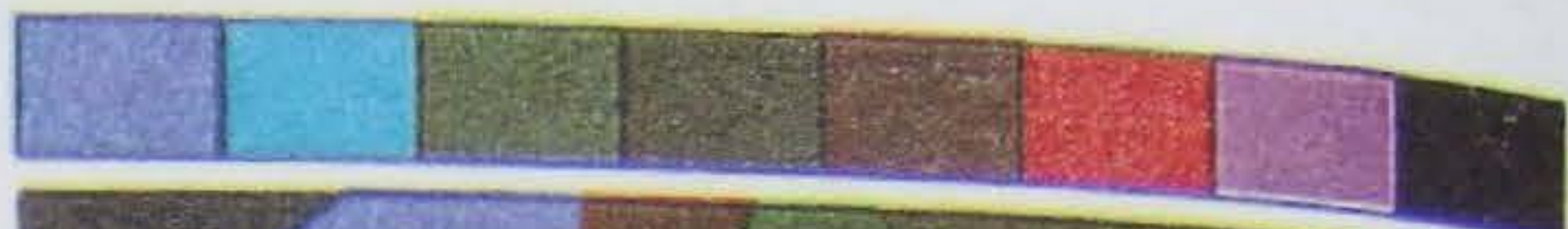
4



11



12



13



14



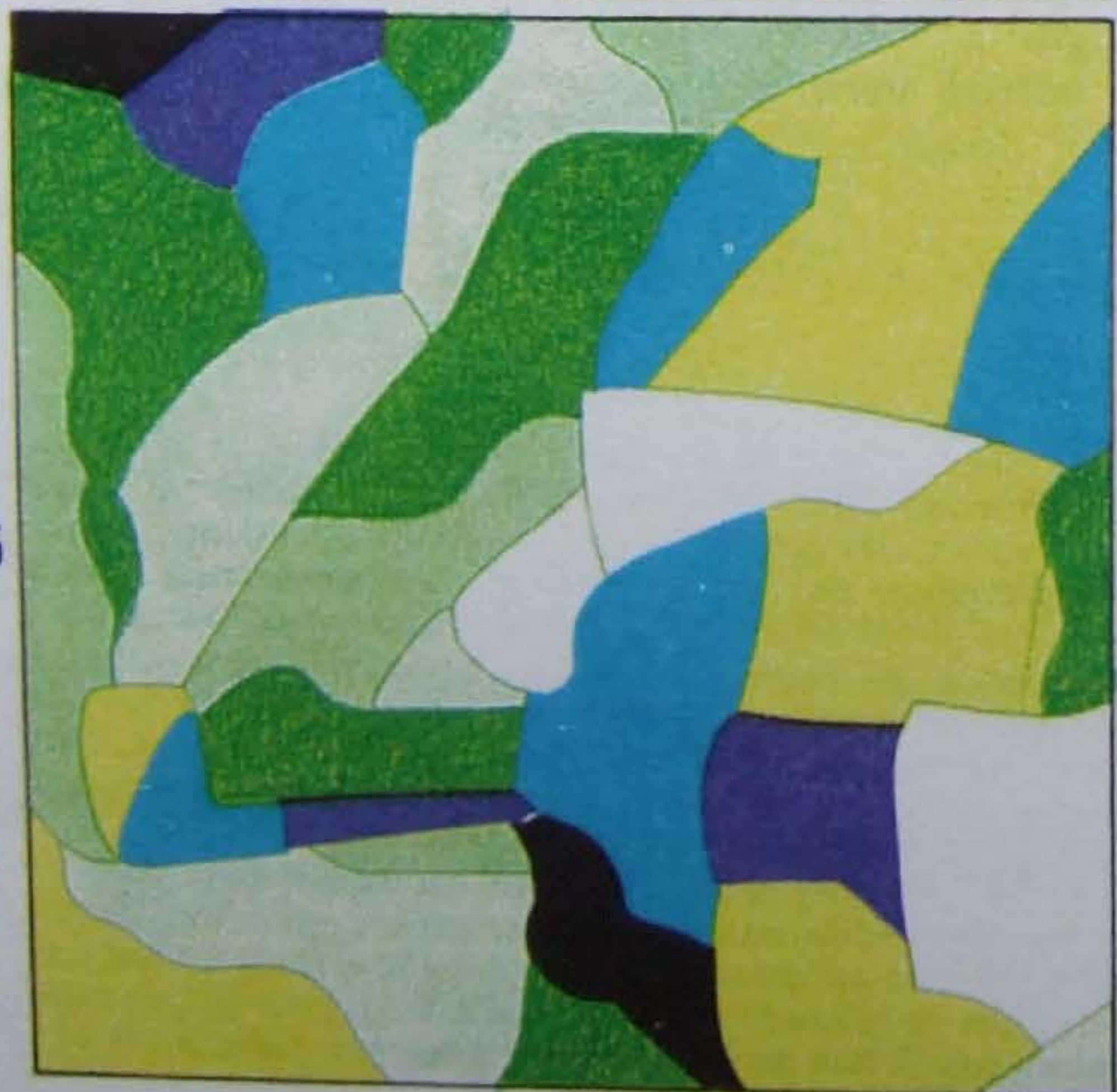
15



5



6



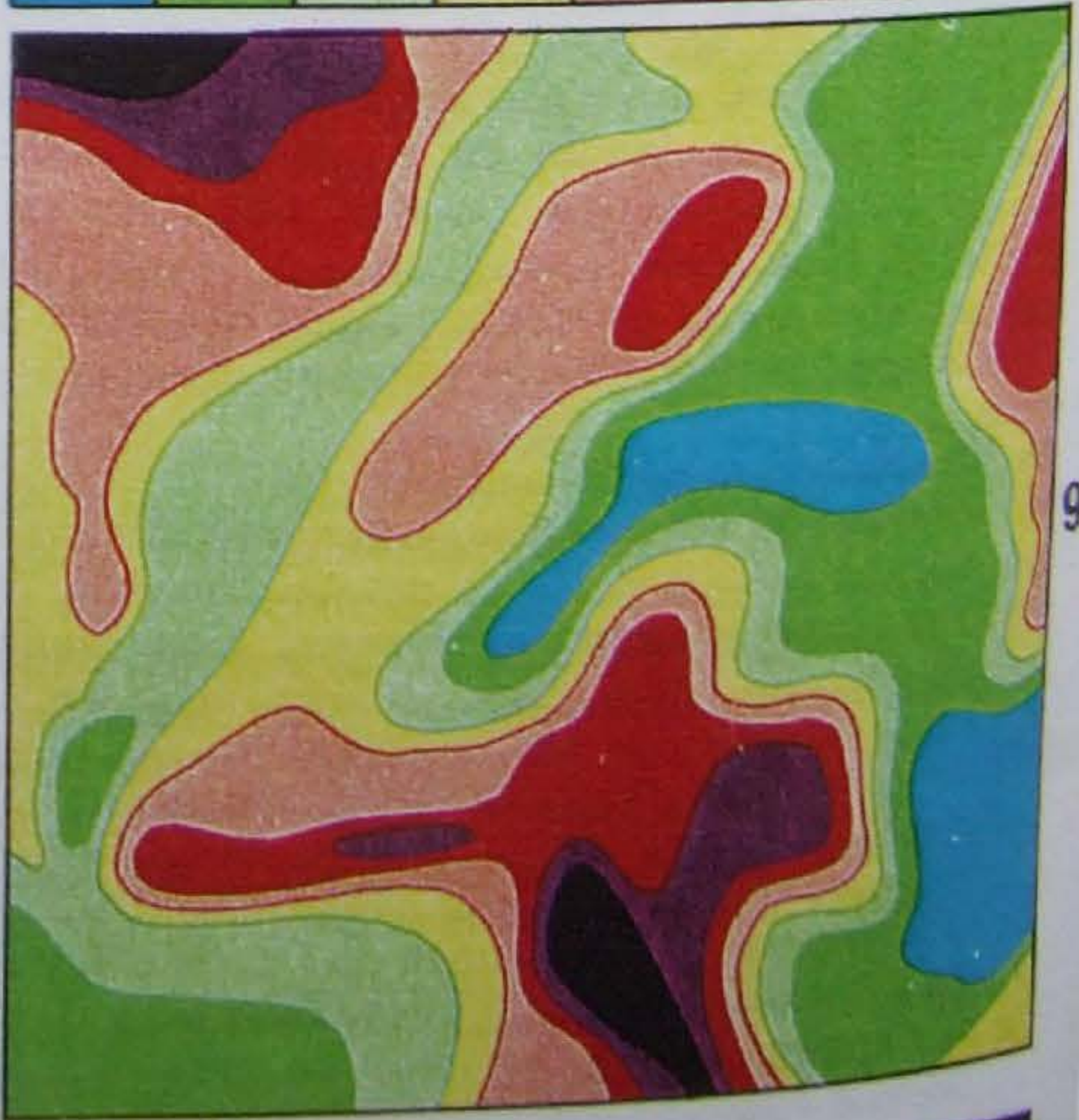
7



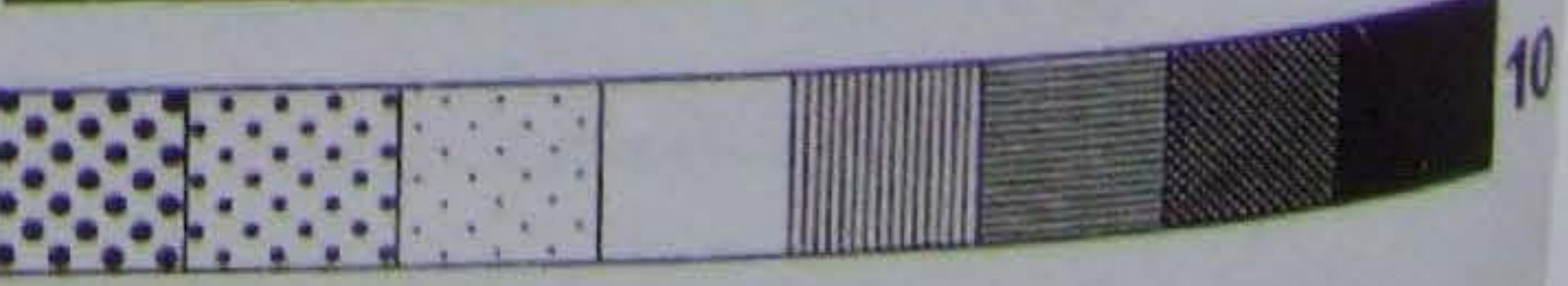
8



9



10





## A ÉGALITÉ DE SATURATION (saturation maximum).

**La gamme des tons purs combine couleur et valeur.**  
Si l'on ne retient que les tons purs, ce qui est instinctif puisque ce sont les tons les plus éclatants, on construit à la fois, une variation de couleur et une variation de valeur. C'est le spectre des couleurs (1).

**Chacune des deux régions du spectre fournit une gamme ordonnée.**

La couleur la plus claire, le centre de la "fenêtre optique" est le jaune. Mais à tous les autres niveaux de valeur l'œil rencontre deux couleurs différentes. L'ordre des valeurs ne suit pas la gamme spectrale.

**Les propriétés visuelles spontanées s'établissent sur l'ordre des valeurs et mélangent les deux régions du spectre.**

Soit une composante ordonnée. Transcrite suivant les deux ordres du spectre (2) elle fournit l'image d'un personnage (3). Transcrite suivant la première moitié du spectre (5), la même répartition fournit l'image du chiffre "quatre" (6).

C'est qu'en (3) la perception spontanée ne s'établit pas sur la légende (2) mais sur la gamme (4) qui confond les couleurs dans une unique gamme de valeurs. La perception spontanée n'admet qu'un ordre en élévation.

En conséquence, si la gamme des tons purs "froids" (5), celle des tons purs "chauds" (7) sont chacune ordonnées, *le mélange des deux gammes est une source de confusion visuelle* dans la transcription d'une composante ordonnée.

On ne les mélange utilement que dans les "courbes d'égalité" c'est-à-dire quand le plan rétablit en tout lieu le continu de la série spectrale (9). L'image d'ensemble peut alors s'établir sur la série "chauds-clairs-froids". D'ailleurs elle reconstitue le chiffre "quatre" et démontre ainsi que (3) fournit une image erronée.

**La variation de couleur est inutile à la perception ordonnée.**

Une variation monochrome de valeur apporte le même résultat (p. 90).

La redondance de couleur n'ajoute que la sélectivité et celle-ci peut être fournie par le grain, l'orientation et la forme (10) et p. 90. La couleur est souvent un luxe inutile.

## A ÉGALITÉ DE VALEUR.

**La variation de couleur n'est pas ordonnée.**

Lorsque la variation de valeur est exclue (11), la couleur ne fournit jamais un ordre spontané. Chacun disposera les couleurs dans un ordre différent : (12), (14), (15)... La variation de couleur proprement dite n'est que sélective et associative. Elle ne peut transcrire une composante ordonnée (13).

**Le choix de couleurs sélectives est différent suivant la valeur.**

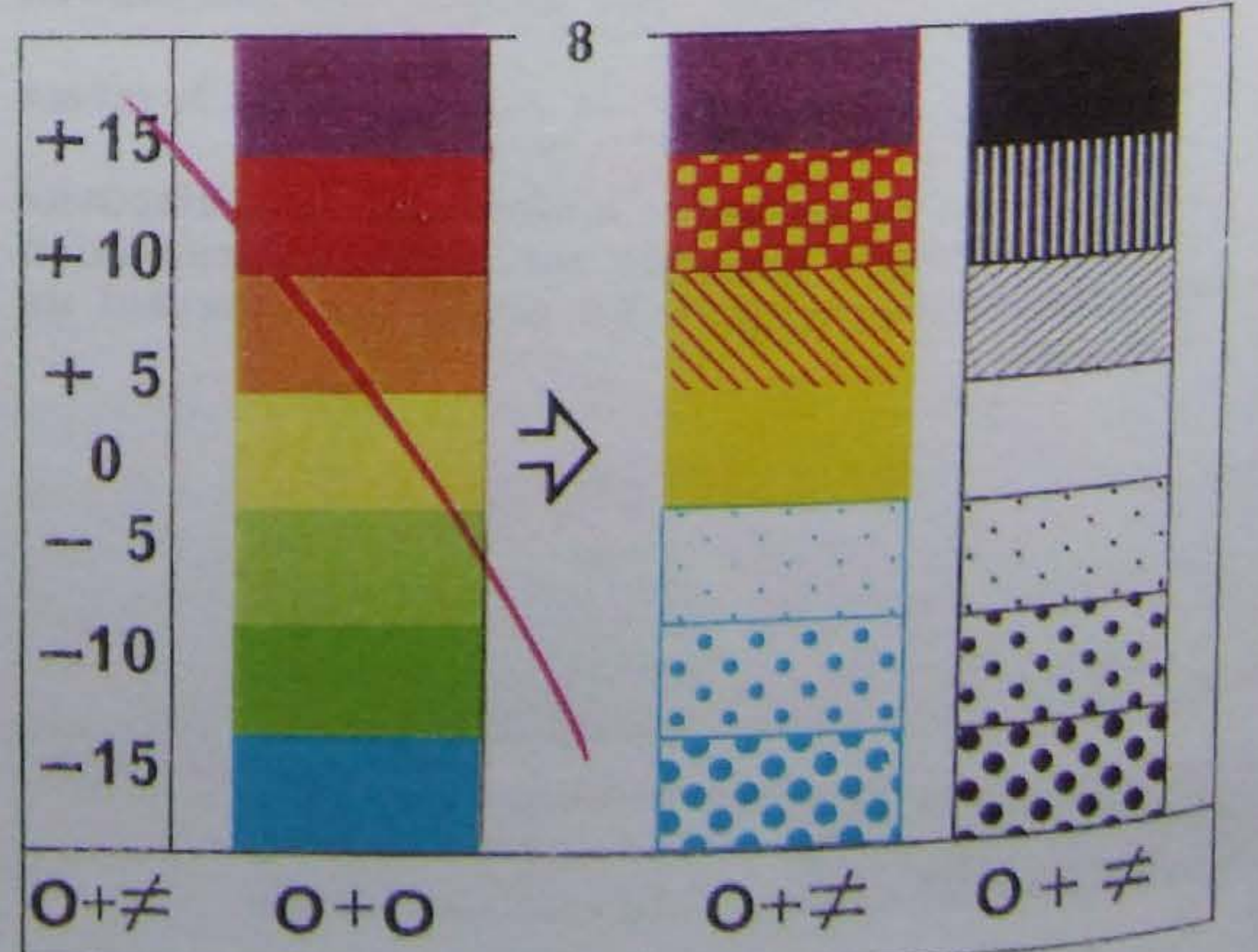
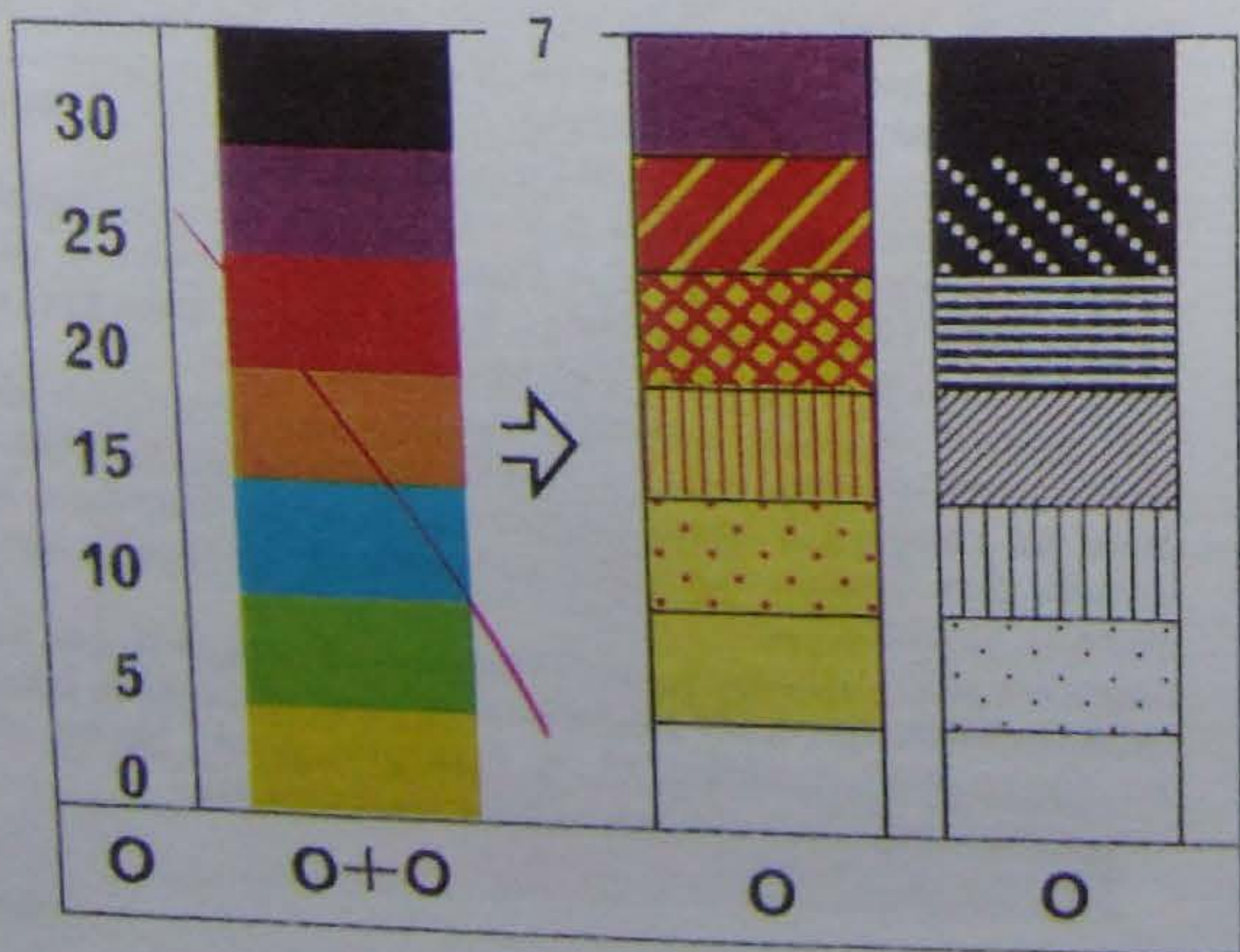
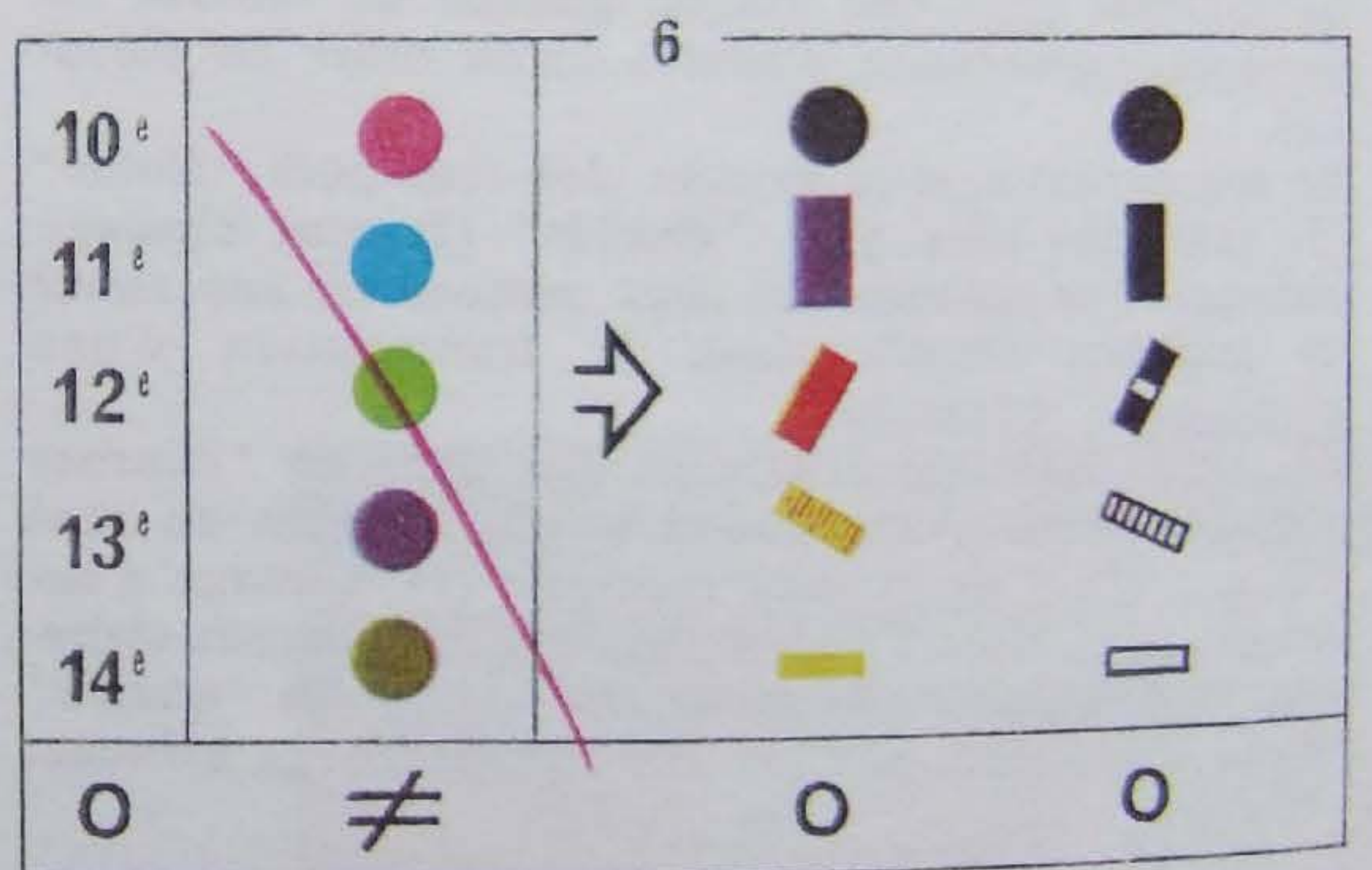
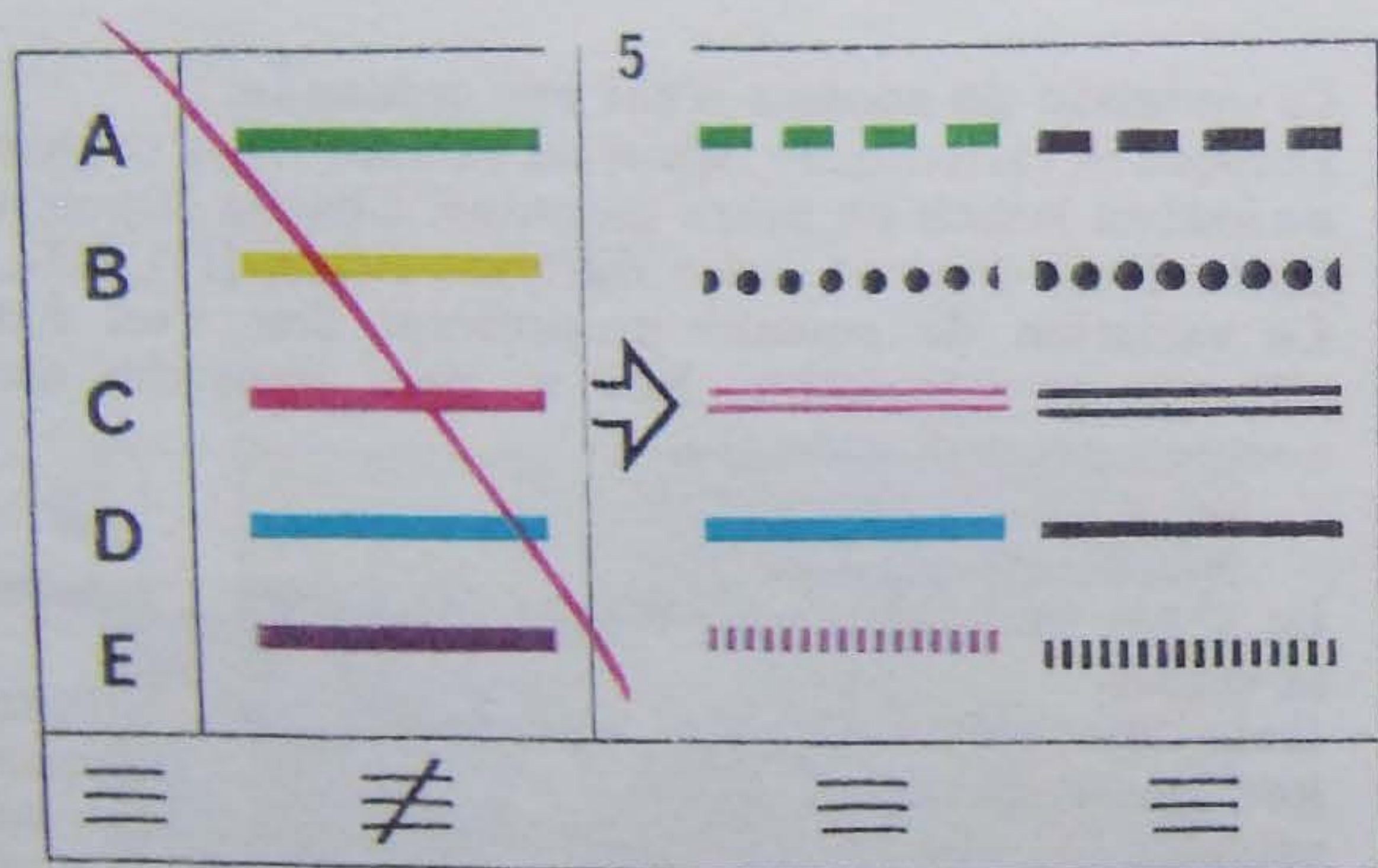
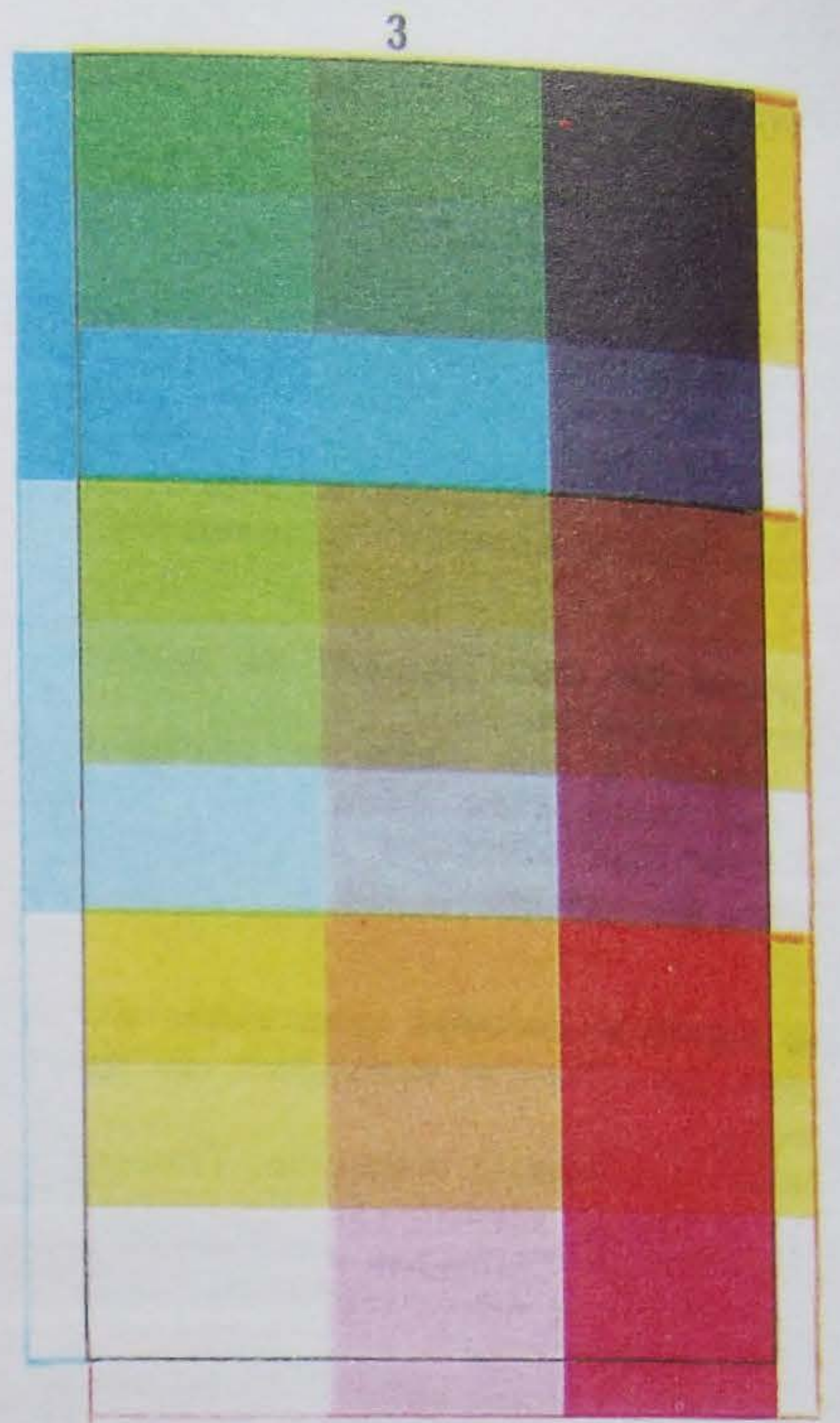
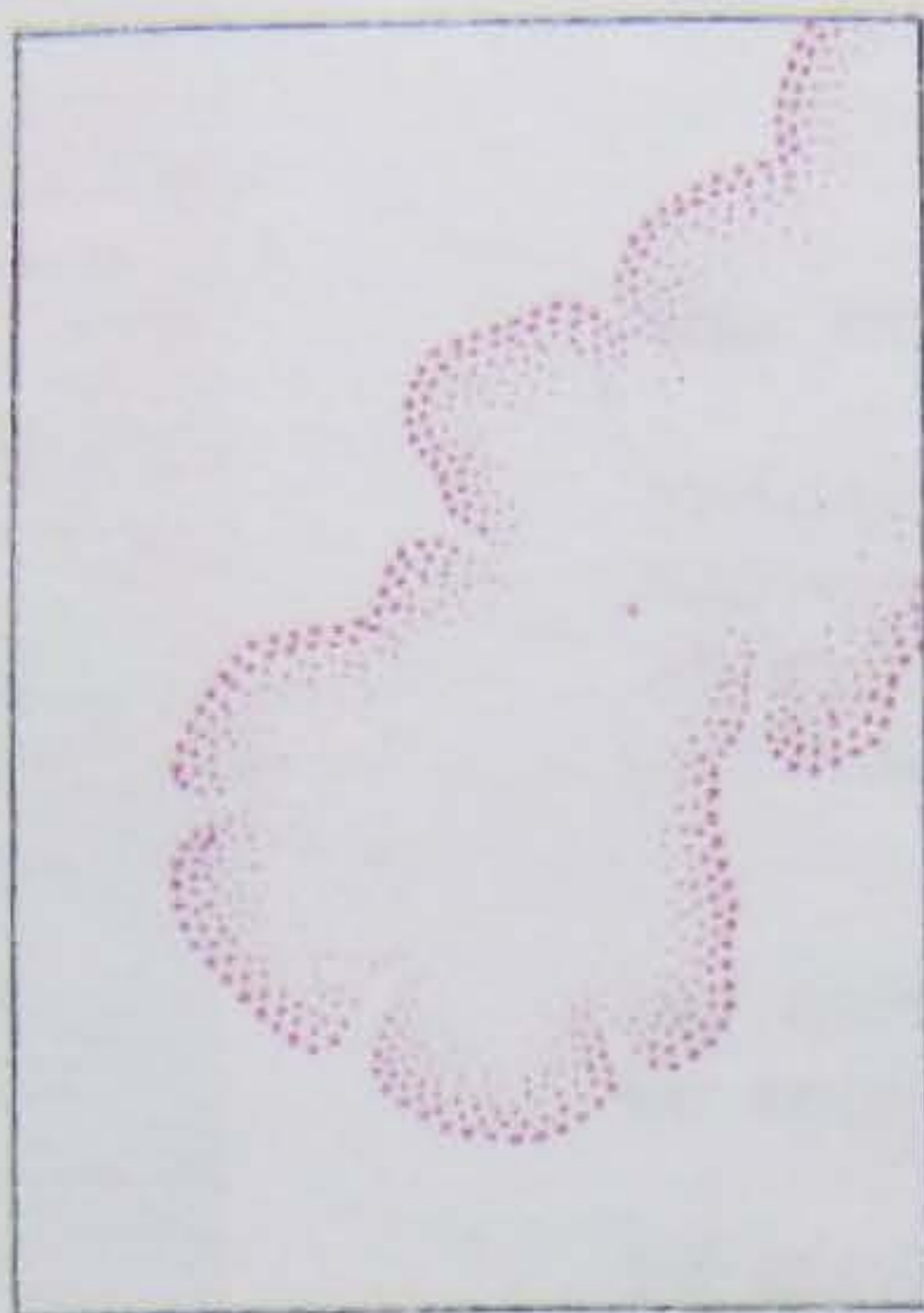
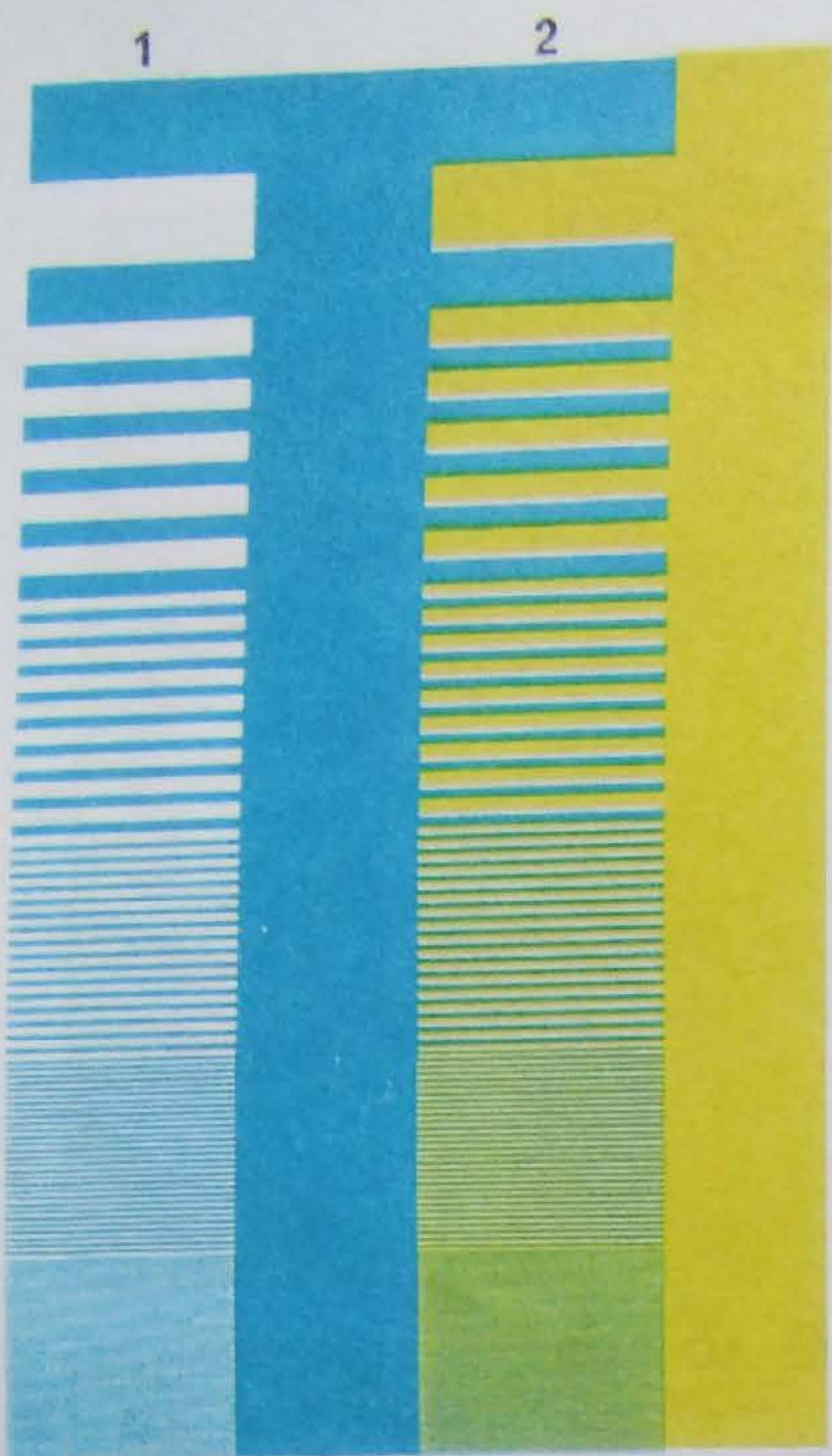
Dans une valeur donnée, c'est-à-dire sur une ligne horizontale du tableau p. 84, il n'y a que deux couleurs saturées (et une seule au niveau du jaune). Plus on s'éloigne horizontalement d'un point de saturation plus les autres couleurs, "salies" de noir ou "lavées" de blanc, tendent à fusionner dans la grisaille.

*La sélectivité est maximum près de la couleur saturée et diminue lorsqu'on s'en éloigne.* En conséquence, dans les valeurs claires les paliers sélectifs sont choisis autour du jaune, du vert à l'orangé, pour colorer des zones sans charger le dessin. Bleu, violet, pourpre et rouge clairs sont grisâtres et peu sélectifs.

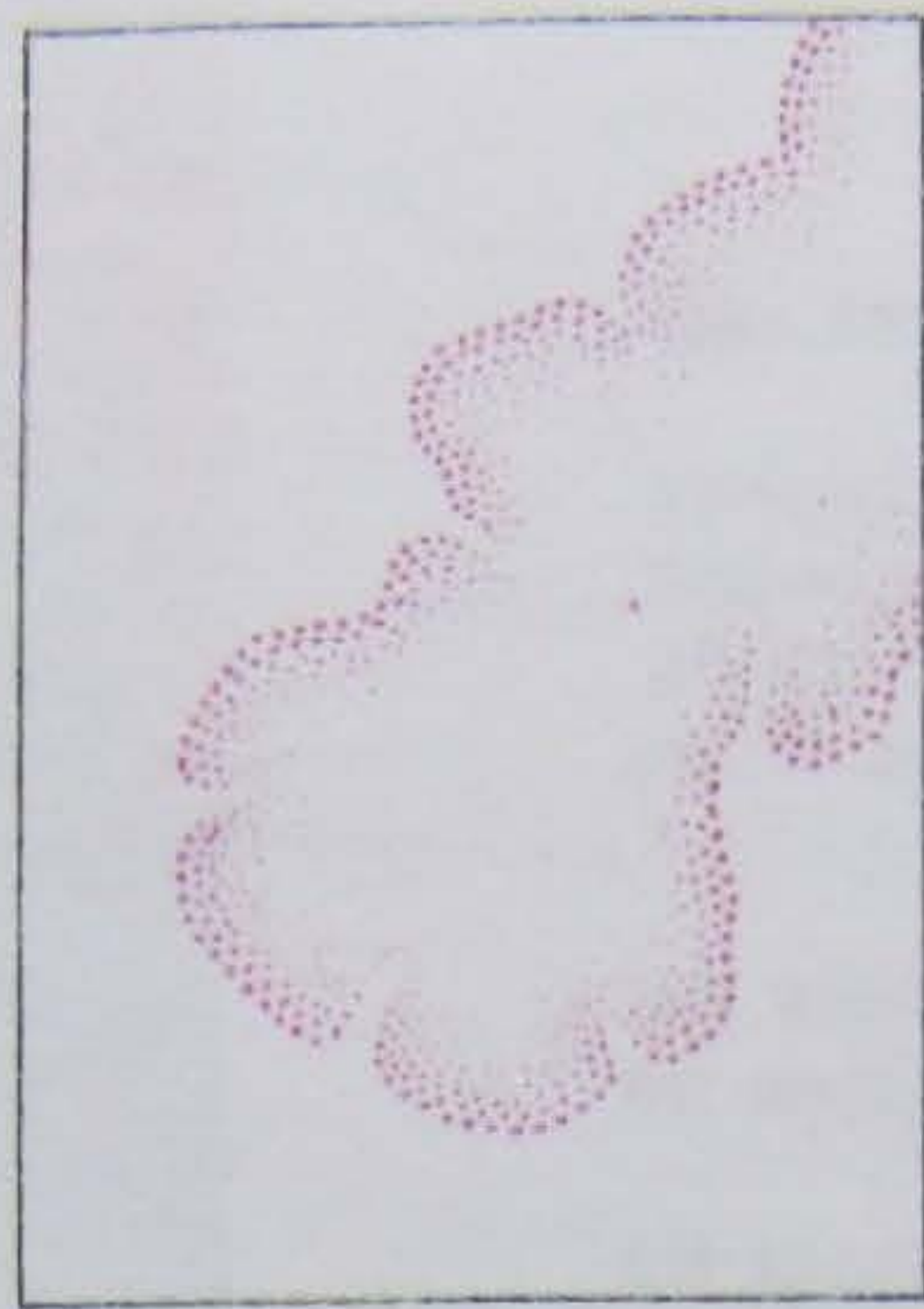
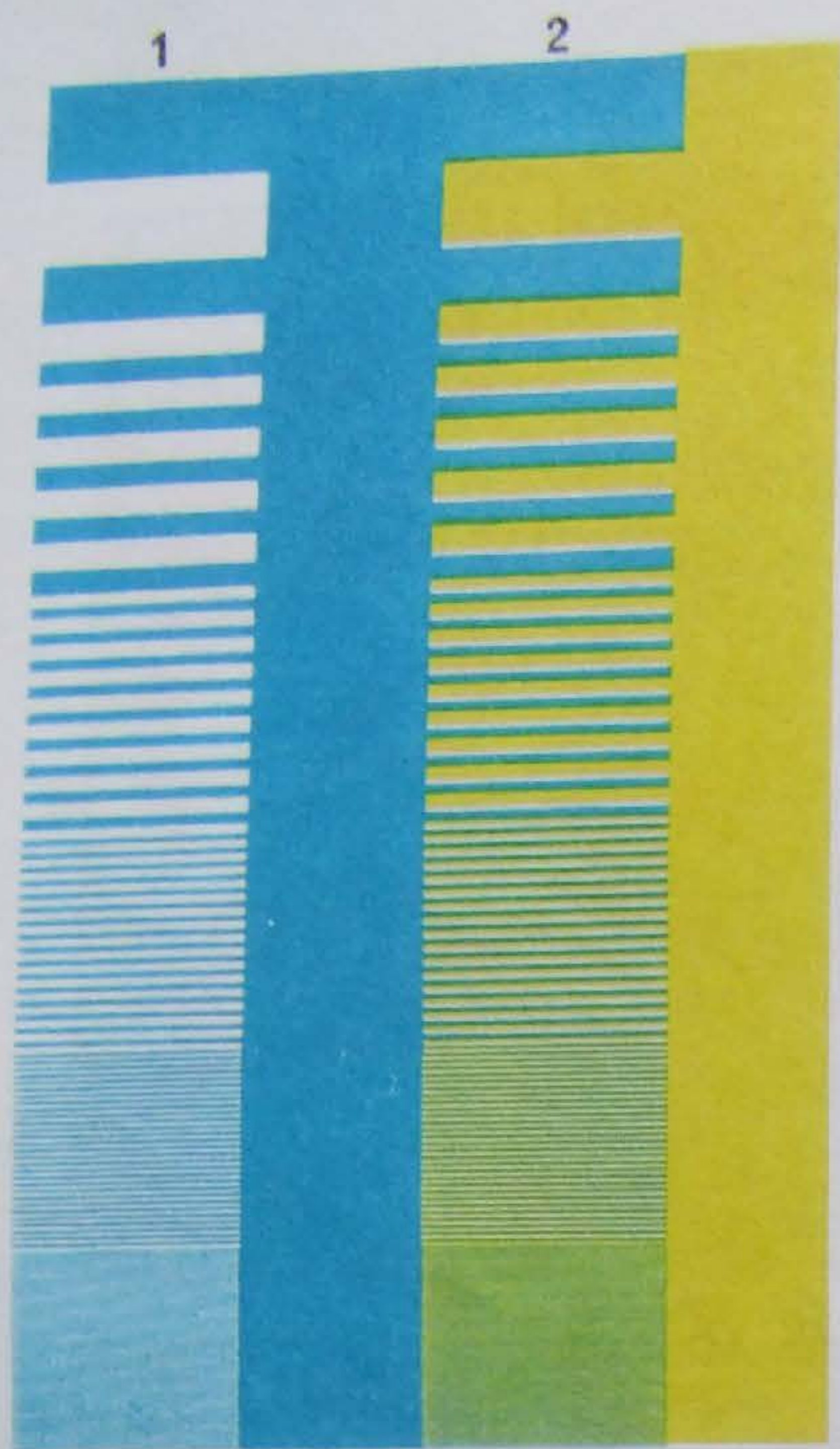
*Les valeurs moyennes* offrent le plus grand nombre de paliers colorés sélectifs. Les deux couleurs saturées : bleu et rouge sont diamétralement opposées dans le cercle des couleurs et les secteurs de grisaille sont réduits au minimum.

*Dans les valeurs foncées* pour dessiner des signes qui se détachent du fond, les paliers sélectifs s'étalent du bleu au rouge par le violet et le pourpre. Vert, jaune et orange foncés sont ternes et peu différenciés.

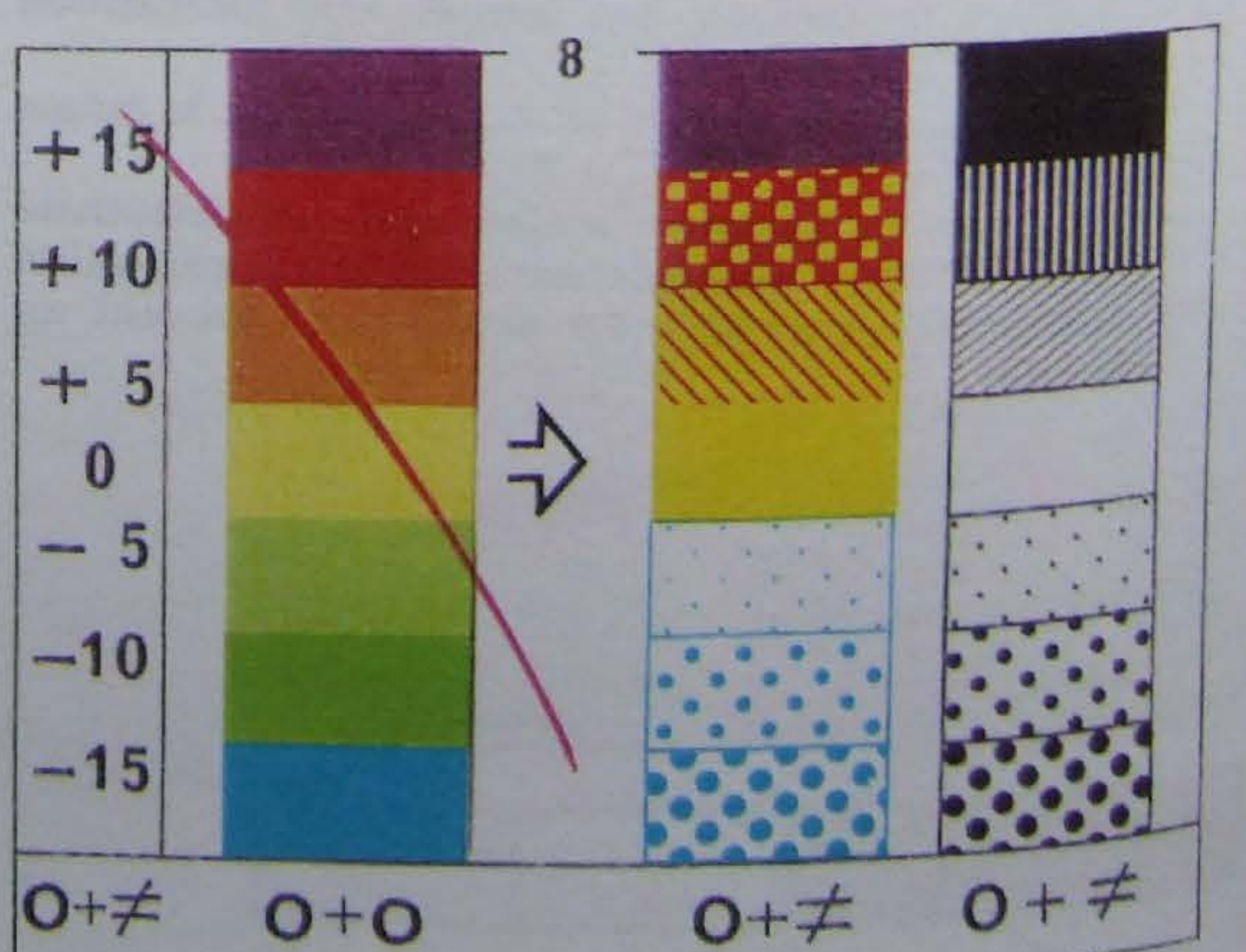
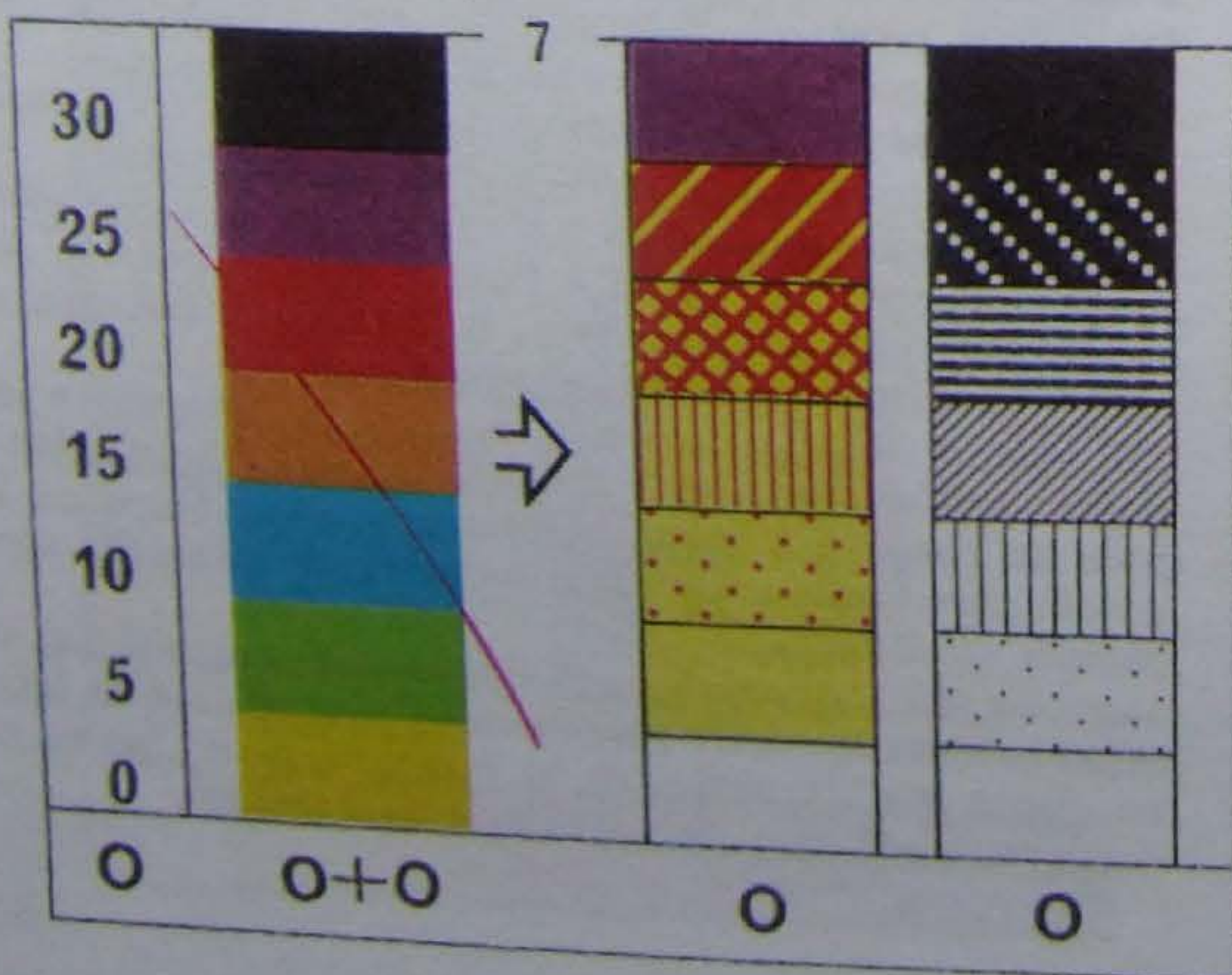
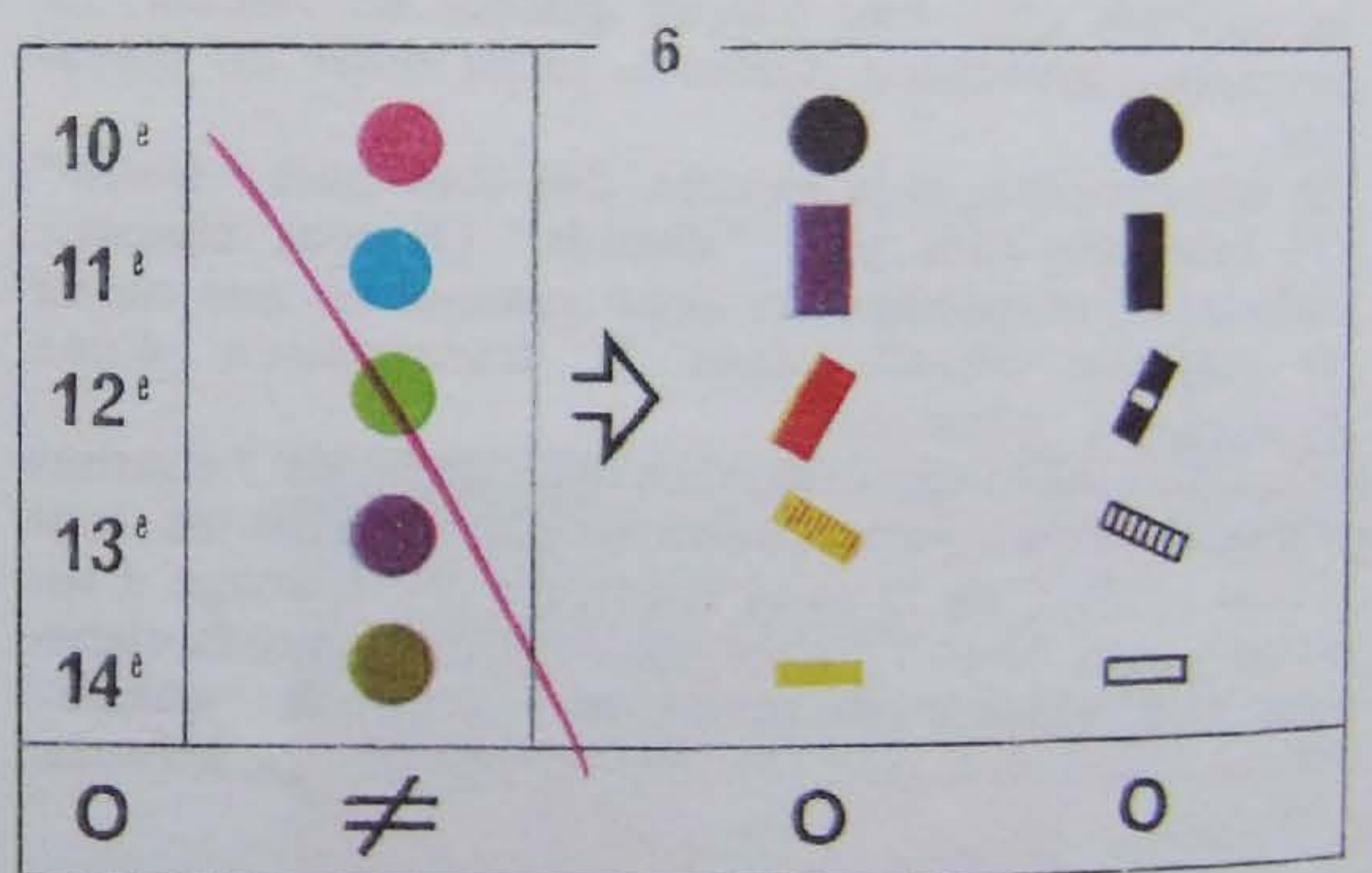
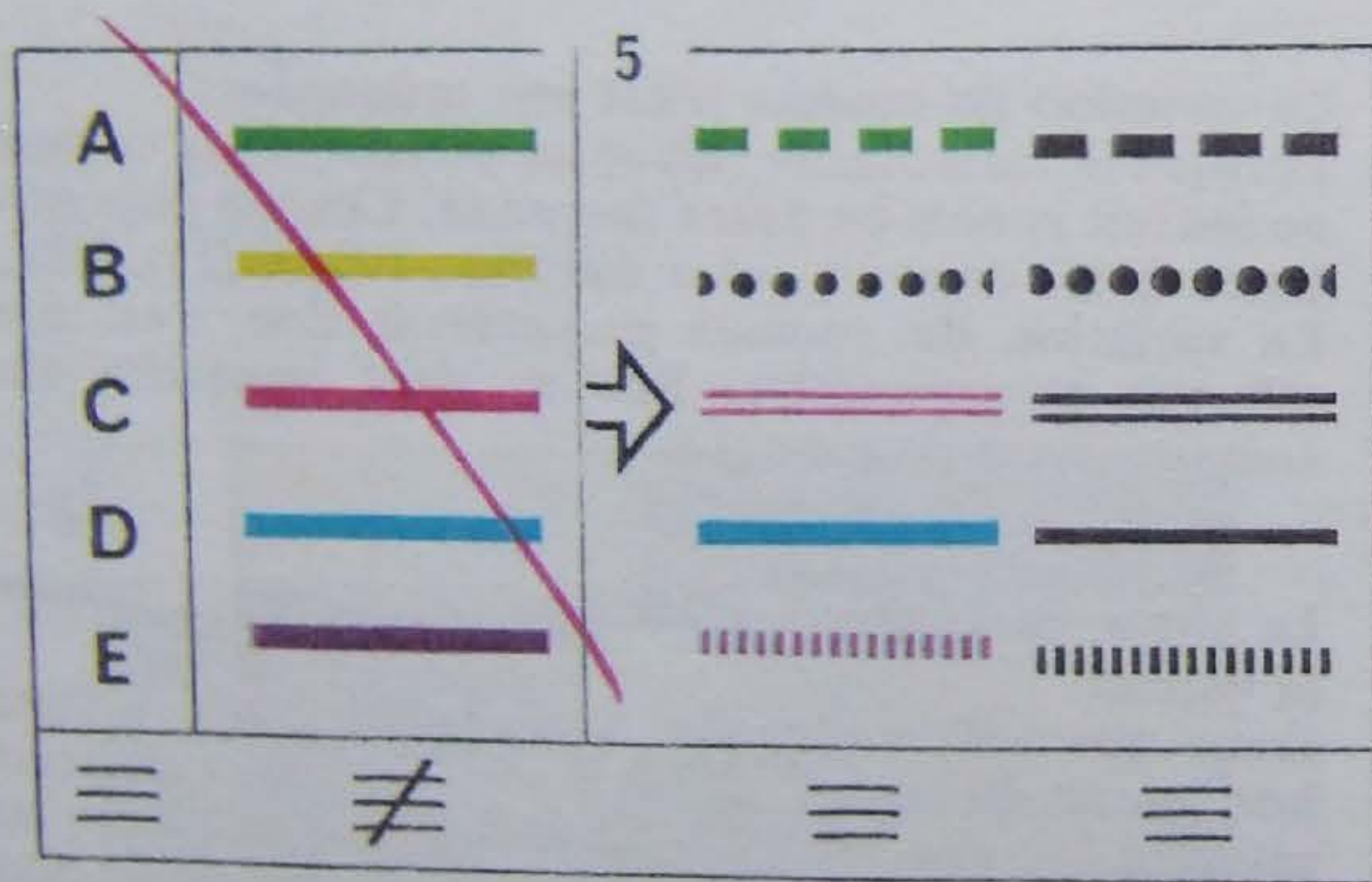
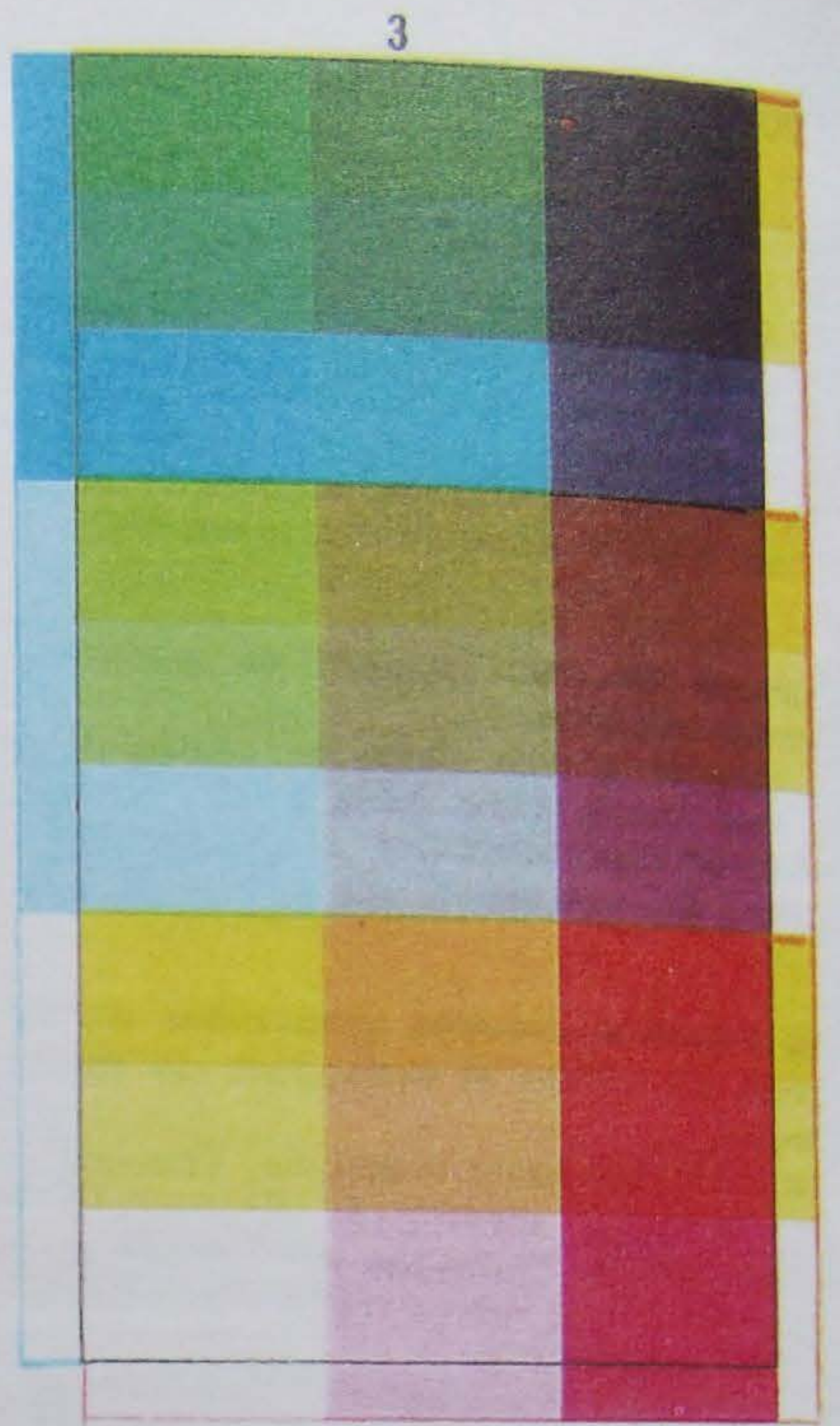








4





## LA TAILLE DES TACHES ET LA "DIFFUSION" DE LA COULEUR.

Aucune sensation colorée n'est parfaitement pure. La nature mélange les couleurs et le problème est de les séparer dans l'espace. Pour obtenir une sensation colorée, c'est-à-dire une différence sensible de couleur, il faut disposer d'une surface couverte d'une *couleur uniforme* (semblable sur toute la surface) et opposable à une autre surface, d'une *autre couleur* uniforme. Évidemment plus les surfaces sont petites plus l'on se rapproche du mélange naturel et moins le problème est résolu. Tout effort de coloration est une lutte contre le mélange naturel, contre ce que l'on appelle la "diffusion des couleurs".

**Plus les taches sont petites, moins les couleurs se séparent, et la longueur de la variation colorée est fonction de la dimension des taches.**

Les taches doivent avoir au moins 1,5 mm de diamètre environ pour supporter utilement une variation colorée, et elle sera très courte. A l'opposé il est pratiquement impossible de ne pas voir de différence entre deux couleurs étendues sur un mur si elles ne sortent pas de la même fabrication. Pour de grandes surfaces, on avance le chiffre d'un million de tons différents séparables.

**La diffusion des couleurs permet de créer, avec des couleurs données des couleurs nouvelles.**

Une fois le problème de la séparation plus ou moins bien résolu par l'emploi des pigments colorés, il est

aisé de revenir en arrière et de mélanger les couleurs. La diffusion mélange naturellement les couleurs séparées, d'autant plus aisément que la disposition des taches réduit cette séparation spatiale.

Un bleu et un blanc déterminent à la limite un bleu, un bleu clair et un blanc, (1) et d'une figure à l'autre on voit progressivement s'altérer le bleu, se colorer le blanc. Un bleu et un jaune déterminent à la limite un vert (2).

Cette propriété visuelle est à la base :

1°) de la reproduction en trichromie. A partir d'un bleu (ou cyan) d'un jaune et d'un rouge (ou magenta) "primaires", on peut reconstituer le spectre entier d'une façon suffisante pour la plupart des problèmes courants (3).

2°) de l'emploi des trois couleurs primaires pour transcrire trois composantes ordonnées, pour étudier leurs multiples combinaisons et découvrir, s'il y a lieu, des régions du plan répondant à des combinaisons semblables ou voisines. Elles apparaissent de même tonalité. C'est l'analyse trichromatique (3).

3°) c'est aussi la partition spatiale qui transforme la couleur d'une tache suivant la netteté de ses limites. Des bords flous favorisent la diffusion. L'application graphique la plus courante est le semis dégradé de points; il étend sa coloration bien au-delà du dernier point (4).

## PRINCIPALES CONFUSIONS DANS L'EMPLOI DE LA COULEUR.

**Les couleurs du spectre sont dissociatives ( $\neq$ ).**

La gamme des tons purs varie de valeur et comme telle est dissociative.

Le jaune est une couleur claire, très proche du blanc. En conséquence la ligne B de la légende (5) sera très peu visible.

Dans les représentations linéaires (ou ponctuelles) on exclut les couleurs claires. Le noir peut les remplacer et la série retrouve une visibilité suffisante.

De plus, il est indispensable ici et dans les exemples suivants de faire en sorte qu'une photographie en noir soit compréhensible (v. p. 90). On y parvient en combinant la couleur avec d'autres variables visuelles : forme, grain et orientation.

Enfin on constate dans tous ces exemples qu'une légende monochrome est pratiquement aussi efficace que la couleur.

**La couleur est sélective ( $\neq$ ). Elle n'est pas ordonnée.**

La série ponctuelle (6) censée représenter l'ordre des siècles ne fournira pas une image ordonnée. Ce résultat

ne peut être obtenu que par la série des valeurs contenue dans l'une des gammes du spectre (ici la gamme "chaude"), combinée de préférence avec l'orientation.

**L'œil mélange les deux gammes du spectre dans une unique gamme de valeur.**

En (7) comme en (8) ce n'est pas l'ordre de la composante que l'œil restituera mais l'ordre des valeurs. Il conduira à la confusion observée en (3) p. 86.

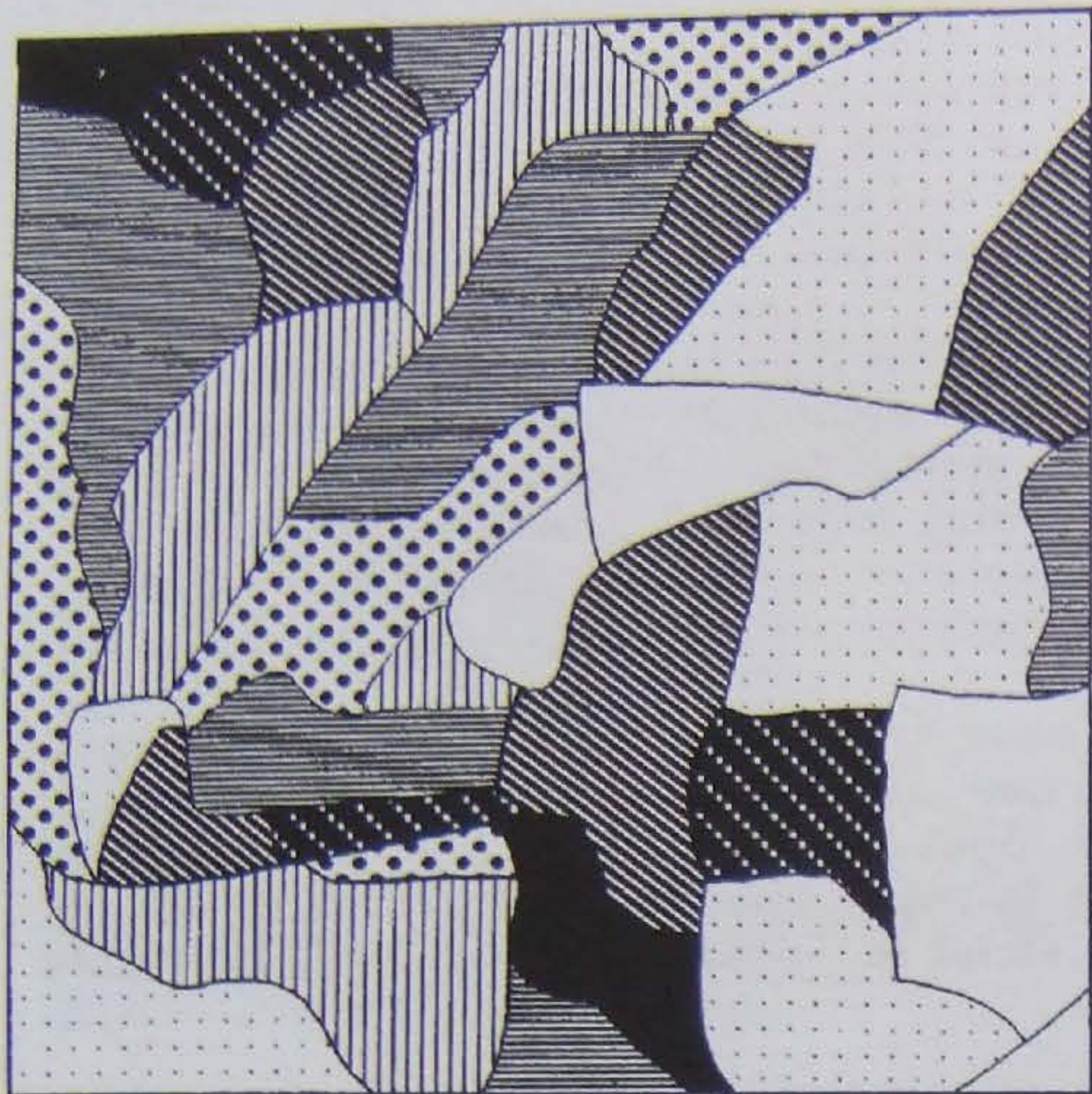
En (7) la composante est homogène. On ira du blanc au noir soit par la gamme "chaude" soit par la "froide", l'une excluant l'autre.

En (8) la composante est double, pour distinguer par exemple une série positive d'une négative. La solution consiste à transcrire la série positive par la gamme chaude, avec des trames assez fines (gain fin) et la série négative par la variation de taille de points très visibles (gros grain) reportés dans une seule couleur empruntée à la gamme froide (vert ou surtout bleu).



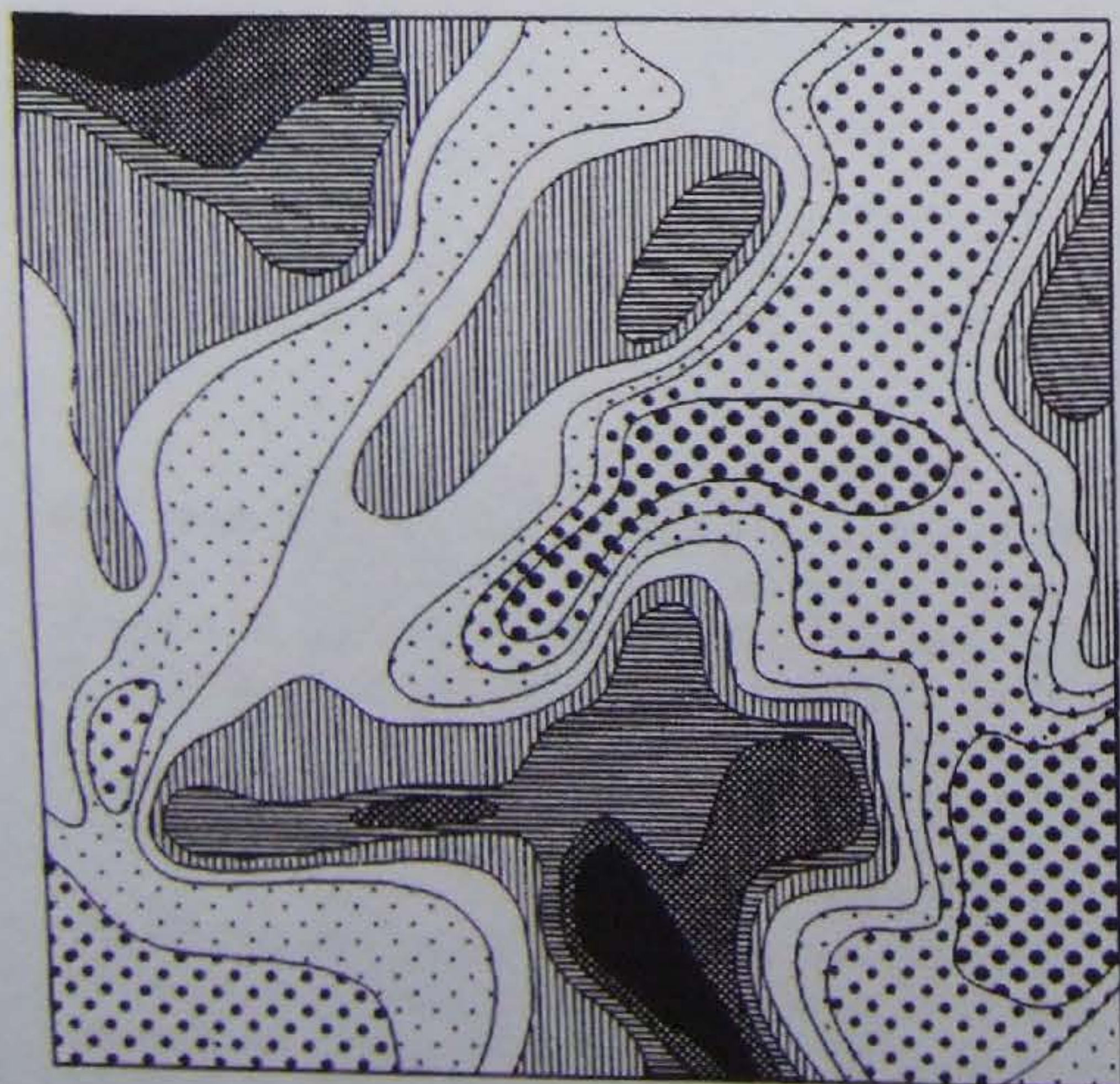
### La couleur n'est pas indispensable.

La couleur ne transcrit un ordre que si elle construit une unique gamme de valeur. Cette dernière importe seule. Par conséquent on peut toujours se dispenser de la couleur pour représenter une composante ordonnée. Une variation monochrome de valeur (1) transcrit parfaitement la série homogène représentée en (6) p. 86. Séparée en deux séries par une différence de grain (2) elle peut transcrire la double série représentée en (9) p. 87.



1

2



## SYMBOLIQUE ET ESTHÉTIQUE DE LA COULEUR.

### La symbolique de la couleur

Dans le monde entier l'eau, la mer, les rivières ne sont jamais rouges, le feu, la chaleur, la sécheresse ne s'accompagnent généralement pas d'une sensation bleue, la végétation est le plus souvent verte... par contre, dans le monde entier la naissance, le mariage, la mort s'habillent de couleurs variées. La symbolique de la couleur résulte de la nature plus ou moins universelle de certaines images visuelles.

Mais il n'y a que huit couleurs caractérisées. Quel que soit le domaine conceptuel traité par la représentation graphique, la couleur n'est efficace que si toute la longueur de la variation est utilisée. On ne pourra donc mieux faire que d'éviter quelques affectations colorées spectaculaires inconciliables avec la nature universelle du concept représenté.

### Les harmonies de couleur.

L'emploi efficace de la couleur est d'abord dirigé par toutes les observations qui précèdent. Dans la marge de liberté qui subsiste, il faut s'inspirer des principales règles esthétiques. Elles sont souvent en contradiction avec les règles qui assurent une bonne sélection colorée. On appelle *harmonie de valeurs* (ou harmonie ton sur ton, ou camaïeu) les compositions qui ne mettent en œuvre que les valeurs, dans une couleur donnée. On appelle *harmonie de nuances* les compositions qui ne mettent en œuvre que quelques couleurs voisines dans le cercle des couleurs (par exemple bleu, bleu-vert, vert).

Combinée avec l'harmonie de valeur, elle conserve toujours un haut niveau esthétique.

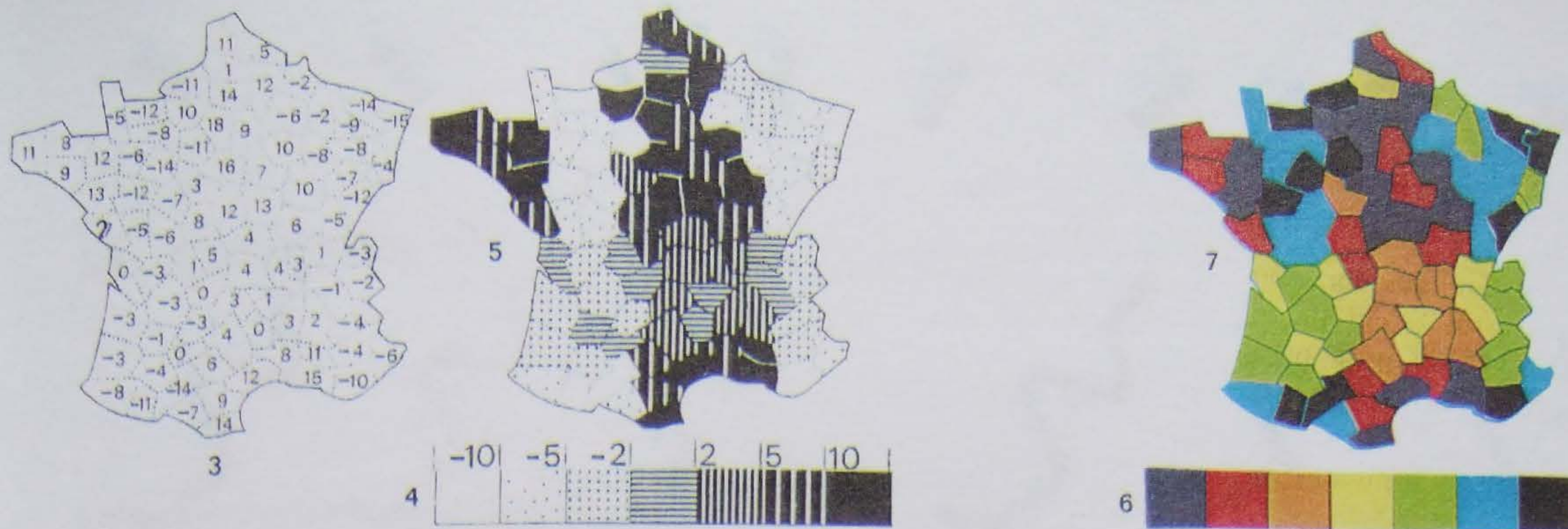
On joue du *contraste* lorsqu'on ajoute à une harmonie de nuances la couleur diamétralement opposée dans le cercle, c'est-à-dire la complémentaire. L'effet artistique dépend de la dimension des surfaces colorées. La plage complémentaire doit être petite par rapport à l'autre, appelée dominante.

## AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA COULEUR.

### Avantages.

La couleur est une excellente variable sélective. Elle se combine aisément avec d'autres variables, et elle est éminemment mémorisable. Grâce aux crayons et encres de couleur, elle restera toujours la variable privilégiée du rédacteur graphique, au moment de l'inventaire et du pointage dans tous les problèmes de sélection. Cependant il ne faut pas oublier que la couleur n'est que sélective et que le traitement de l'information est un problème d'ordre. La couleur n'est donc jamais strictement indispensable dans les problèmes de recherche et de traitement.



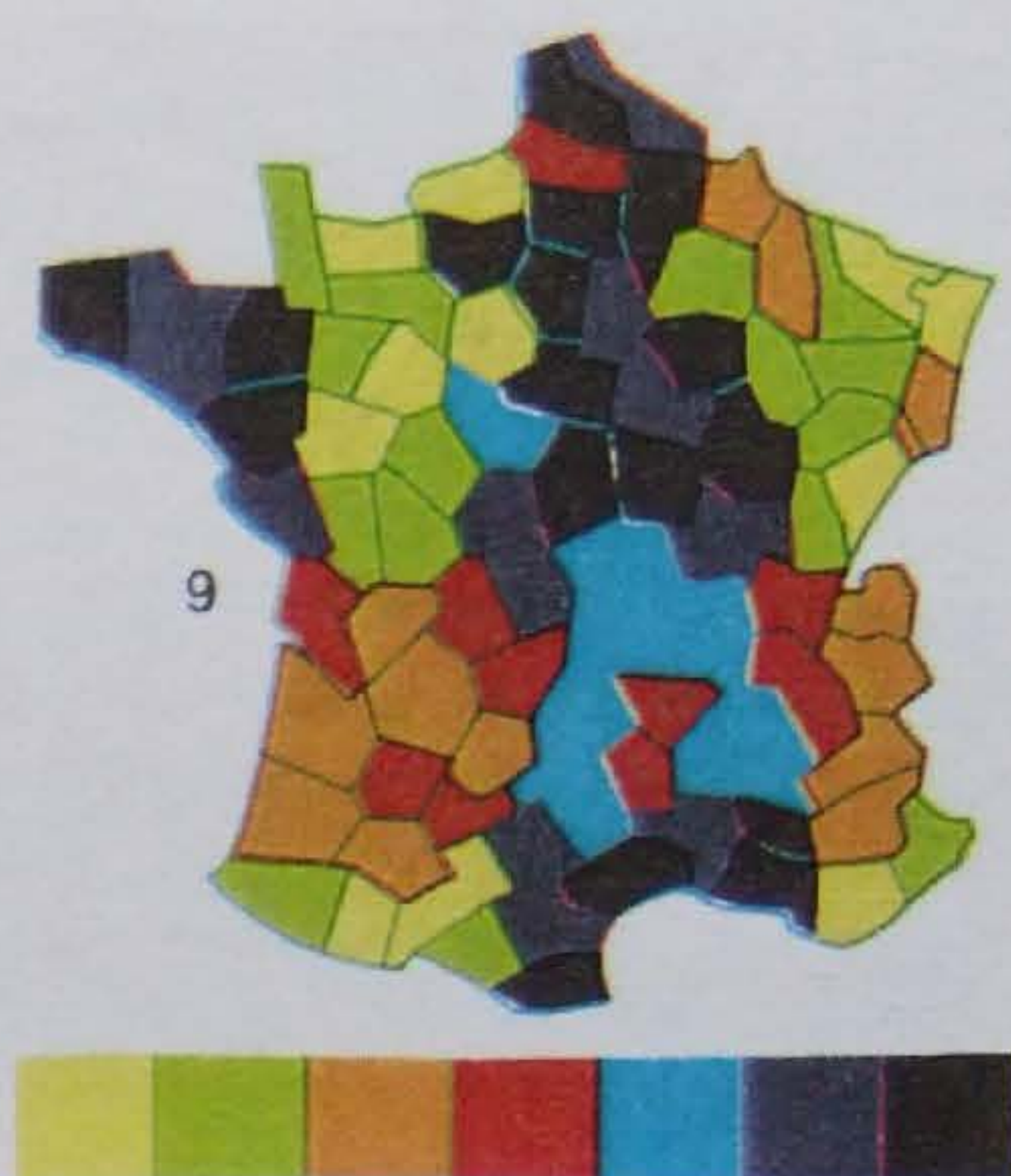


L'image se crée sur l'ordre des valeurs, c'est-à-dire sur la variation de l'énergie lumineuse. Soit les données (3). Transcrites par la variation de valeur (4), elles créent une image nord-sud (5).

Transcrites par l'ordre du spectre (6), elles créent une image est-ouest (7) c'est-à-dire une image faussée, et l'on constate que devant (7) l'œil est incapable de reconstituer l'image correcte. Le bleu et le rouge saturés sont d'abord vus comme semblables avant d'être vus comme différents.

Si c'est vrai, la gamme construite sur la valeur des couleurs (8) doit créer l'image correcte, ce que montre (9). Les lois de l'héraldique enregistrent cette évidence naturelle depuis près de 1000 ans.

L'emploi du spectre entier ne se justifie que dans les courbes d'égalité, qui rétablissent en tout lieu le contenu de la gamme (2).



Mais surtout la couleur exerce une indéniable *attraction psychologique*. Par rapport au noir elle est plus riche d'un système d'excitation cérébrale et dans de nombreux cas où elle peut paraître un luxe, ce luxe est néanmoins "payant". Il retient l'attention, multiplie le nombre des lecteurs, assure une meilleure mémorisation et en définitive augmente la portée du message. La couleur semble souhaitable dans les *messages graphiques de nature pédagogique*.

#### Inconvénients.

Indépendamment de son coût élevé, lorsqu'il s'agit d'édition, la couleur se heurte à deux inconvénients majeurs.

- *Les anomalies de la perception chromatique* (daltonisme).

Ces anomalies sont plus fréquentes qu'on ne le croit généralement. Elles deviennent graves pour ceux qui utilisent le document graphique comme instrument de travail. Le daltonien pallie cet inconvénient en recherchant, souvent inconsciemment, des signaux de remplacement qui lui permettent de rétablir la signification du message. Il importe que le dessin les lui fournisse.

#### - La diffusion réduite.

La duplication, la reproduction immédiate à quelques exemplaires est la base de la documentation scientifique de demain. La couleur en est pratiquement exclue. Par rapport à la reproduction monochrome, la couleur multiplie en moyenne le prix de revient par 200 et le temps nécessaire passe de quelques minutes à quinze jours. Et en dépit de cette différence monstrueuse, les reproductions en couleurs sur papier ou sur film réduisent les écarts de coloration et détruisent une partie de l'information.

- *Pour pallier ces deux aspects* d'un même problème il est indispensable de réserver la variation colorée aux seuls problèmes pour lesquels elle peut paraître indispensable : inventaires de précision, "synthèse colorée", pédagogie. De plus, il faut :

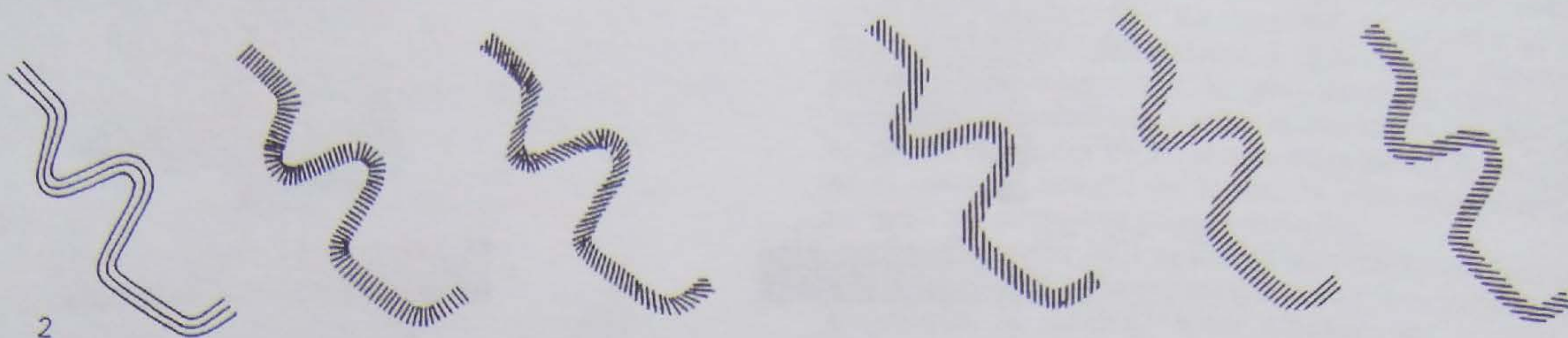
1°) faire en sorte que la photographie monochrome soit déchiffrable (en combinant la couleur avec d'autres variables (5 à 8, p. 89);

2°) dans tout problème sélectif, joindre une image monochrome par couleur (en format réduit). Ces images permettent de répondre aux questions introduites par la composante diversifiée par la couleur.

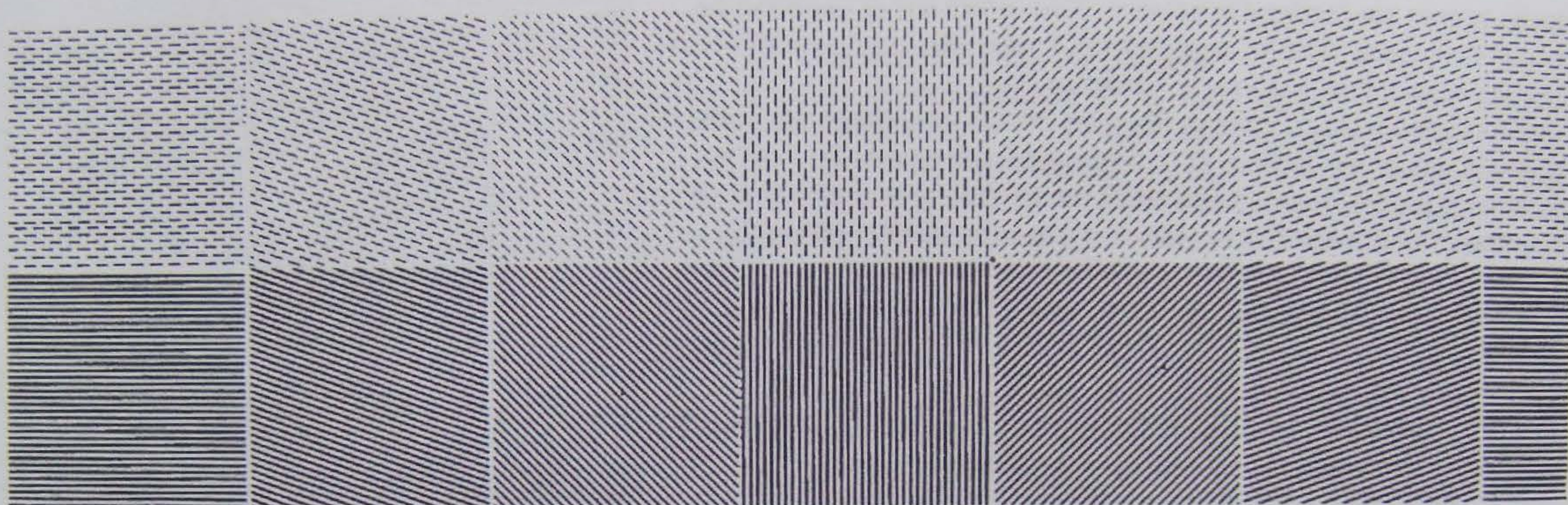




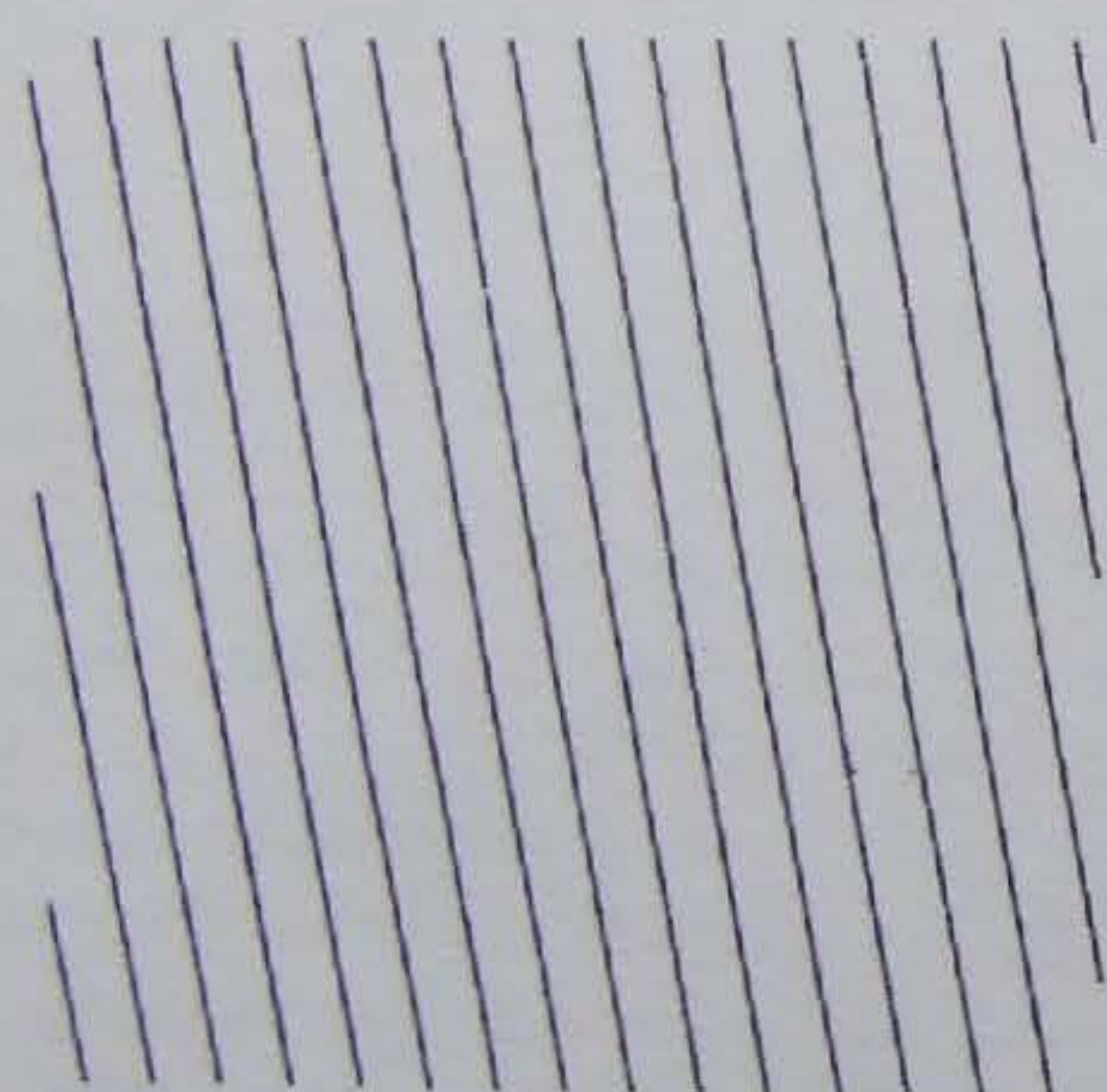
1



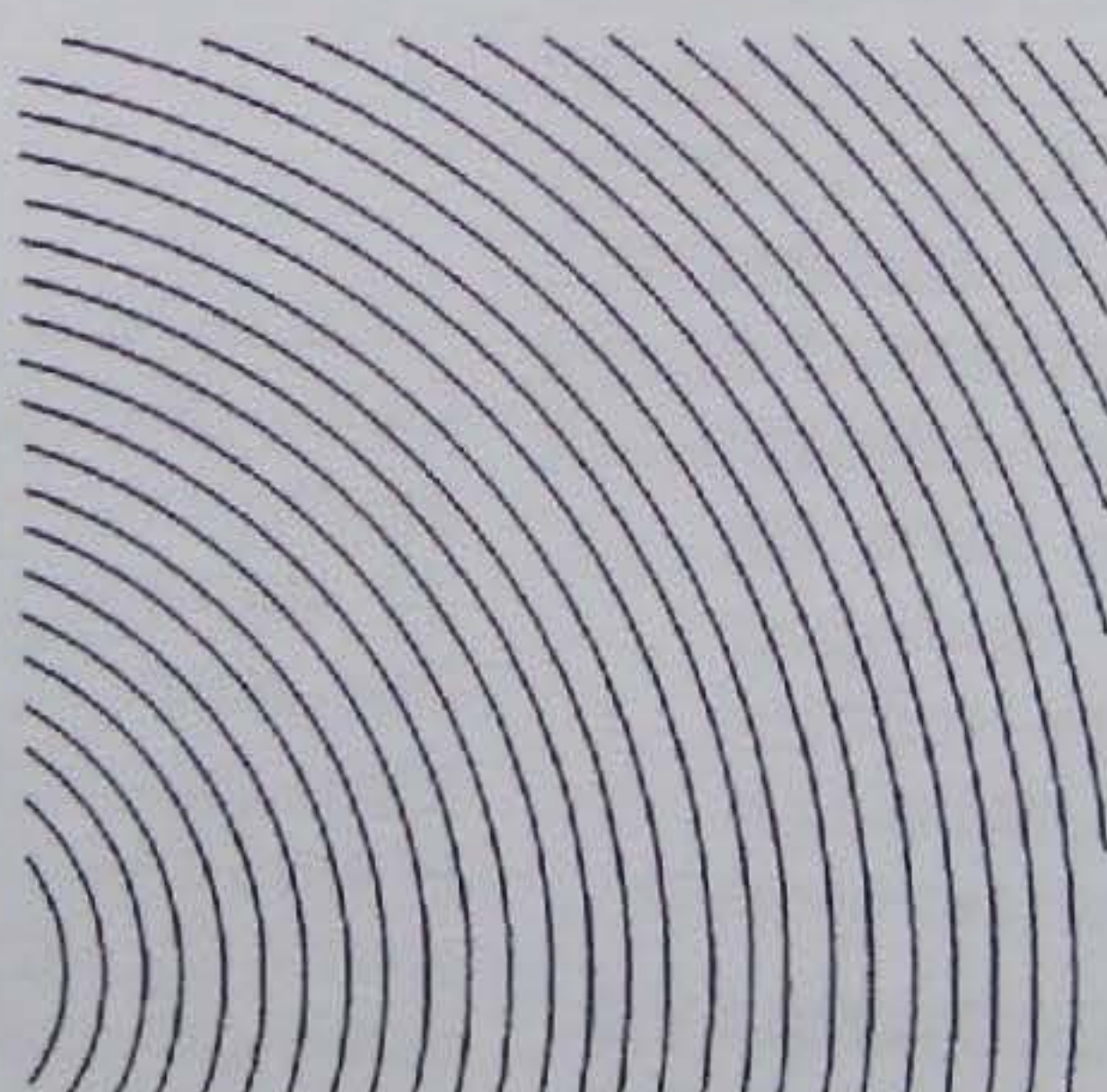
2



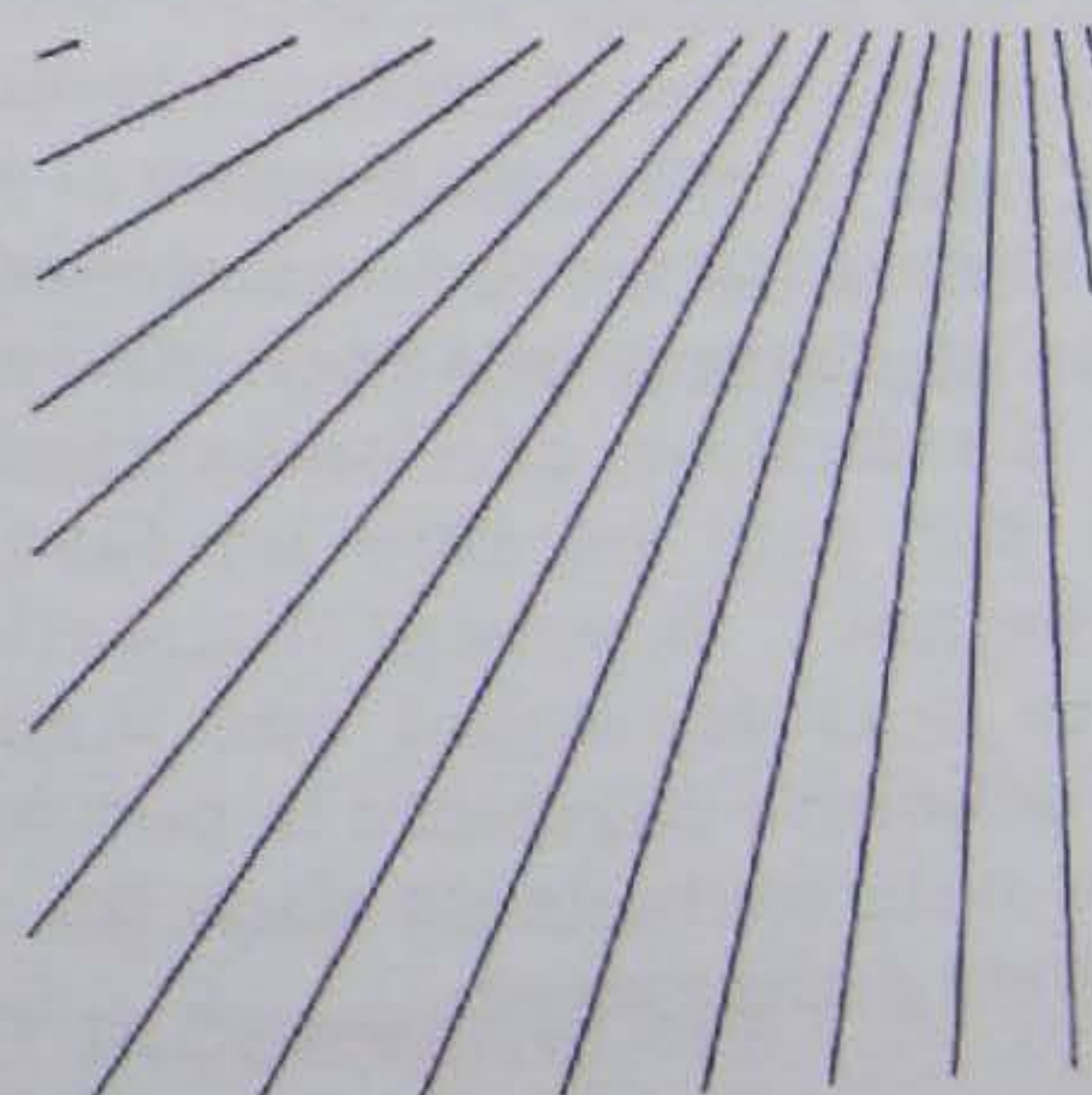
3



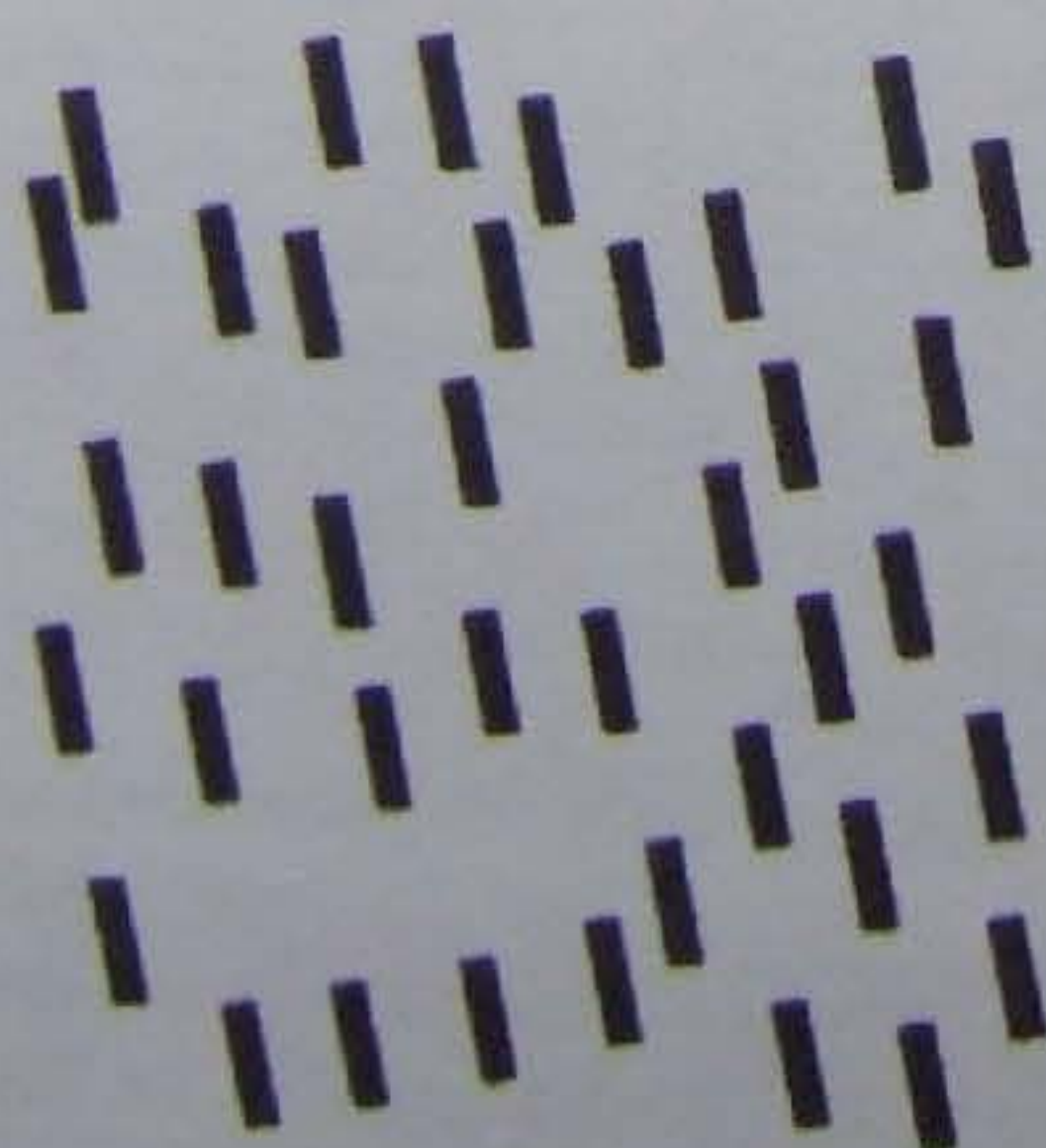
4



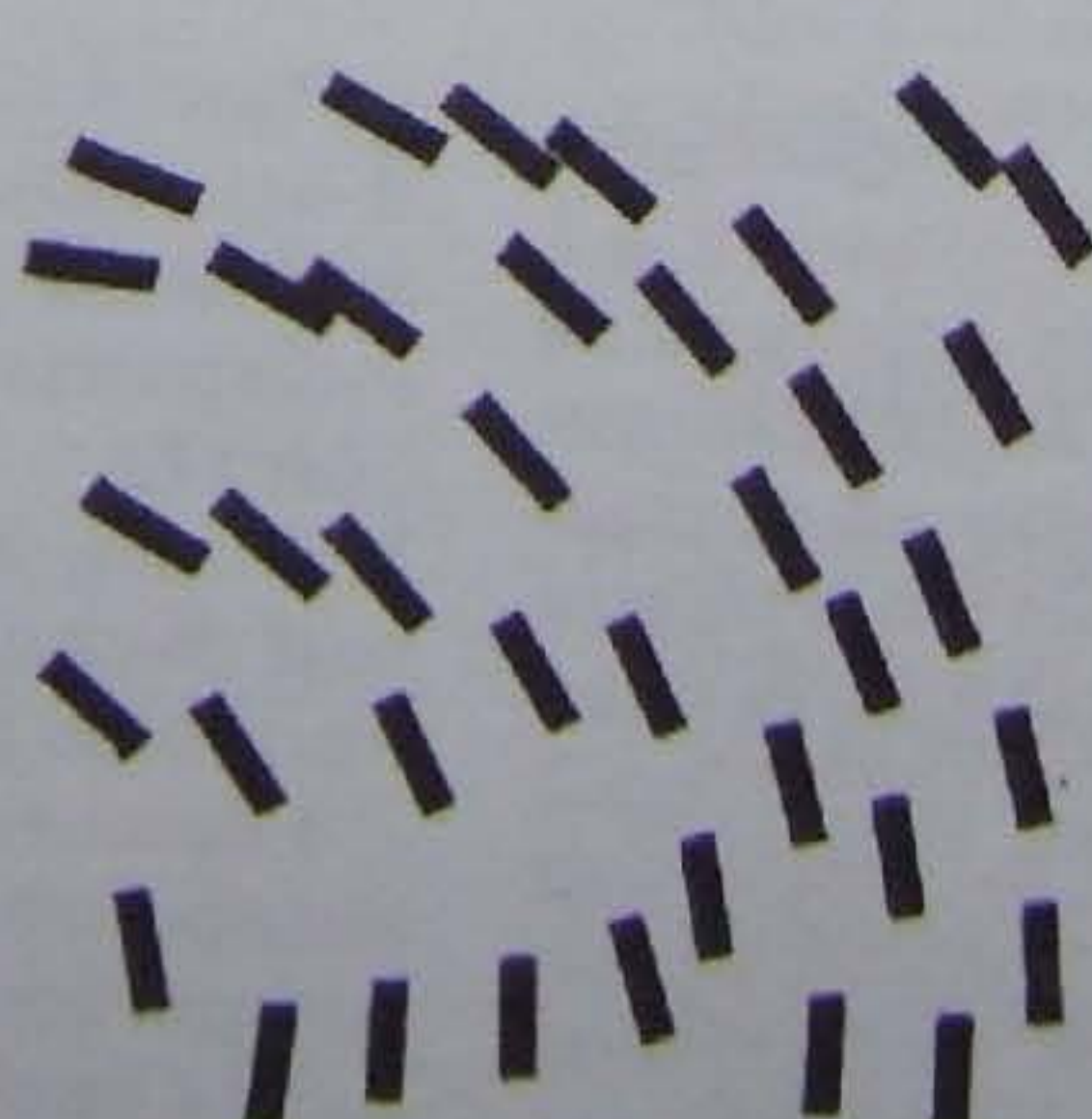
5



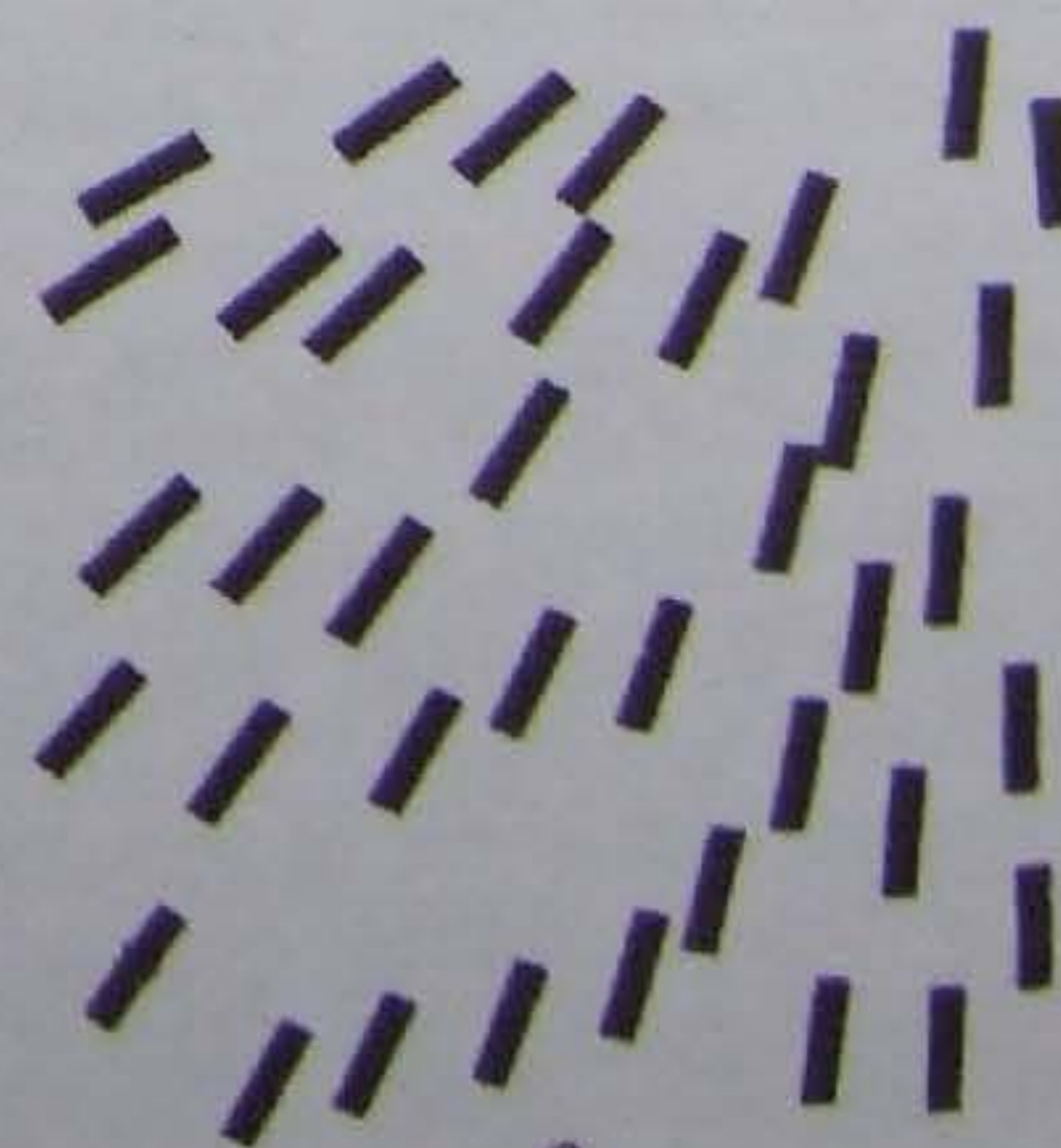
6



7



8



9



## LA VARIATION D'ORIENTATION

Un signe, de signification ponctuelle, peut prendre une infinité d'orientations différentes sans que son centre ne change de position. Nous sommes sensibles à cette variation dans la mesure où le signe présente un aspect linéaire. (Le rapport hauteur/base doit être au moins de l'ordre 4/1). Pour que la variation devienne significative il faut pouvoir déceler des catégories d'orientation, ce qui en limite le nombre et oblige le dessinateur à caractériser ces catégories. Le parallélisme des signes dans une orientation significative est donc fondamental, et l'on peut dire :

**c'est la différence d'angle entre des champs créés par plusieurs signes parallèles qui constitue le "stimuli" sensible de la variation d'orientation.**

Les systèmes parallèles circulaires (5) et leur transformation rectangulaire en systèmes concourants (6) appartiennent au même type de sensations visuelles. Ils créent des champs spectaculaires aussi bien en implantation zonale qu'en implantation ponctuelle (les centres des signes sont les mêmes en (7), (8) et (9).

### Les implantations.

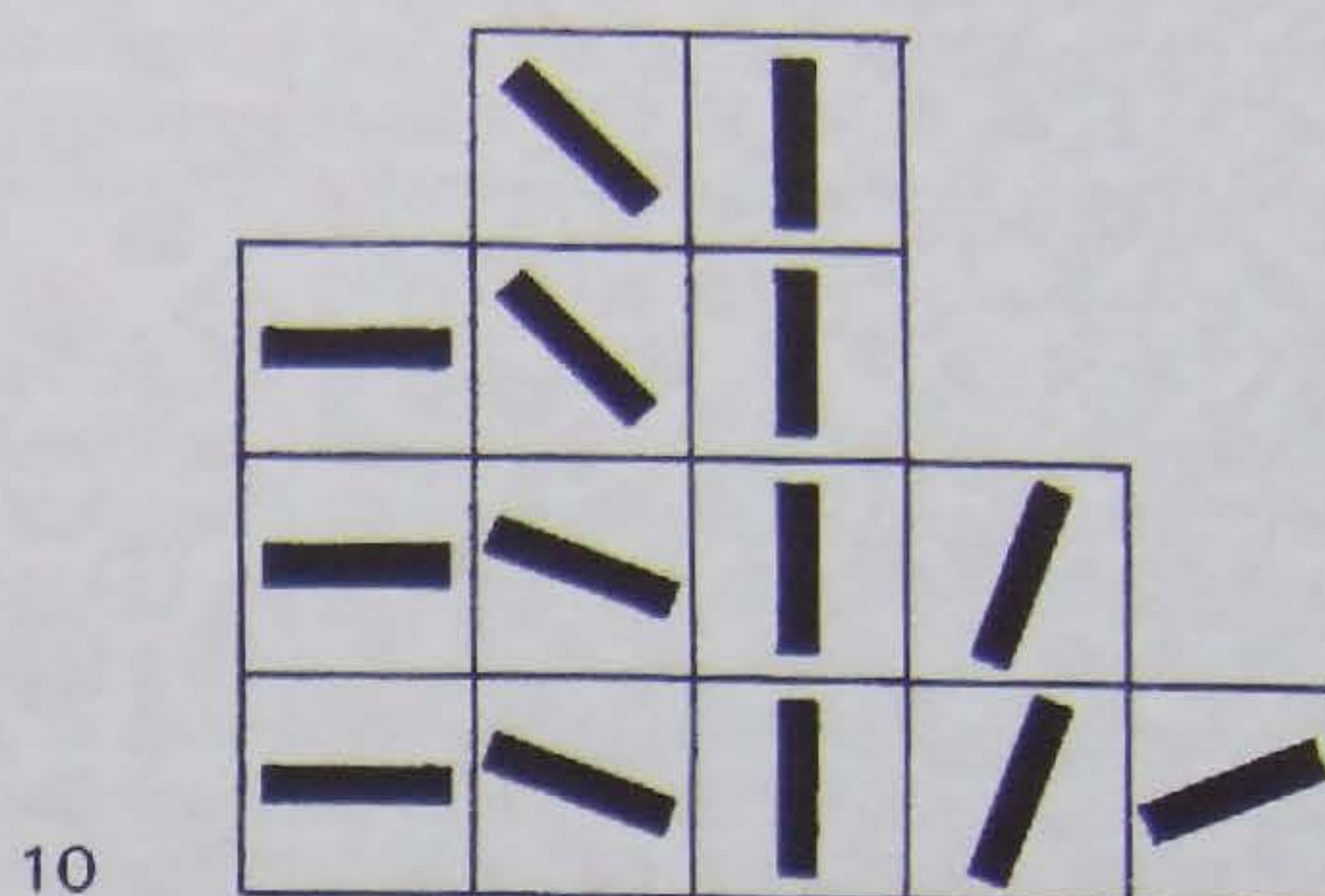
*En implantation ponctuelle* la variation de forme n'étant pas sélective on s'aperçoit qu'en l'absence de la couleur il n'y a que la variation d'orientation qui soit disponible pour sélectionner des signes d'égale visibilité (p. 323) (et le grain, mais celui-ci est très court et difficile à construire).

Il est préférable de se limiter à quatre orientations (10) et de construire les obliques à 30° et 60° plutôt qu'à 45°. Cinq orientations sont possibles mais la sélectivité diminue. On remarque que tous les signes obliques ont tendance à former une famille, par rapport aux signes verticaux et horizontaux.

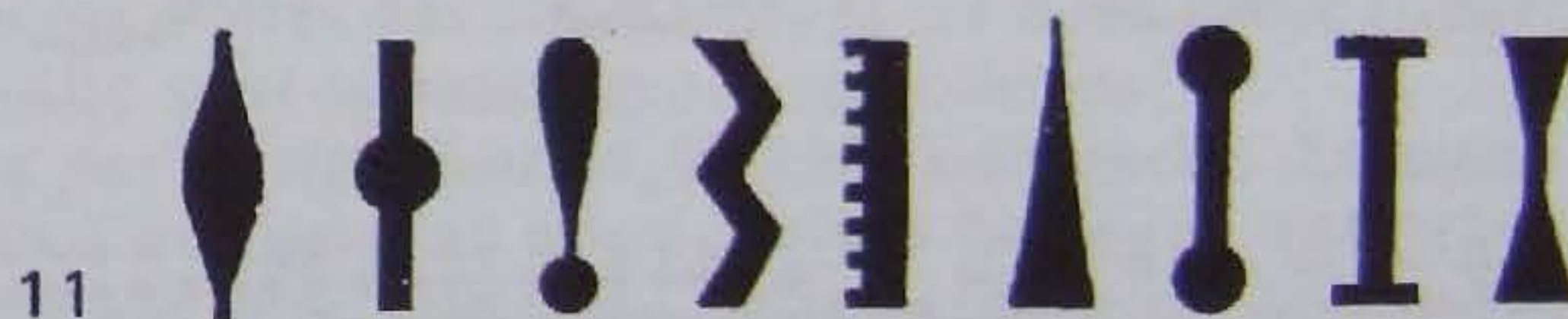
Des signes linéaires peuvent varier de forme (11). Si l'on regarde un dessin de signes orientés, l'axe du regard étant aussi éloigné que possible de la perpendiculaire au plan de la feuille (12), tous les signes parallèles à cet axe se détachent et s'isolent de tous les autres signes.

*En implantation linéaire* il faut se limiter à deux orientations : l'axe de la ligne et sa perpendiculaire. La sélectivité est réduite mais subsiste encore.

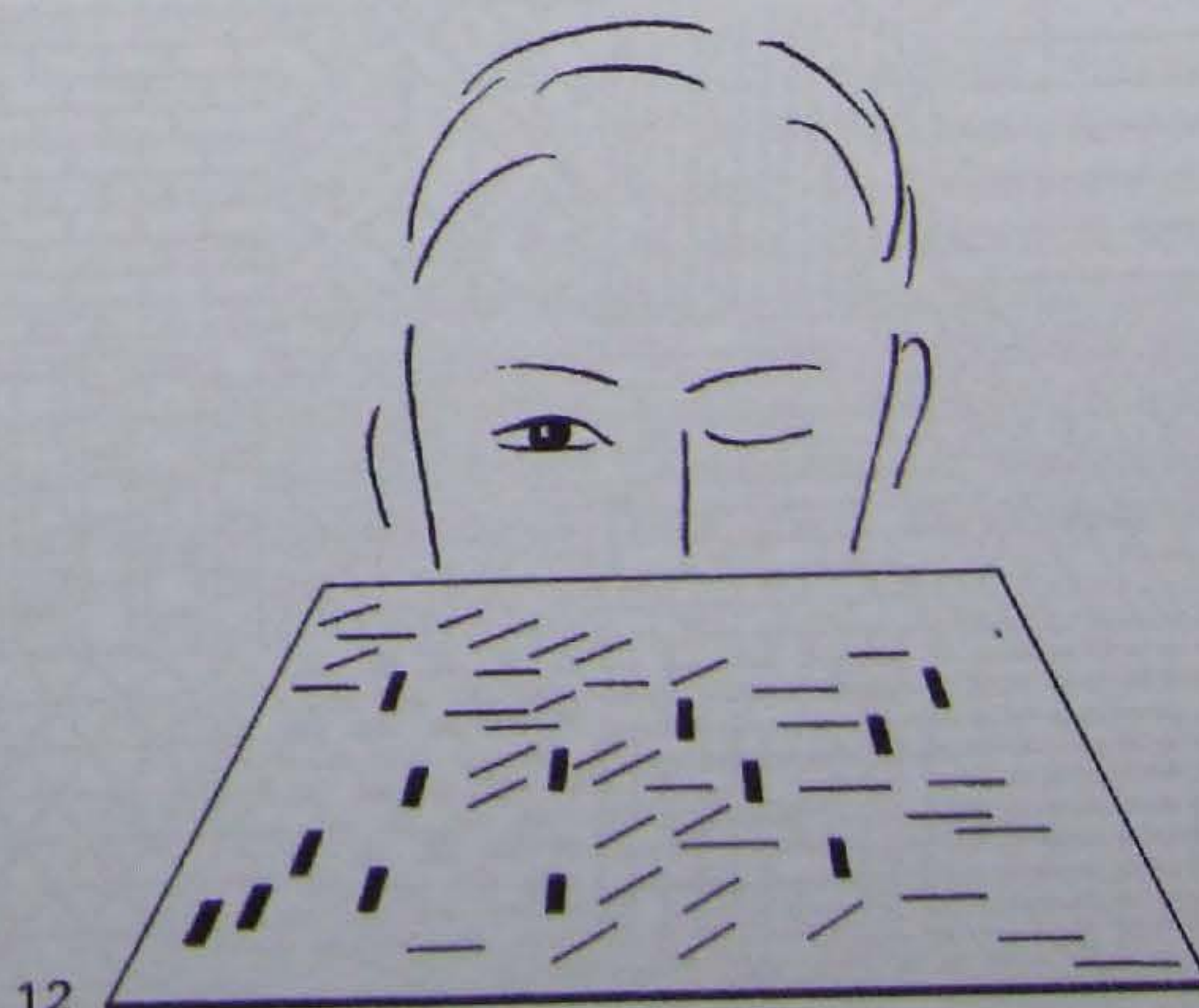
*En implantation zonale* une variation d'orientation est le signe le plus facile à dessiner mais c'est en même temps la variation zonale la moins sélective (3). Elle ne peut être employée qu'au stade de l'inventaire ou en redondance avec une variable sélective.



10



11



12







# LA VARIATION DE FORME.

## Le monde des formes est infini.

Une tache de surface constante peut prendre une infinité de formes différentes. La variation a une longueur sans limites et il est tentant d'en abuser. La dernière page de garde de ce livre contient plusieurs milliers de signes différents. *Trois paires sont rigoureusement semblables.* En les cherchant le lecteur s'apercevra que son œil ne s'arrête qu'aux formes figuratives et ignore pratiquement les formes géométriques. L'idée est seule créatrice d'intérêt et de possibilité de mémorisation, non la figure. Il remarquera aussi qu'il ne regarde jamais qu'un signe à la fois, et la difficulté qu'il éprouvera à retrouver quelque temps après un signe déjà observé montre que l'identification du signe mobilise toute son attention et le laisse dans l'ignorance de la position du signe dans la page.

**C'est l'élément "semblable" reconnu dans la forme qui constitue le stimuli de cette variable** et lui confère ses principales caractéristiques :

*La variation de forme est associative* et l'image de la densité des signes "toutes formes confondues" est significative (p. 157 et 1, p. 322).

*La variation de forme n'est pas sélective.* Elle ne permet pas de répondre à la question "telle catégorie (différenciée par la forme), où est-elle ?" (p. 157). On ne peut évidemment regrouper tous les signes d'une même forme en un seul coup d'œil puisqu'il faut construire une image par signe pour les reconnaître. La forme est inutilisable dans les problèmes de régionalisation. *La variation de forme n'est utilisable qu'en lecture élémentaire.* Elle sert :

- 1°) à découvrir des éléments semblables, et donc des éléments différents;
- 2°) à faciliter l'identification externe (p. 19) grâce à la symbolique de la forme.

## Forme et implantation.

*En implantation ponctuelle* lorsque les figures sont quelconques (informes), deux taches semblables sont difficilement reconnaissables. Géométriques, on peut facilement les redessiner et construire des figures caractérisées. Certaines nous sont très familières comme les chiffres et lettres. Elles peuvent être figuratives (personnages, animaux, objets) et tendre à évoquer pour la majorité des lecteurs le même concept. Entrent dans la variation les innombrables "barbules" que l'on peut ajouter à tout signe.

La sélectivité dépendant d'autres variables, le rédacteur tenté par une variation de forme dessinera d'abord un bâtonnet. En le faisant varier de valeur, de grain, d'orientation, de couleur s'il y a lieu, il disposera d'une série sélective généralement suffisante (1, p. 324 et

p. 325). La forme viendra après, en redondance, et à condition de ne pas détruire les écarts précédemment obtenus.

*En implantation linéaire*, une ligne peut varier de forme et traduire divers concepts par des caractéristiques d'angularité (p. 329).

*En implantation zonale*, et pour de grandes surfaces qui acceptent des signaux de grande dimension, on peut atteindre une certaine sélectivité en opposant particulièrement points et lignes. Mais la meilleure sélectivité tient à d'autres variables, taille, valeur et grain, qui viennent naturellement sous la plume du rédacteur (1). Certains semis se sont hissés au niveau du symbole (2).

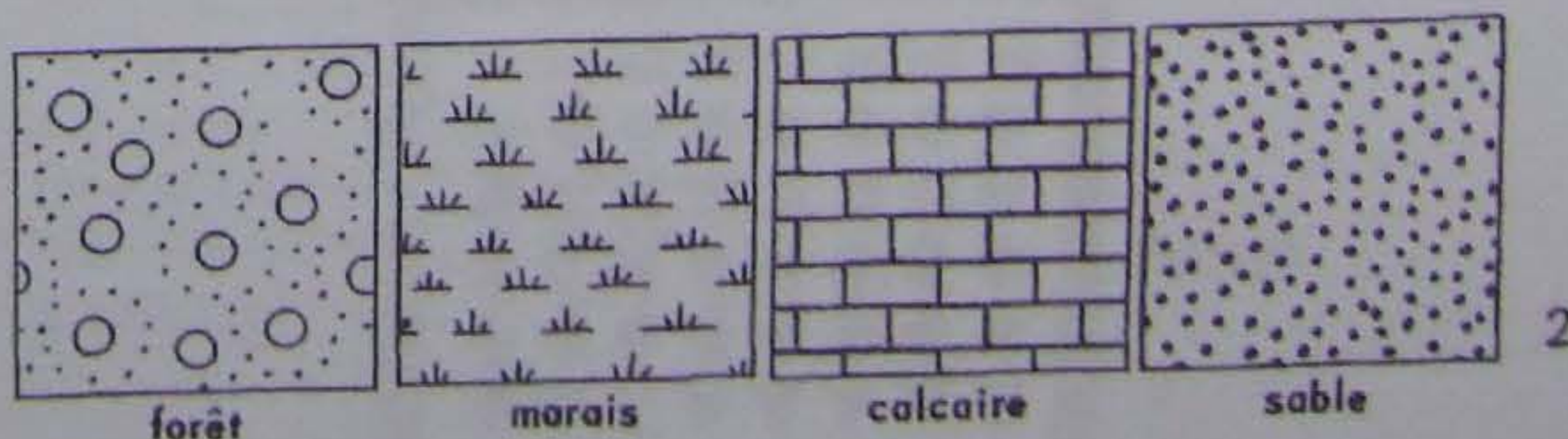
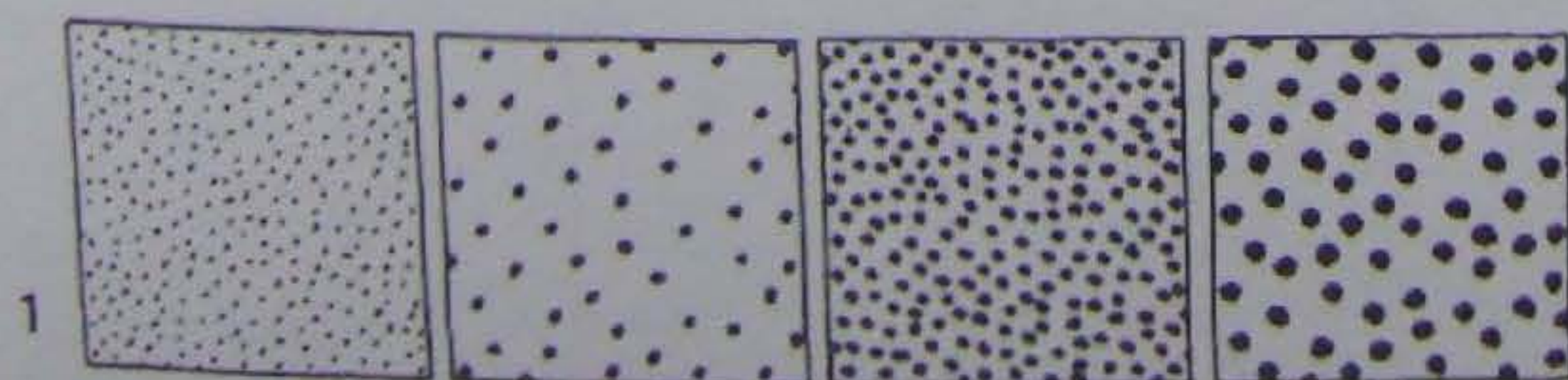
## La symbolique de la forme.

"A tel endroit qu'y a-t-il ?" Si le lecteur trouve comme réponse visuelle un triangle ou un carré, il doit recourir à la légende. Si au contraire, il trouve une forme évocatrice, celle-ci lui évite en principe ce recours et résout le problème de *l'identification externe*. Dans quelles conditions cet objectif est-il atteint?

Constatons tout d'abord qu'une signification formelle n'est jamais évidente. Les signes de la p. 157 ne dispensent pas de recourir à la légende. En effet les formes les plus spectaculaires peuvent recouvrir de nombreuses significations. Une tête de cheval peut aussi bien correspondre à un champ de course, qu'à une écurie, un haras, un manège, une route cavalière, une boucherie chevaline, un écarisseur, une industrie de harnachement, un jeu d'échec... La croix, "symbole" par excellence, permet aux élèves gratifiés de mauvaises cartes d'imaginer New York garni de cimetières. Les fines croix noires des cimetières et les fines croix rouges du granite sont spontanément semblables!

*Il n'y a pas de signification formelle universelle.* La signification d'un signal ne nous devient familière que grâce à l'habitude, à la répétition d'une situation semblable et une forme ne peut se hisser au niveau du symbole que dans un domaine restreint, rigoureusement défini et préalablement intégré par l'observateur. Or il faut bien constater que la connaissance moderne tend à fusionner les domaines!

Ainsi la création d'un code efficace de signes conventionnels est moins un problème de découverte de formes spectaculaires qu'un problème de définition du champ d'utilisation dans lequel leur signification sera constante et *suffisamment répétée pour devenir une habitude acquise*. A l'intérieur d'un code, l'efficacité des signes dépendra moins de leur capacité évocatrice que des distances visuelles que l'on parviendra à obtenir *entre les formes* pour éviter l'ambiguïté et exclure la confusion.





# NIVEAU DES VARIABLES RETINIENNES

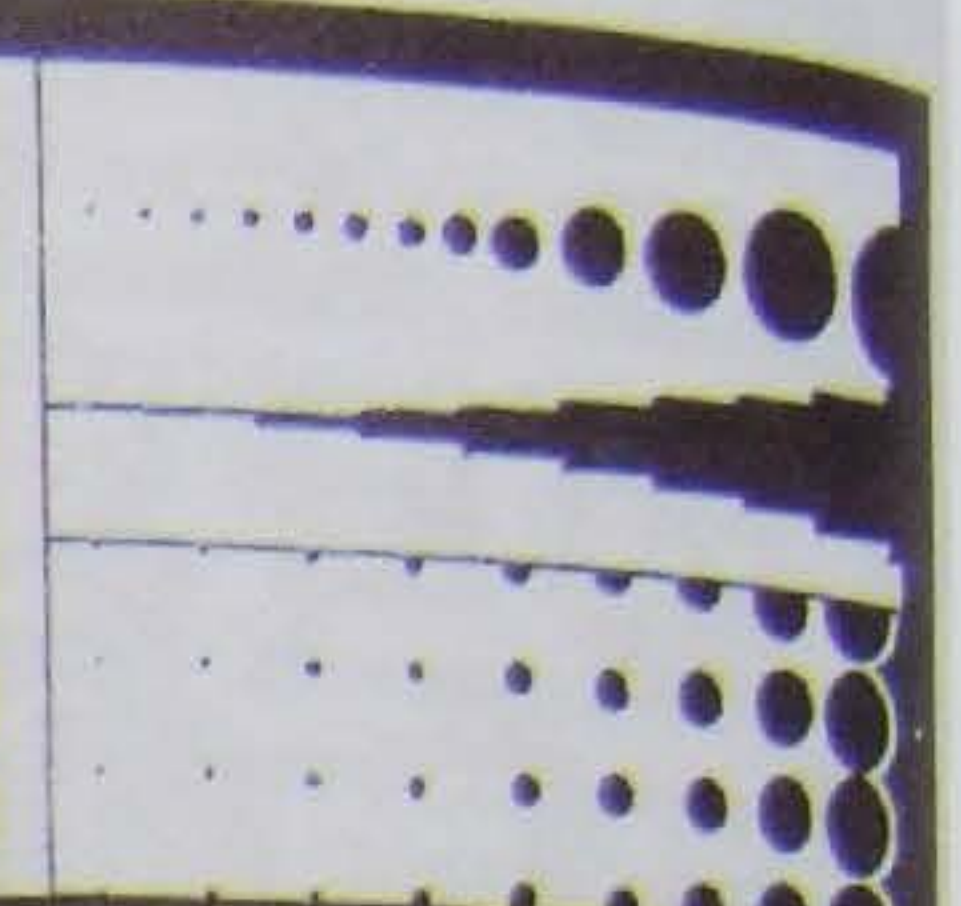
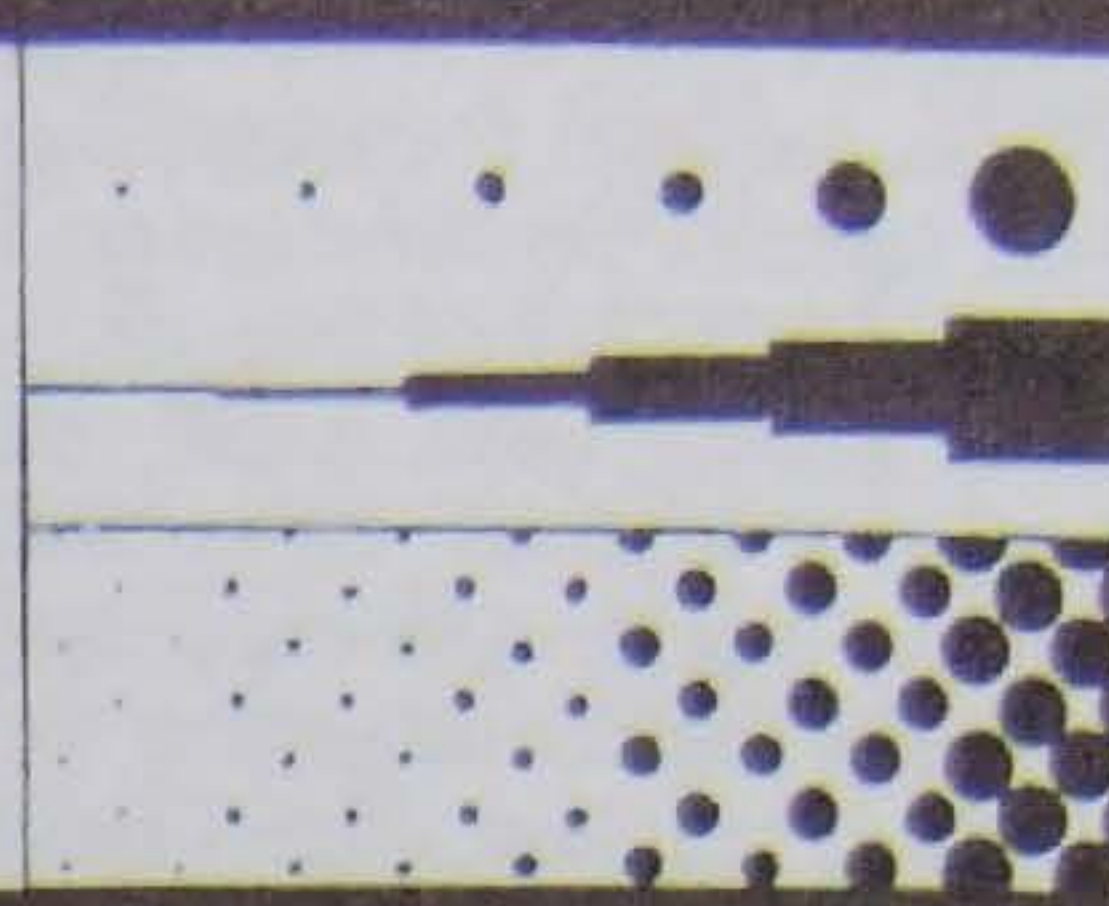
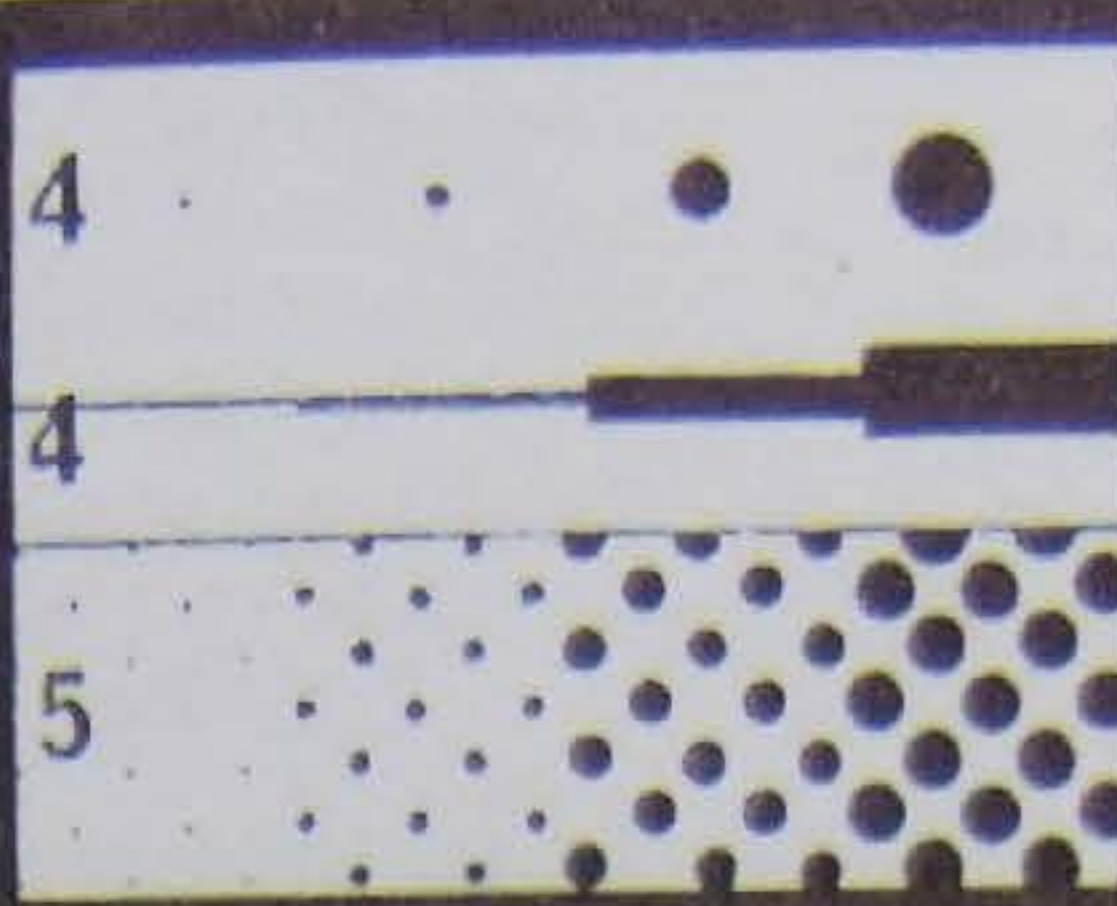
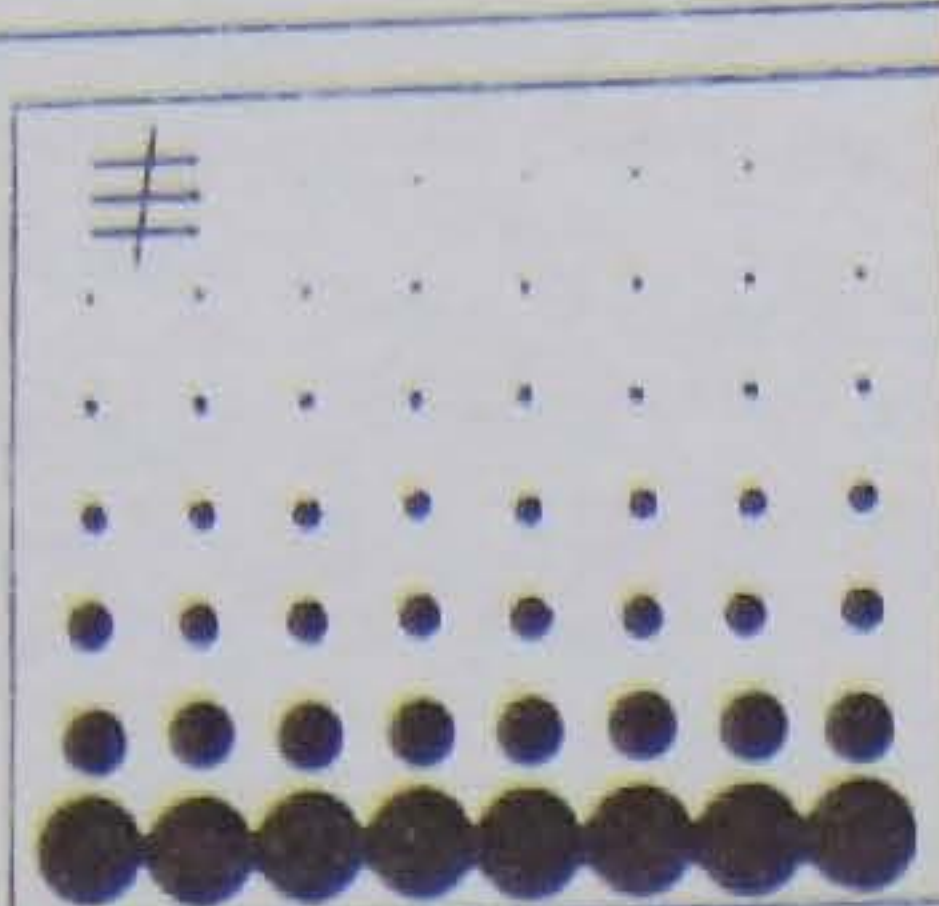
ASSOCIATION  
≡  
Tous les signaux  
peuvent être perçus comme  
SEMBLABLES

SELECTION  
≠  
Tous les signaux  
sont perçus comme  
DIFFÉRENTS  
et forment des FAMILLES

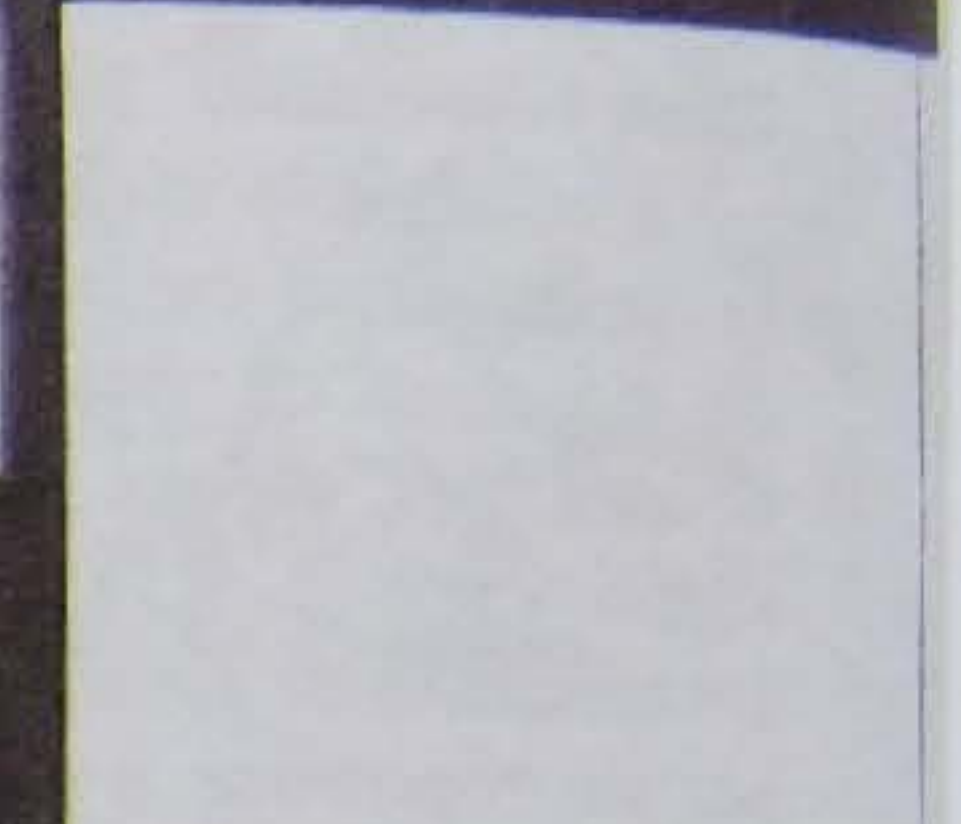
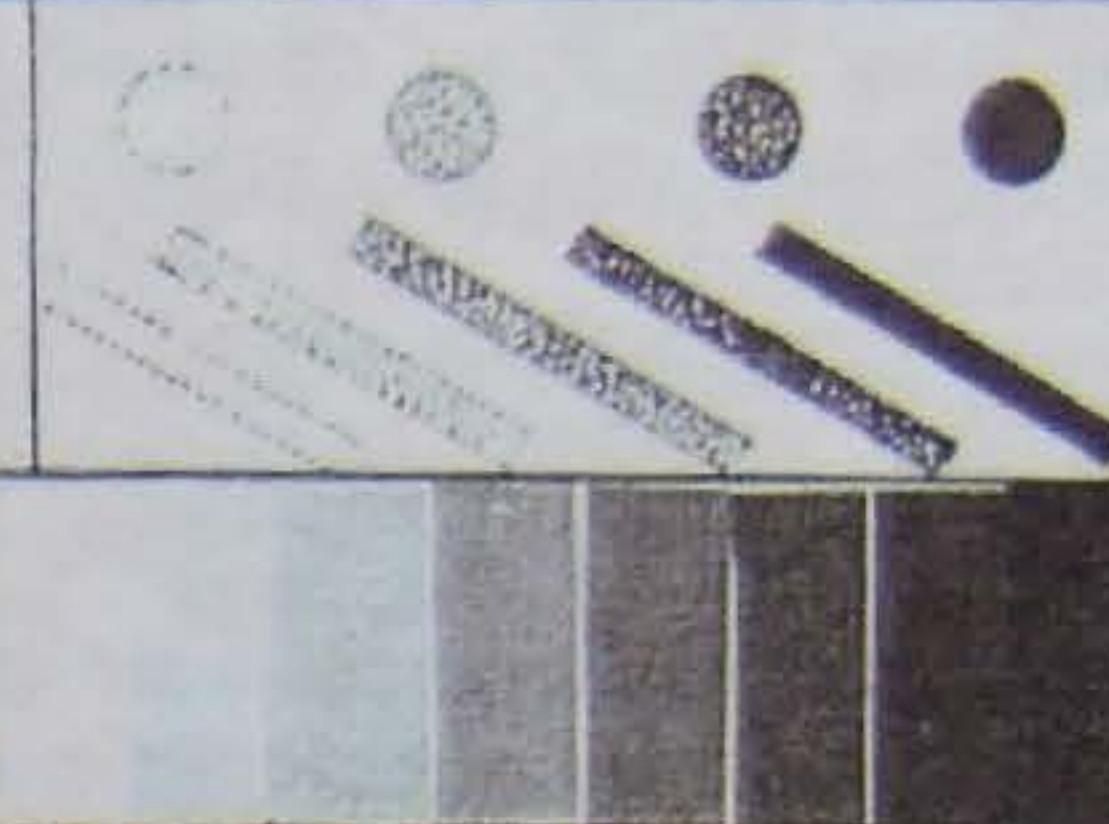
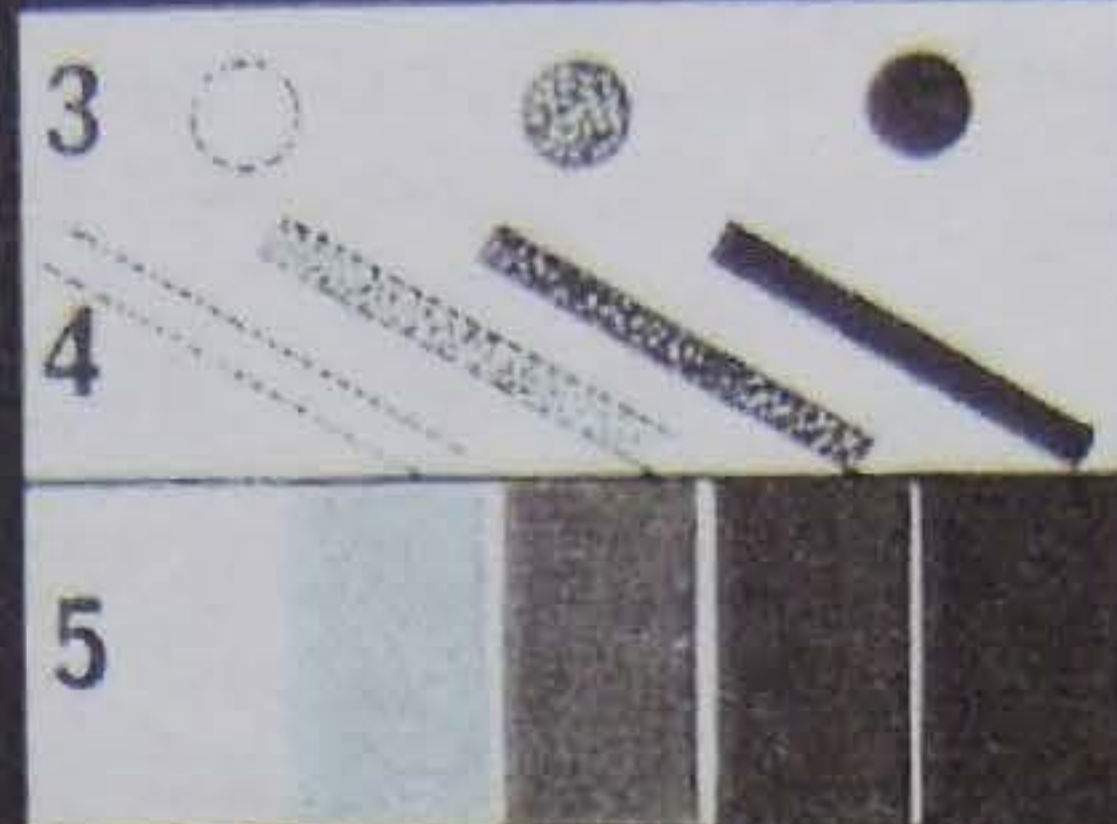
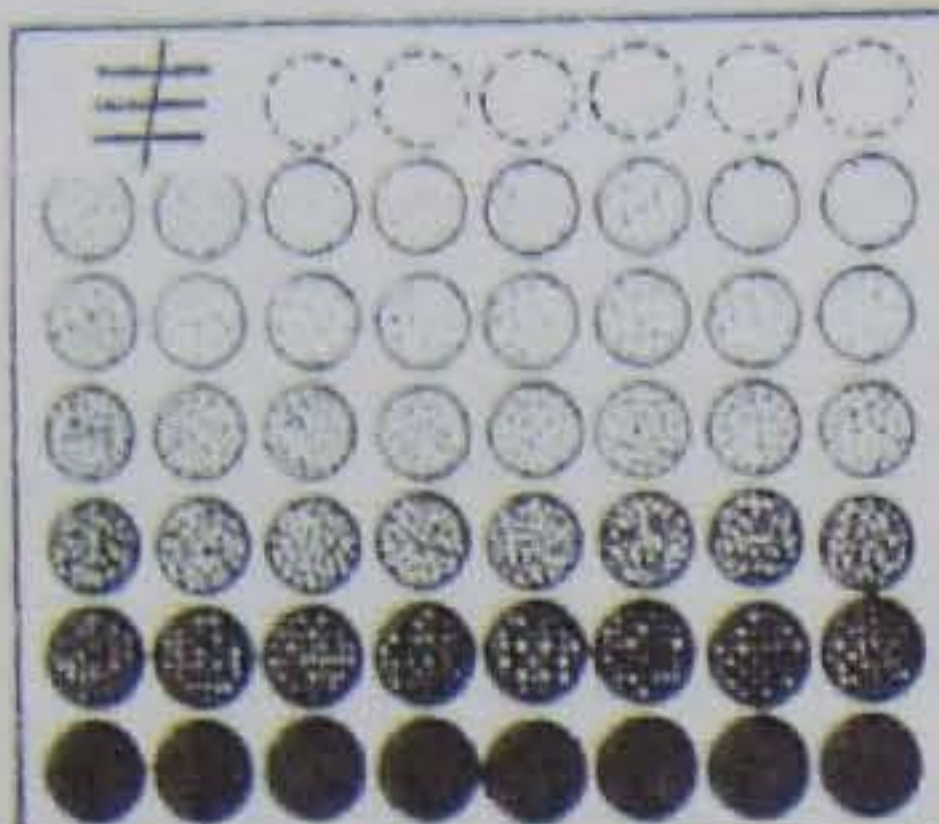
ORDRE  
O  
Tous les signaux  
sont perçus comme  
ORDONNÉS

QUANTITE  
Q  
Tous les signaux sont perçus  
PROPORTIONNELS  
entre eux

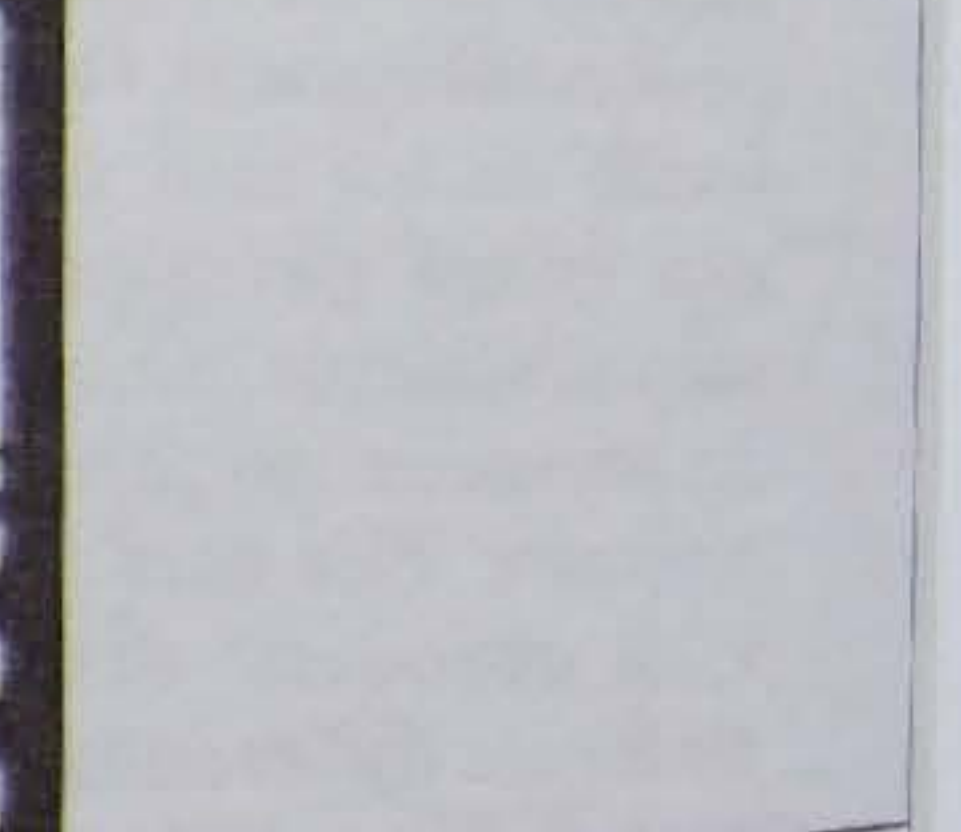
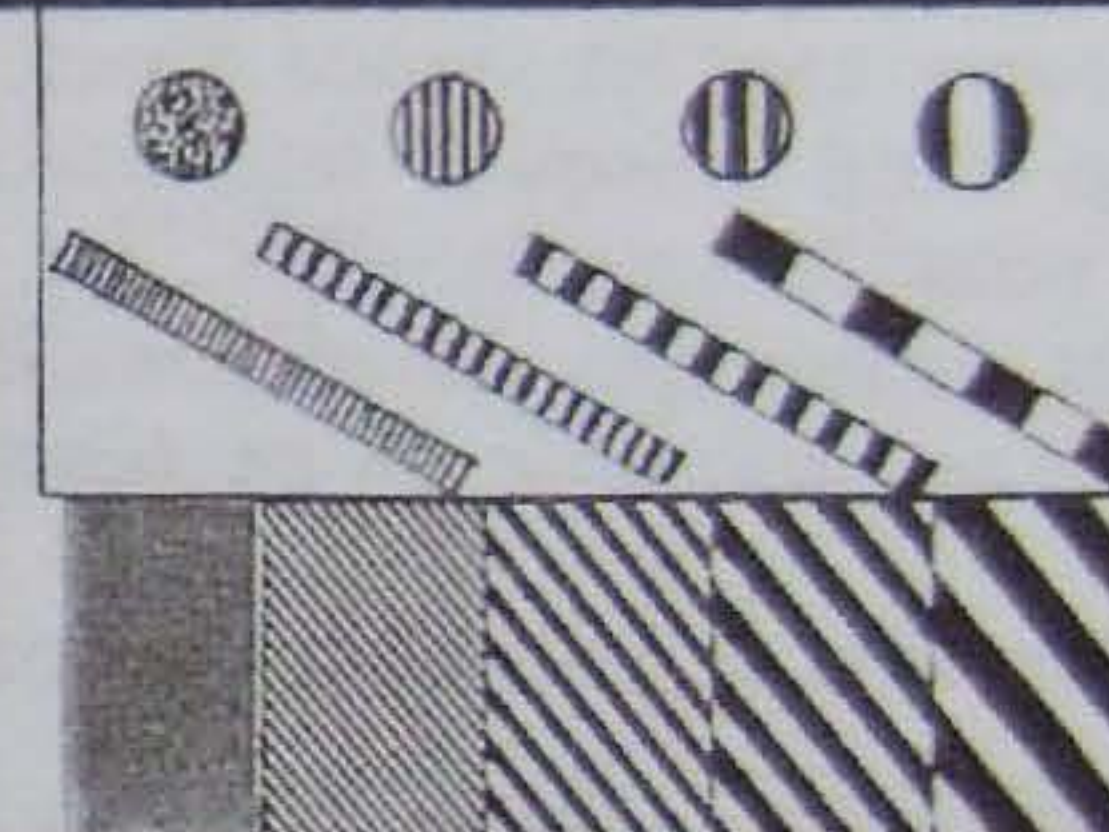
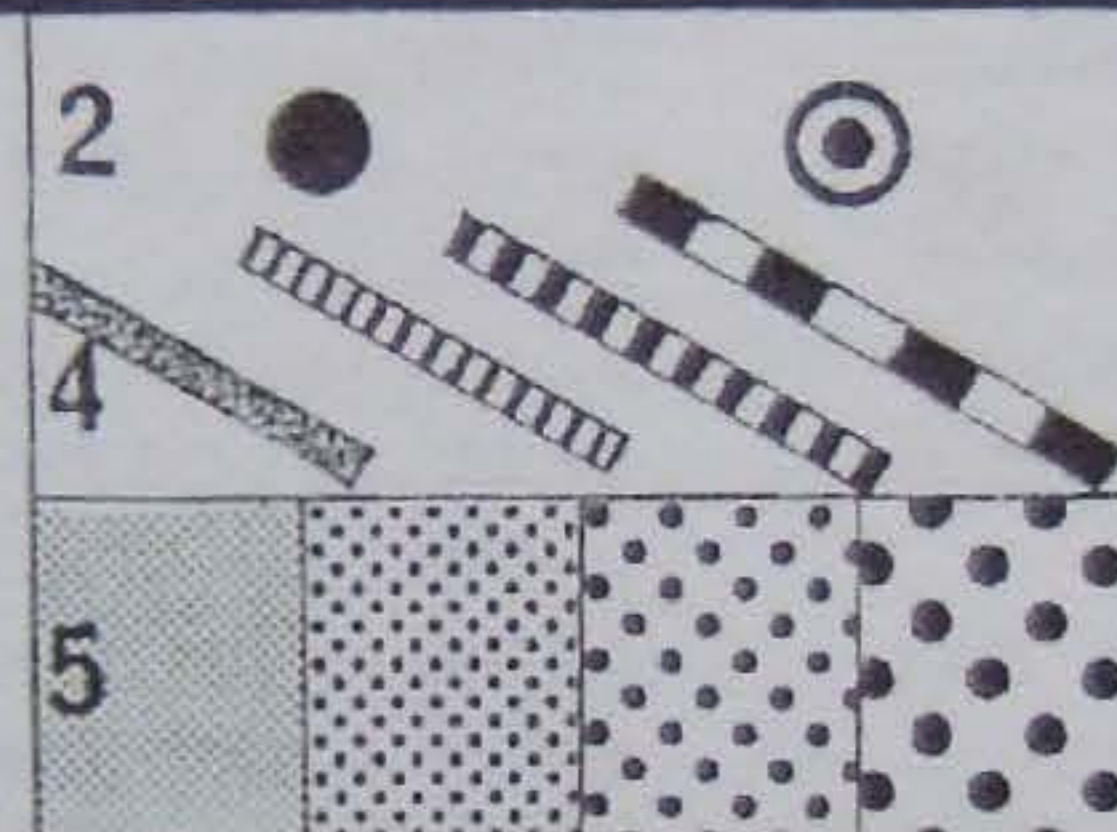
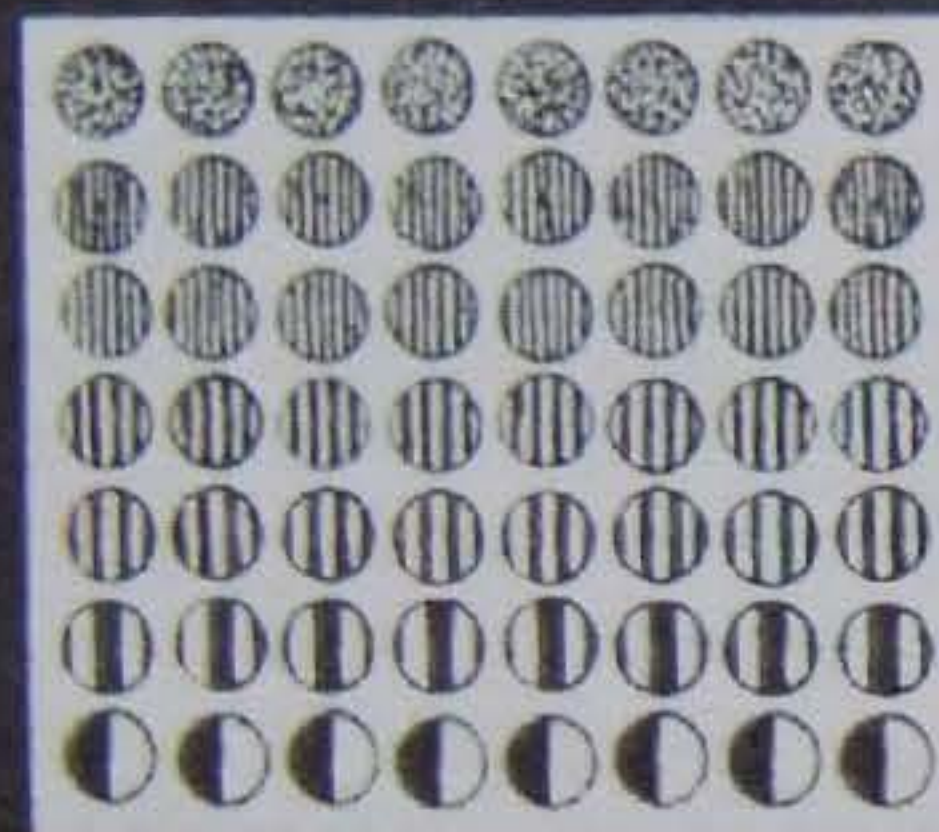
TAILLE



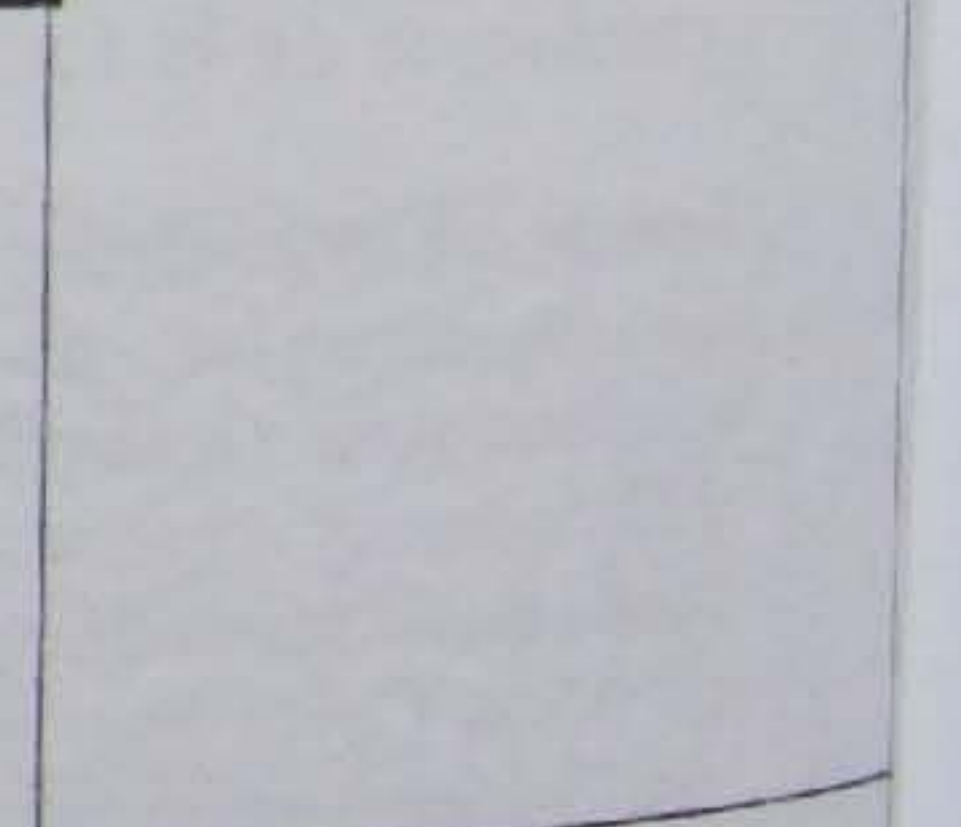
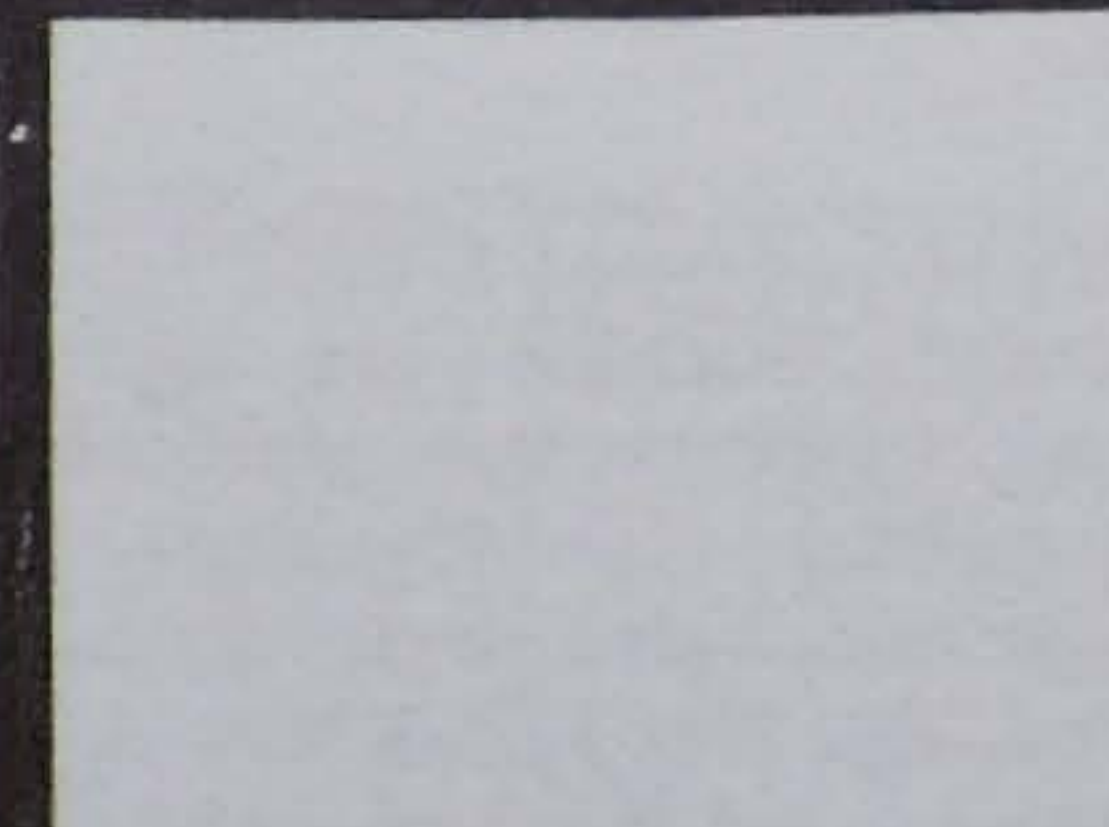
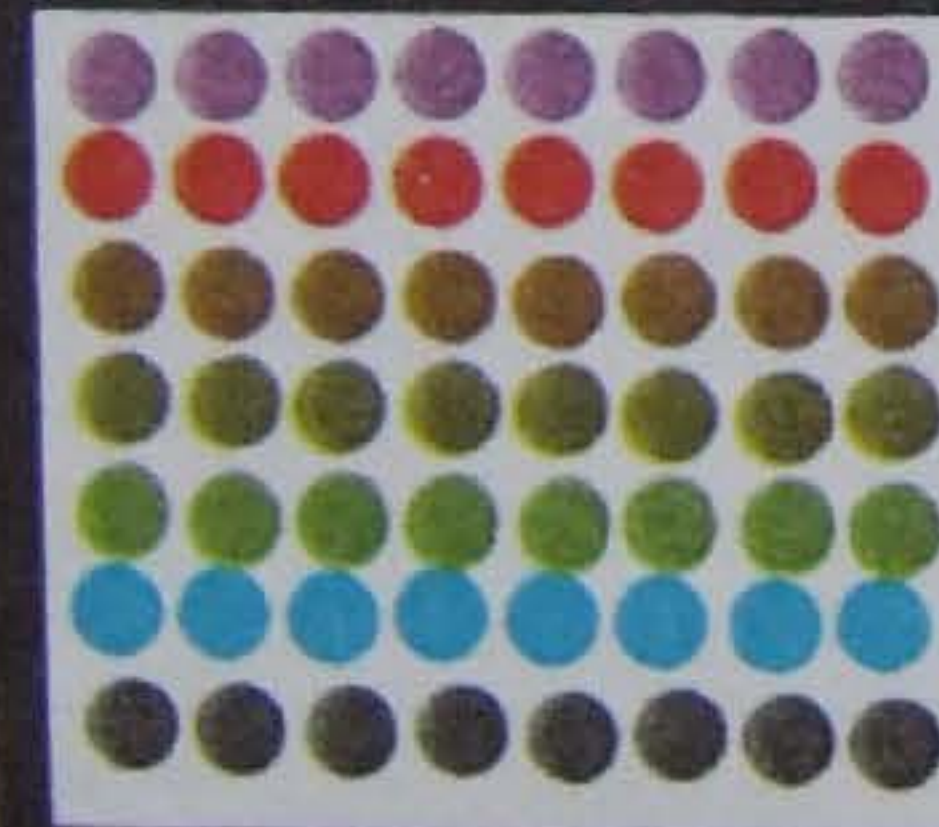
VALEUR



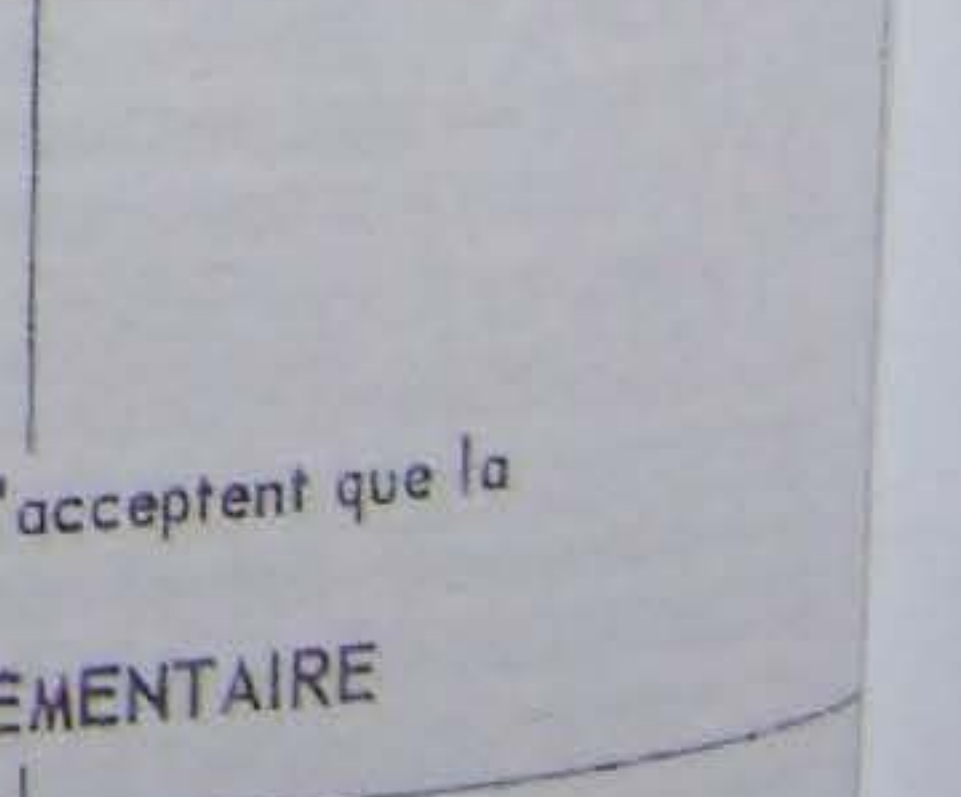
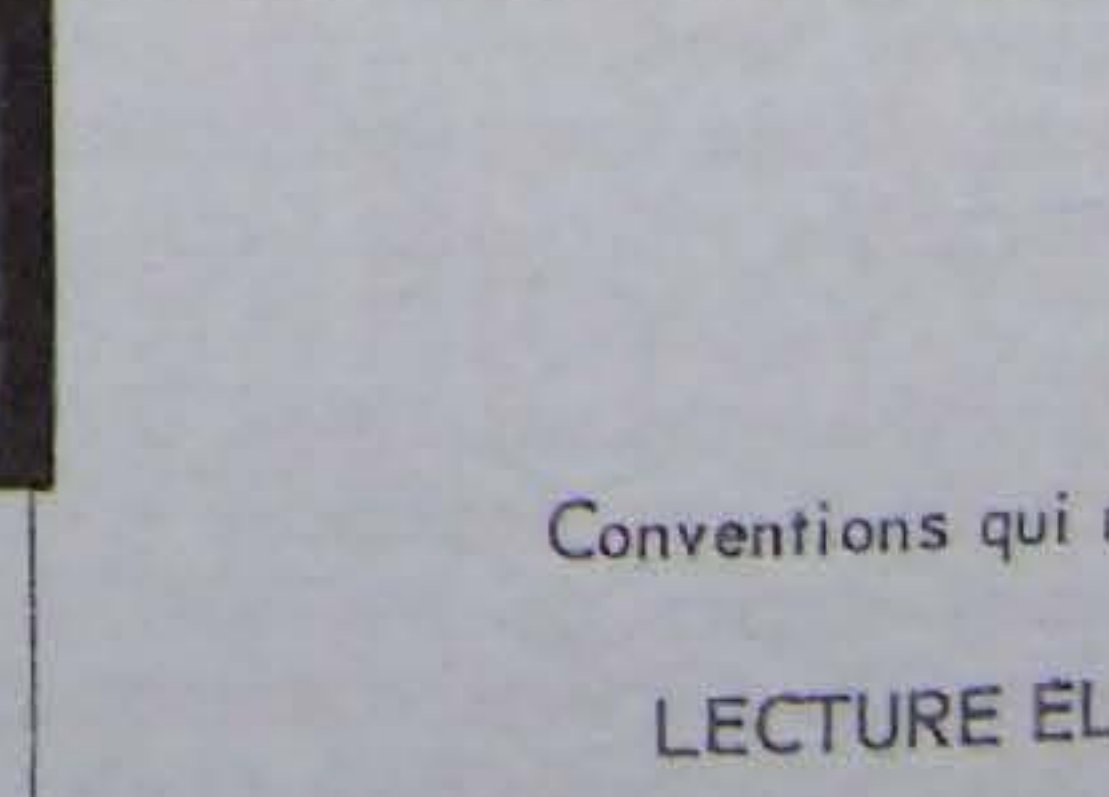
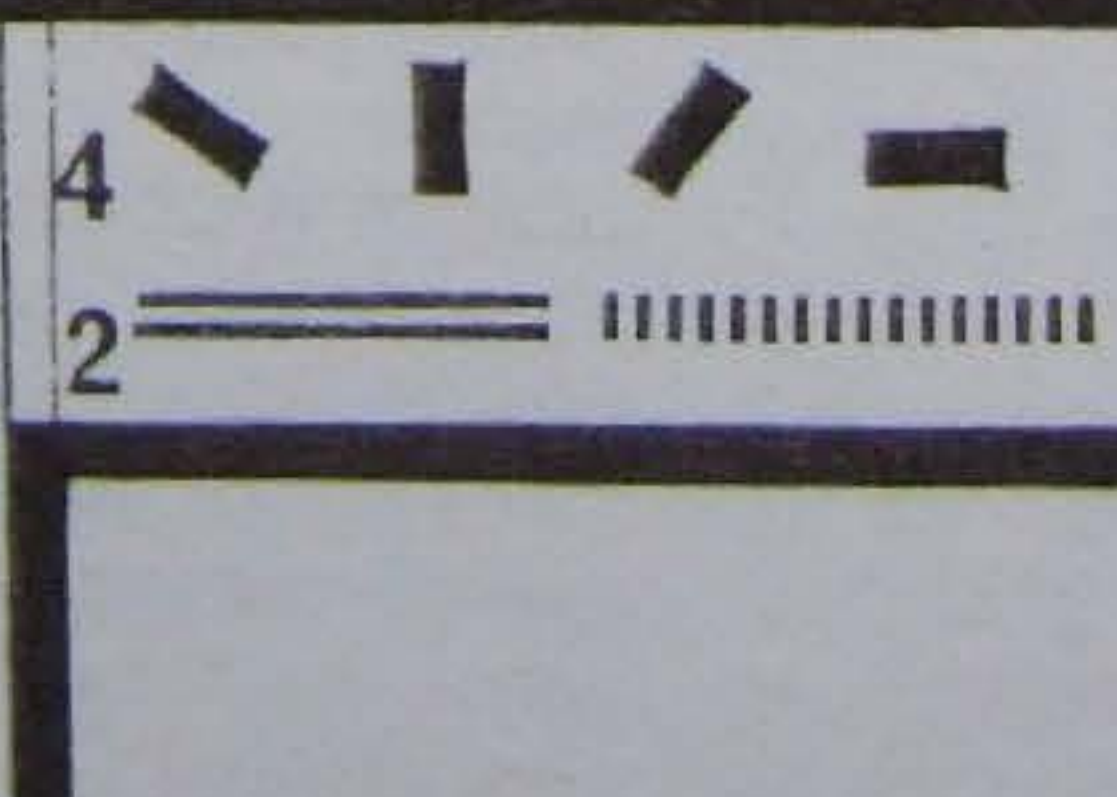
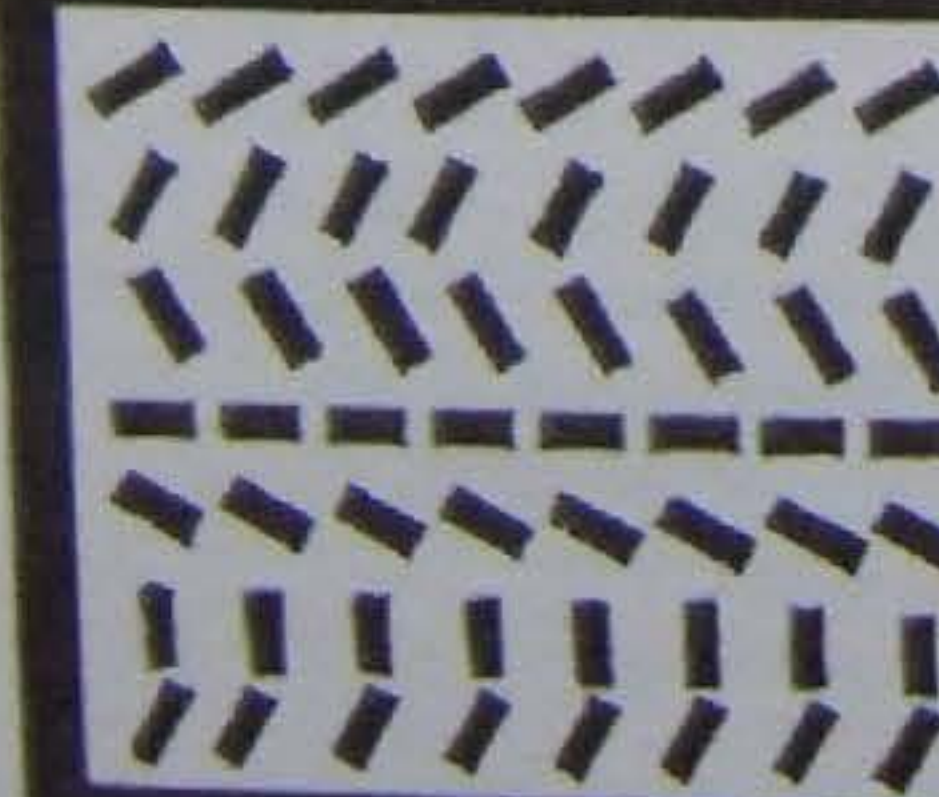
GRAIN



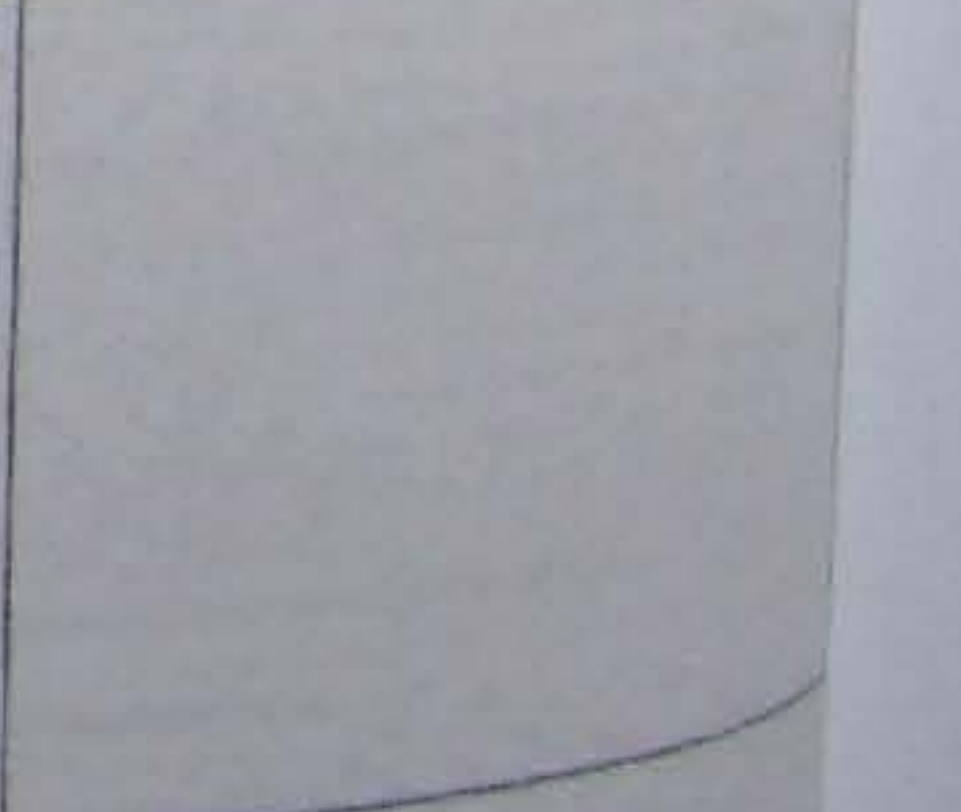
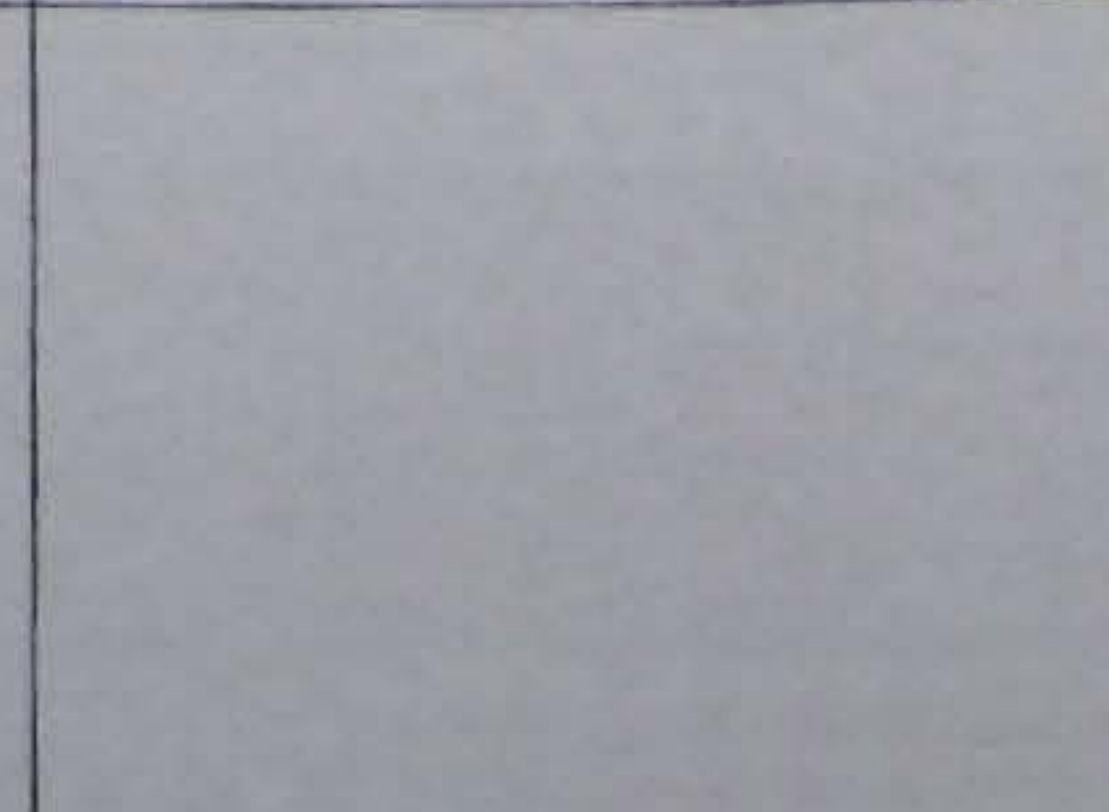
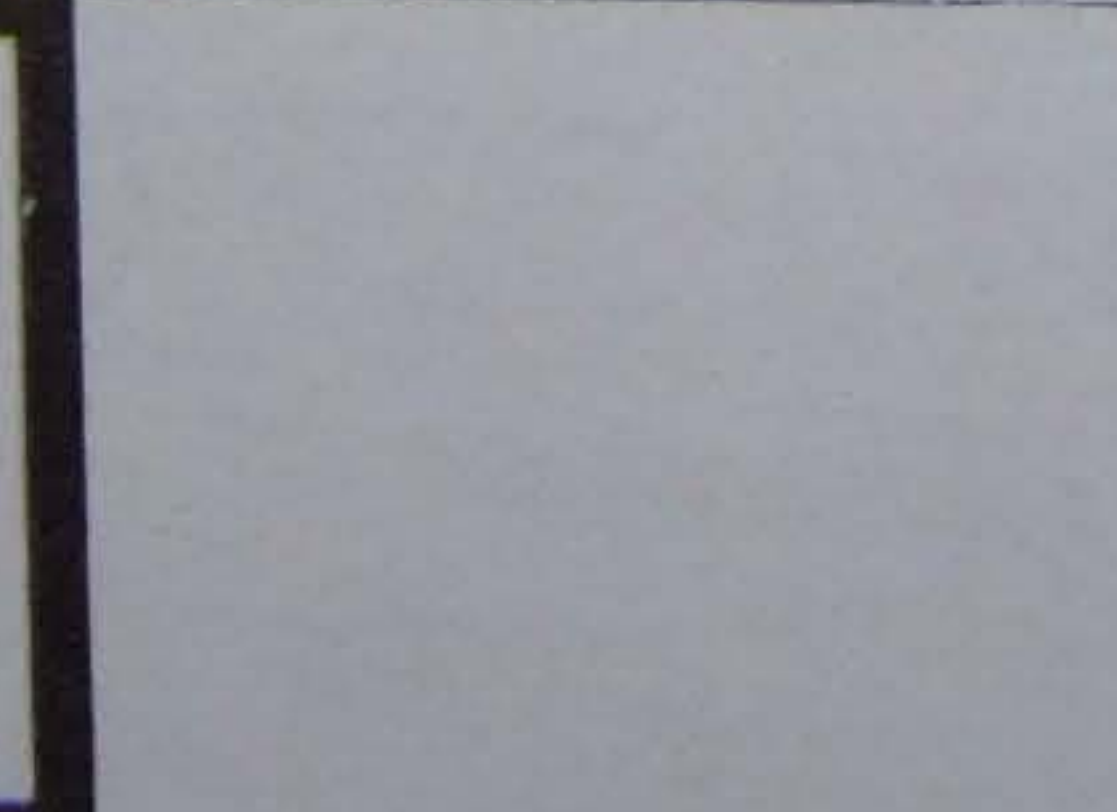
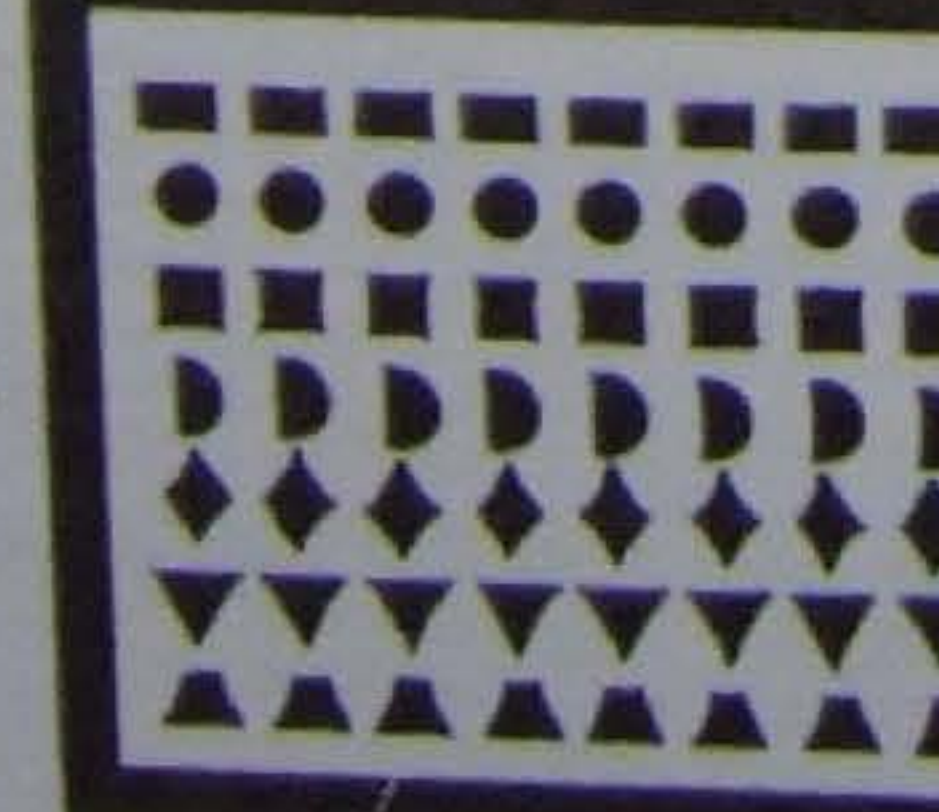
COULEUR



ORIENTATION



FORME



Conventions qui n'acceptent que la  
LECTURE ÉLÉMENTAIRE



## TABLEAU DES PROPRIÉTÉS DES VARIABLES RÉTINIENNES.

Les propriétés perceptives : niveaux d'organisation et longueur des variables rétiniennes, définies et exposées dans les pages qui précèdent sont réunies dans le tableau ci-contre qui complète celui de la p. 69.

### **Niveau d'organisation.**

Dans la colonne de gauche (association), ce qui est vrai en implantation ponctuelle l'est aussi dans les autres implantations.

Dans les trois colonnes de droite (sélection, ordre, quantité) chaque case comporte une représentation dans les trois implantations.

Le niveau de chaque variable est défini par les cases dessinées, et par exemple une composante de niveau **O** ne peut être transcrite que par une des dimensions du plan, ou par la taille, la valeur ou le grain.

Tout emploi d'une variable rétiniennne qui tombe dans une case vide fournit une représentation qui n'autorise que la lecture au niveau élémentaire.

### **Longueur.**

La longueur de chaque composante, illimitée en perception quantitative, ordonnée ou associative se réduit à un petit nombre de paliers en perception sélective. Ce nombre, marqué par un chiffre pour chaque implantation, a été calculé en fonction de problèmes et de moyens graphiques courants. On se rappellera néanmoins que la longueur utile de chaque variable est liée à la taille et la valeur des taches. Pour de très petites taches, pour de faibles valeurs, le nombre des paliers sensibles est encore plus réduit.

Il est indispensable de connaître ce tableau chaque fois que l'on emploie une variable rétiniennne. Il ne traite que des variables "pures" c'est-à-dire toute autre variation exclue. Mais c'est la base de toutes les combinaisons de variables, et nous verrons p. 187 que les propriétés d'une combinaison se déduisent aisément de ce tableau. Rappelons que les deux dimensions du plan sont les seules variables visuelles qui bénéficient de toutes les propriétés perceptives.



### **III**

## **LES RÈGLES DU SYSTÈME GRAPHIQUE**

*Pour qu'une construction graphique soit "utile"  
il faut connaître le processus de perception visuelle.  
Il détermine des règles qui conduisent à l'efficacité.*

- A. Le problème graphique**
- B. La théorie de l'image**
- C. Les fonctions de la représentation graphique**
- D. Règles générales de construction**
- E. Règles générales de lisibilité.**



# A. Le problème graphique

Faut-il faire un dessin ?

Suivant les cas, le dessin peut être inutile ou nécessaire. La décision de transcrire graphiquement une information devrait reposer sur une appréciation de l'efficacité de chaque langage, de chaque système d'expression. Elle repose encore sur les habitudes acquises, sur les aptitudes personnelles pour ne pas dire sur une mode. La décision négative est généralement expliquée par des considérations de temps "je n'ai pas le temps de dessiner !"

L'utilité du dessin ne peut être admise, son rendement informatif ne peut être pesé que si l'on sait répondre en toute rigueur à la deuxième question.

Quel dessin faut-il faire ?

Construire une représentation graphique, c'est faire correspondre des variables visuelles aux composantes de l'information. Avec ses huit variables indépendantes, la graphique offre pour chaque information un choix illimité de constructions, et lorsque l'information contient une composante géographique, le problème du rédacteur graphique s'énonce ainsi :

faut-il faire un diagramme, un réseau ou une carte et dans chaque cas quel type de construction ou quelle formule d'élévation faut-il choisir ?

L'éventail des choix est probablement plus grand que ne le soupçonnent les rédacteurs graphiques. Pour souligner l'importance du problème nous donnons dans les pages suivantes une collection des principales transcriptions possibles d'une information à trois composantes. La théorie de l'image fournira ensuite le moyen de découvrir dans cette collection le dessin qu'il faut faire.

## CENT CONSTRUCTIONS POUR UNE INFORMATION

Soit l'information ci-contre.

Population active, en France, en 1954.

≠ par départements

Q quantités suivant

≠ trois grands secteurs d'activité :

primaire (agriculture)

secondaire (industrie)

tertiaire (commerce, transports, services)

Le calcul permet de compléter l'information et de fournir :

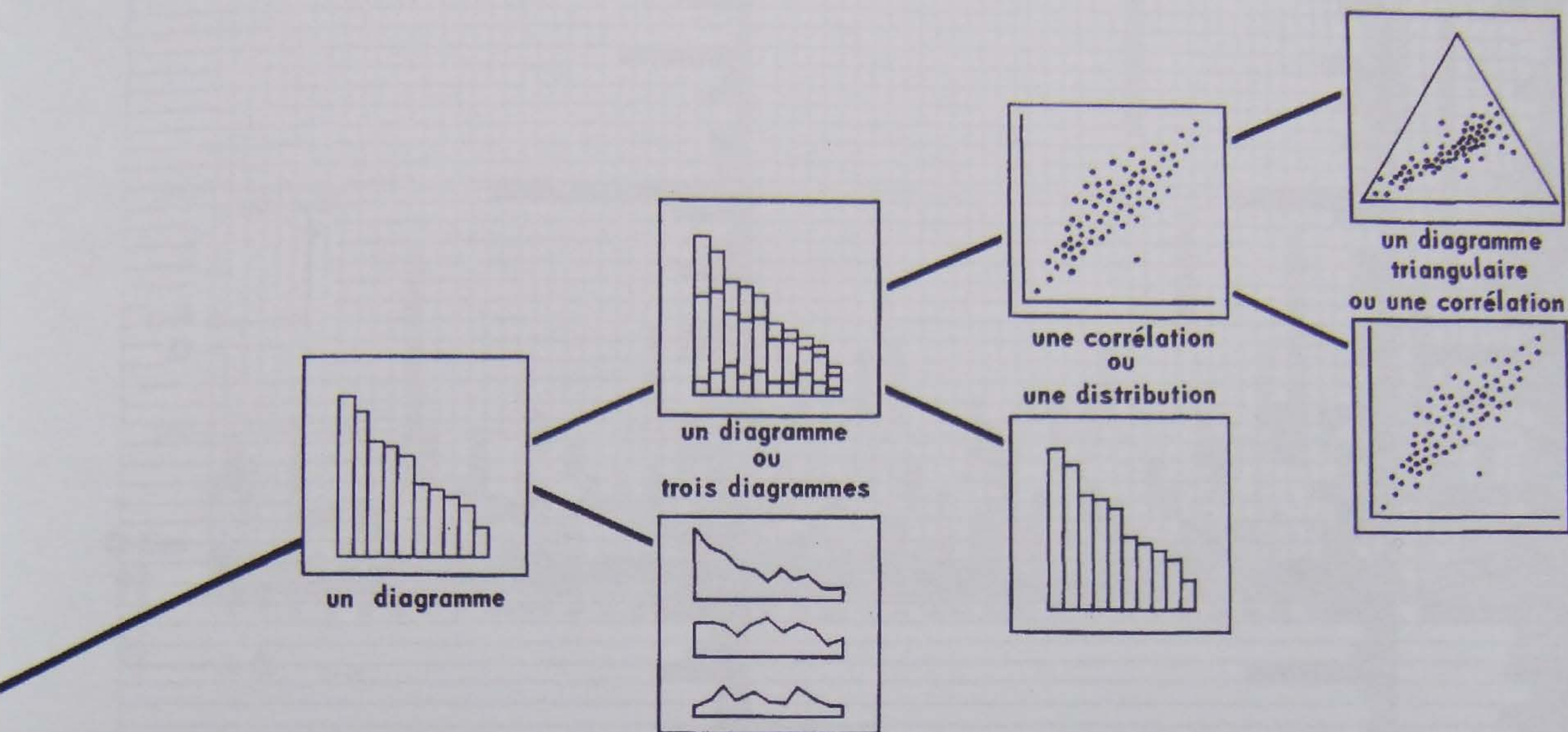
1°) la quantité totale de population active par département ;

2°) le pourcentage départemental de chaque secteur pour 100 personnes actives.

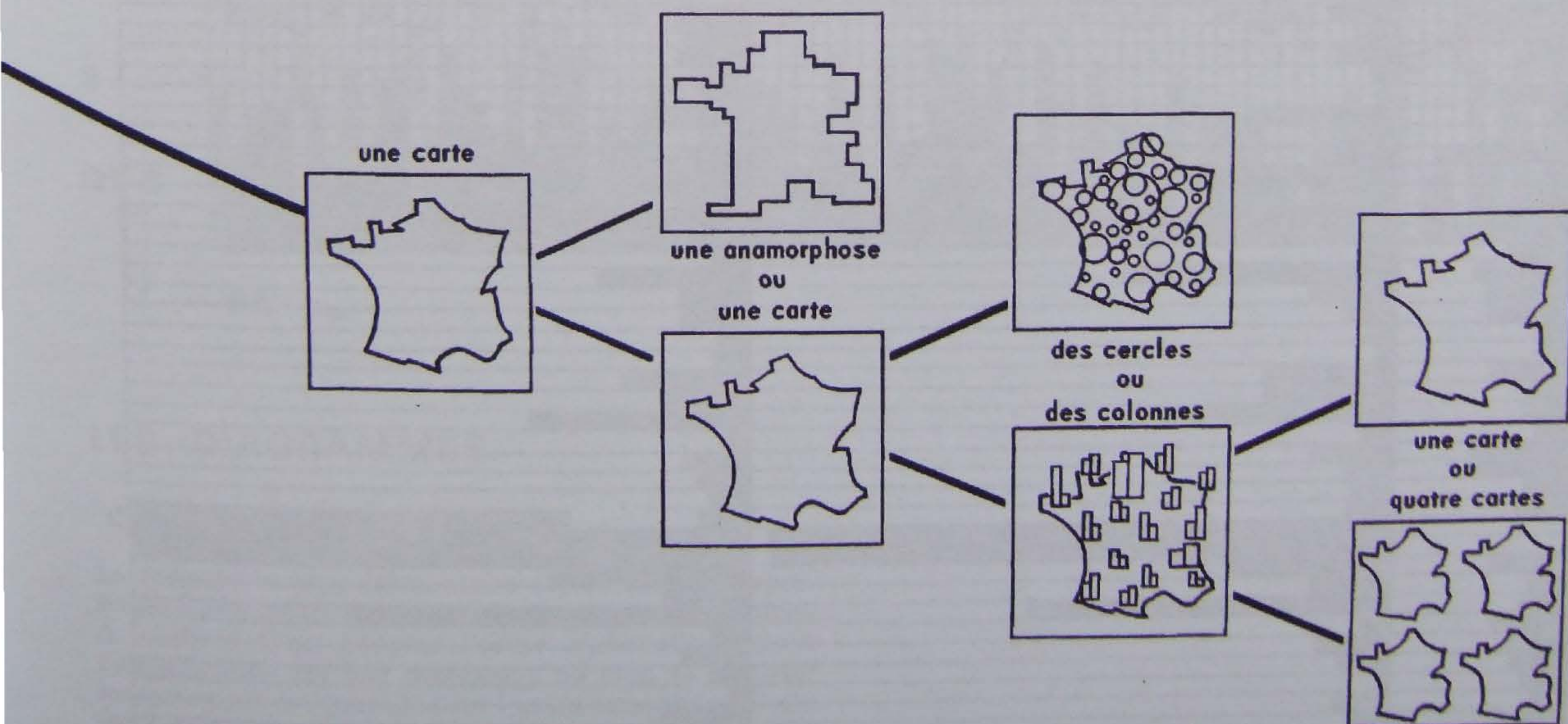
Cette information offre la possibilité de construire des diagrammes et des cartes.

Départements	Quantités (000)			Total	Proportion %		
	I	II	III		I	II	III
1 AIN	67	43	40	150	45	28	27
2 AISNE	56	71	66	193	29	37	34
3 ALLIER	65	45	57	167	39	27	34
4 Bses ALPES	15	8	12	35	43	24	33
5 Htes ALPES	16	8	13	37	44	21	35
6 ALPES Mmes	31	61	122	214	14	29	57
7 ARDECHE	48	32	25	105	45	31	24
8 ARDENNES	25	53	35	113	22	47	31
9 ARIEGE	33	17	14	64	52	26	22
10 AUBE	28	48	36	112	25	43	32
11 AUDE	50	20	32	102	49	19	32
12 AVEYRON	70	32	29	131	54	24	22
13 BOUCHES DU RH.	42	143	226	412	10	35	55
14 CALVADOS	70	55	69	194	36	28	36
15 CANTAL	45	13	20	78	58	16	26
16 CHARENTE	65	36	38	140	47	26	27
17 CHARENTE Mme	79	39	65	183	43	21	36
18 CHER	43	41	36	120	36	34	30
19 CORREZE	64	23	29	116	55	20	25
21 COTE D'OR	43	41	59	143	30	29	41
22 COTES DU NORD	131	35	62	228	58	15	27
23 CREUSE	58	13	17	88	66	15	19
24 DORDOGNE	104	34	41	179	58	19	23
25 DOUBS	35	67	39	142	25	47	28
26 DROME	46	38	35	119	39	31	30
27 EURE	48	52	45	145	33	36	31
28 EURE & LOIR	44	27	38	110	41	25	34
29 FINISTERE	164	76	89	329	50	23	27
30 GARD	40	51	52	144	28	36	36
31 HAUTE GARONNE	64	67	84	216	30	31	39
32 GERS	63	10	16	89	71	11	18
33 GIRONDE	115	107	170	392	30	27	43
34 HERAULT	62	40	71	173	36	23	41
35 ILLE & V.	137	60	82	279	49	21	30
36 INDRE	54	30	32	116	46	26	28
37 INDRE & L.	61	41	55	157	39	26	35
38 ISERE	68	136	78	282	24	48	28
39 JURA	39	34	27	100	39	34	27
40 LANDES	70	25	28	123	57	20	23
41 LOIR & CHER	51	27	30	108	47	25	28
42 LOIRE	56	160	82	298	19	54	27
43 Hte LOIRE	52	23	22	97	54	24	22
44 LOIRE INF.	101	108	105	314	32	34	34
45 LOIRET	51	51	54	156	32	33	35
46 LOT	41	10	16	67	61	15	24
47 LOT & GAR.	70	24	30	124	57	19	24
48 LOZERE	22	5	7	34	64	15	21
49 MAINE & L.	104	65	65	234	44	28	28
50 MANCHE	116	42	56	214	54	20	26
51 MARNE	44	57	67	168	26	34	40
52 Hte MARNE	25	28	28	81	31	35	34
53 MAYENNE	74	23	28	125	59	19	22
54 MEURTHE & M.	23	127	91	241	9	53	38
55 MEUSE	24	31	27	82	30	38	32
56 MORBIHAN	132	47	59	238	55	20	25
57 MOSELLE	36	173	94	303	12	57	31
58 NIEVRE	34	27	33	94	36	29	35
59 NORD	81	483	296	860	9	56	35
60 OISE	40	69	55	164	24	42	34
61 ORNE	65	30	35	130	50	23	27
62 P. D. C.	94	242	137	473	20	51	29
63 PUY DE DOME	80	79	63	222	36	36	28
64 Bses PYRENEES	80	49	62	191	42	25	33
65 Htes PYRENEES	37	27	28	92	40	29	31
66 PYRENEES ORIENT.	35	20	33	88	40	23	37
67 BAS-RHIN	76	122	114	312	24	39	37
68 HT-RHIN	40	121	74	235	17	51	32
69 RHONE	44	215	194	453	10	47	43
70 Hte SAONE	34	32	23	89	38	36	26
71 SAONE & L.	94	77	62	233	41	33	26
72 SARTHE	87	45	58	190	46	24	30
73 SAVOIE	44	38	35	117	38	32	30
74 Hte SAVOIE	52	42	45	139	37	30	33
P PARIS	2	575	940	1517	0	38	62
75 SEINE	8	574	550	1132	1	51	48
76 SEINE INF.	75	152	174	401	19	38	43
77 SEINE & M.	37	72	76	185	20	39	41
78 SEINE & O.	46	328	356	730	6	45	49
79 DEUX-SEVRES	71	29	33	133	53	22	25
80 SOMME	57	68	61	186	31	36	33
81 TARN	55	47	33	135	41	35	24
82 TARN & G.	44	13	18	75	59	17	24
83 VAR	33	50	81	164	20	31	49
84 VAUCLUSE	40	30	41	111	36	27	37
85 VENDEE	110	38	40	188	59	20	21
86 VIENNE	60	29	39	128	47	23	30
87 Hte VIENNE	64	47	45	156	41	30	29
88 VOSGES	36	95	43	174	21	54	25
89 YONNE	41	28	37	106	39	26	35
90 BELFORT	3	25	13	41	8	60	32
	5212	6705	6905	18825	28	35	37

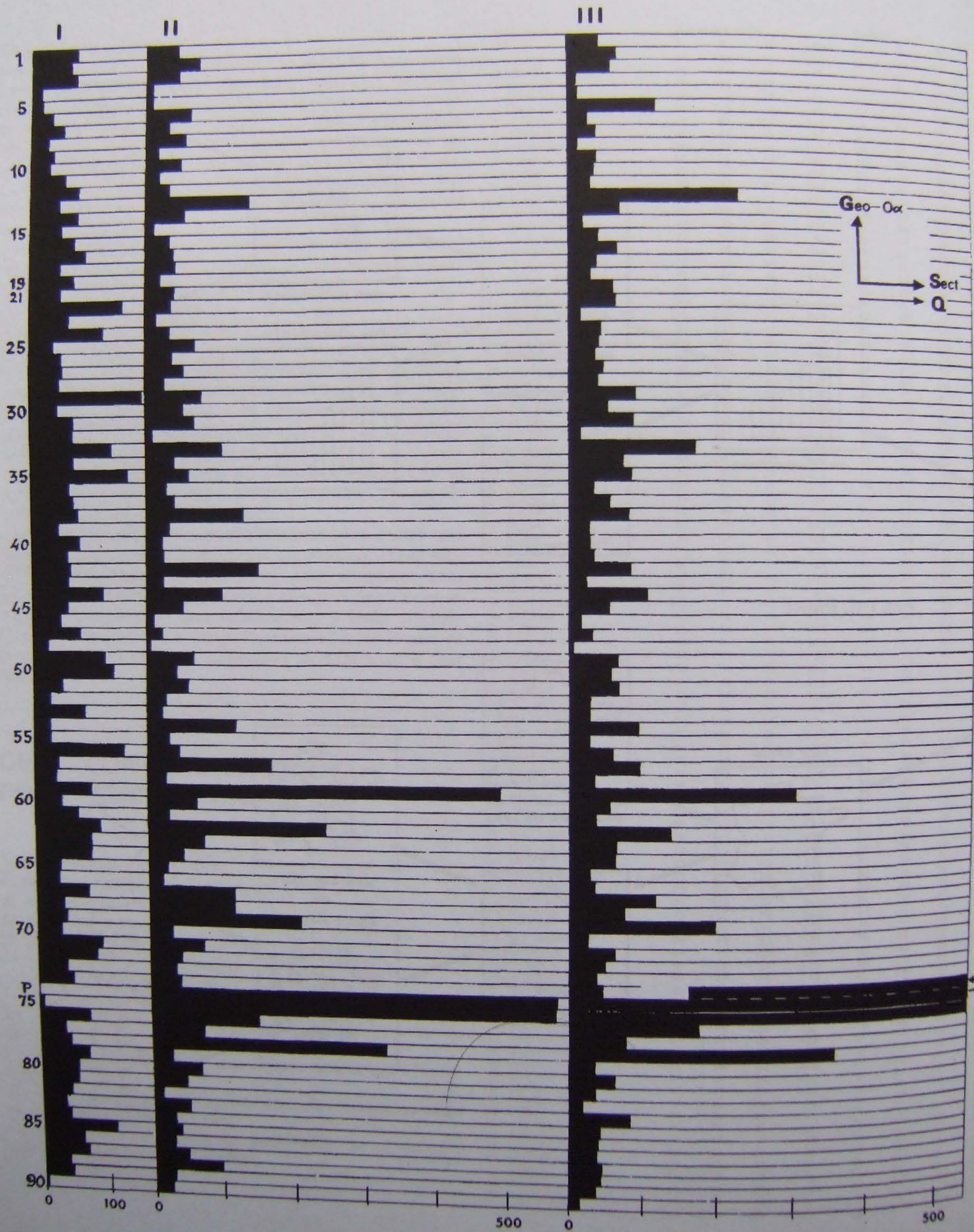




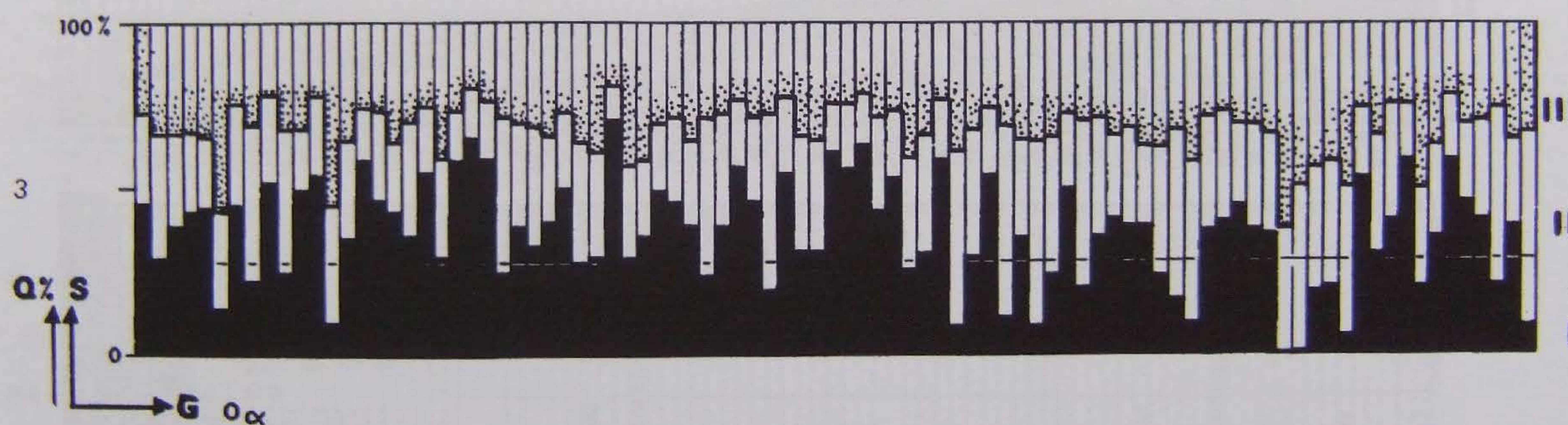
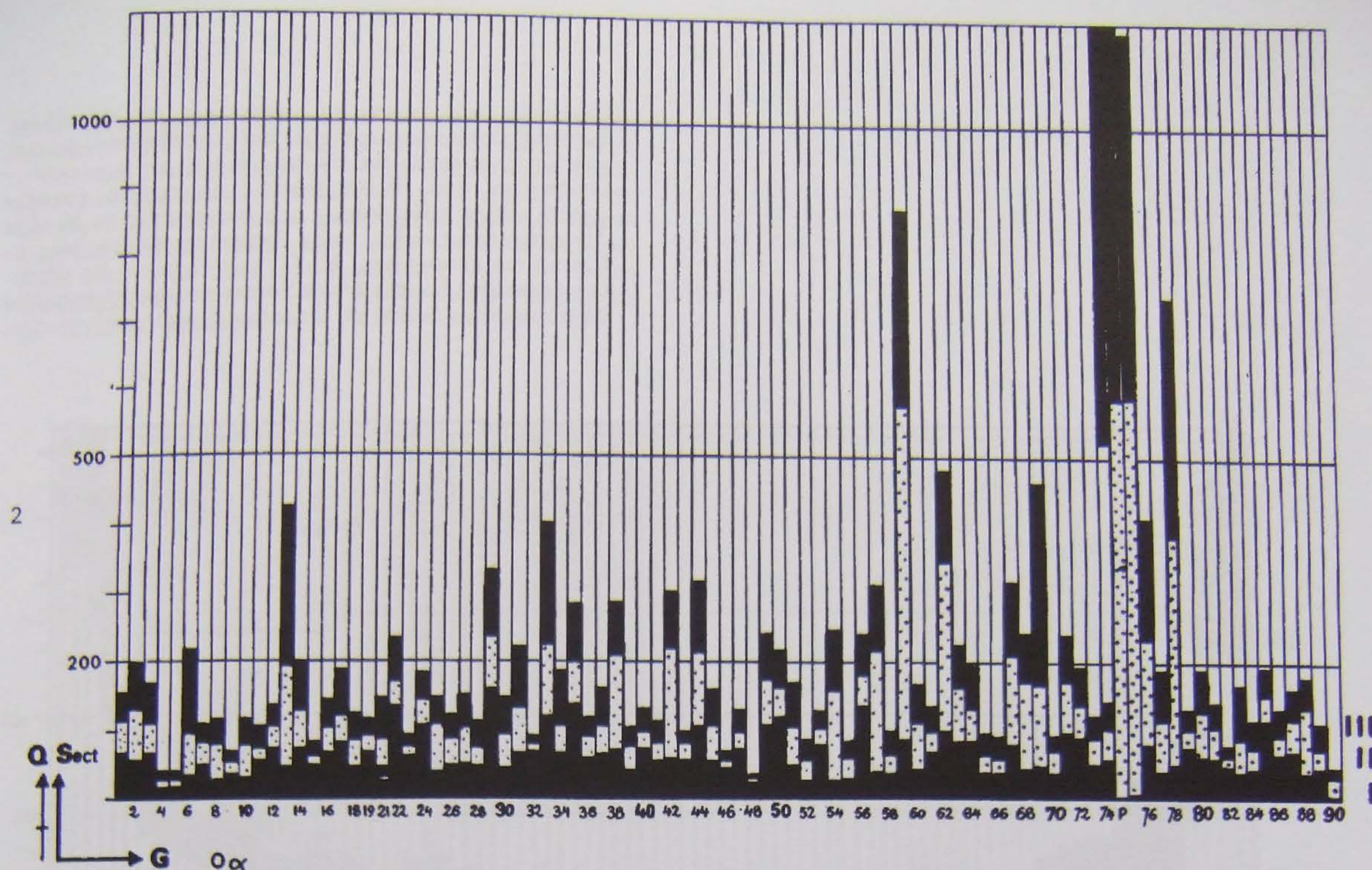
## FAUT-IL FAIRE









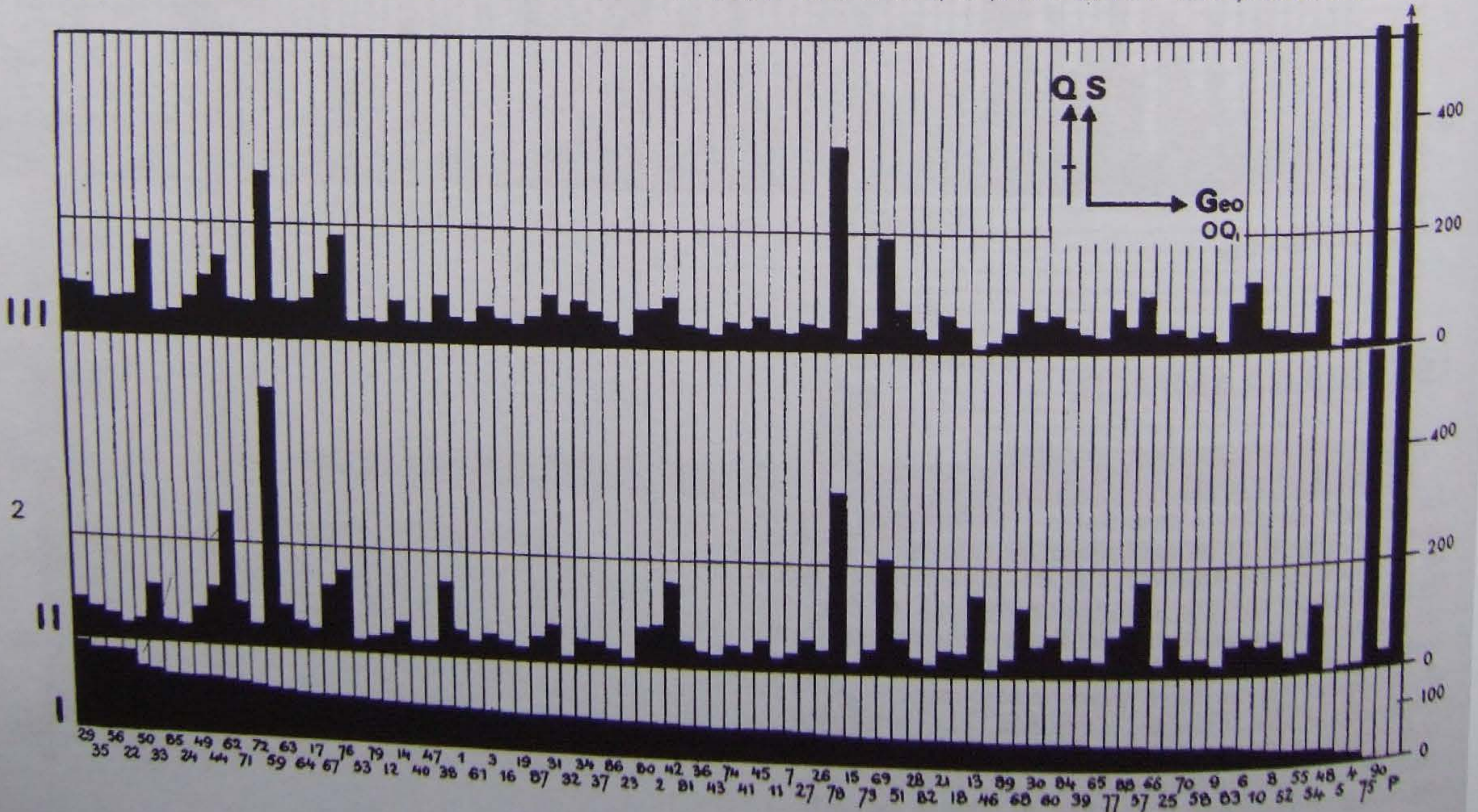
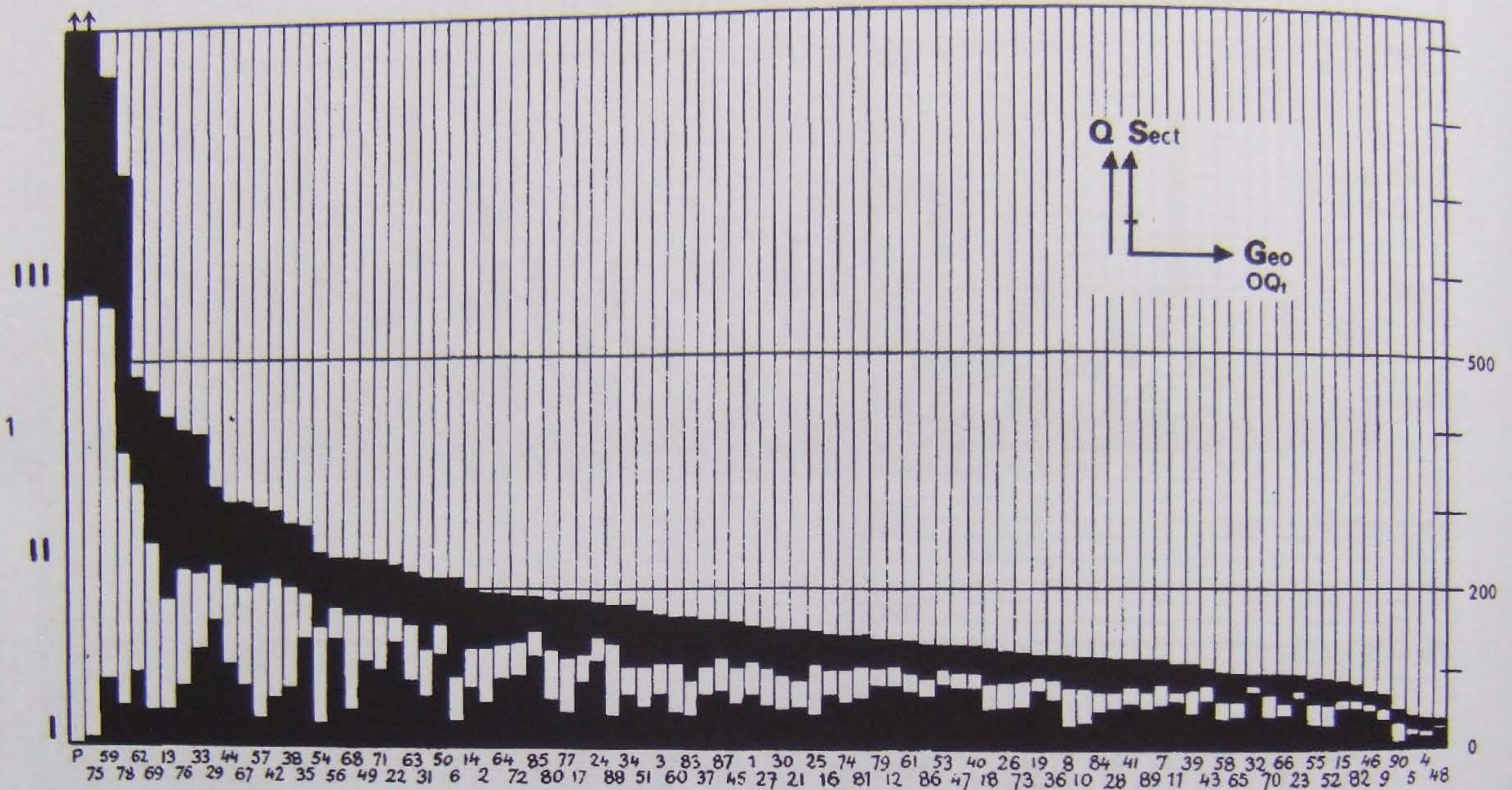


## LES DIAGRAMMES.

La formule la plus élémentaire (1) consiste à représenter les quantités en suivant la disposition du tableau de chiffres. C'est adopter l'ordre alphabétique pour l'identification sur une dimension du plan et disposer les secteurs et les quantités sur l'autre dimension. Cette formule peut varier, les quantités être cumulées par département (2) ou faire place aux pourcentages (3). Dans aucun cas l'image n'apporte une information utile. Elle reste complexe, sa mémorisation est sans objet et la lecture des quantités au niveau élémentaire est moins efficace que la lecture du tableau de chiffres.

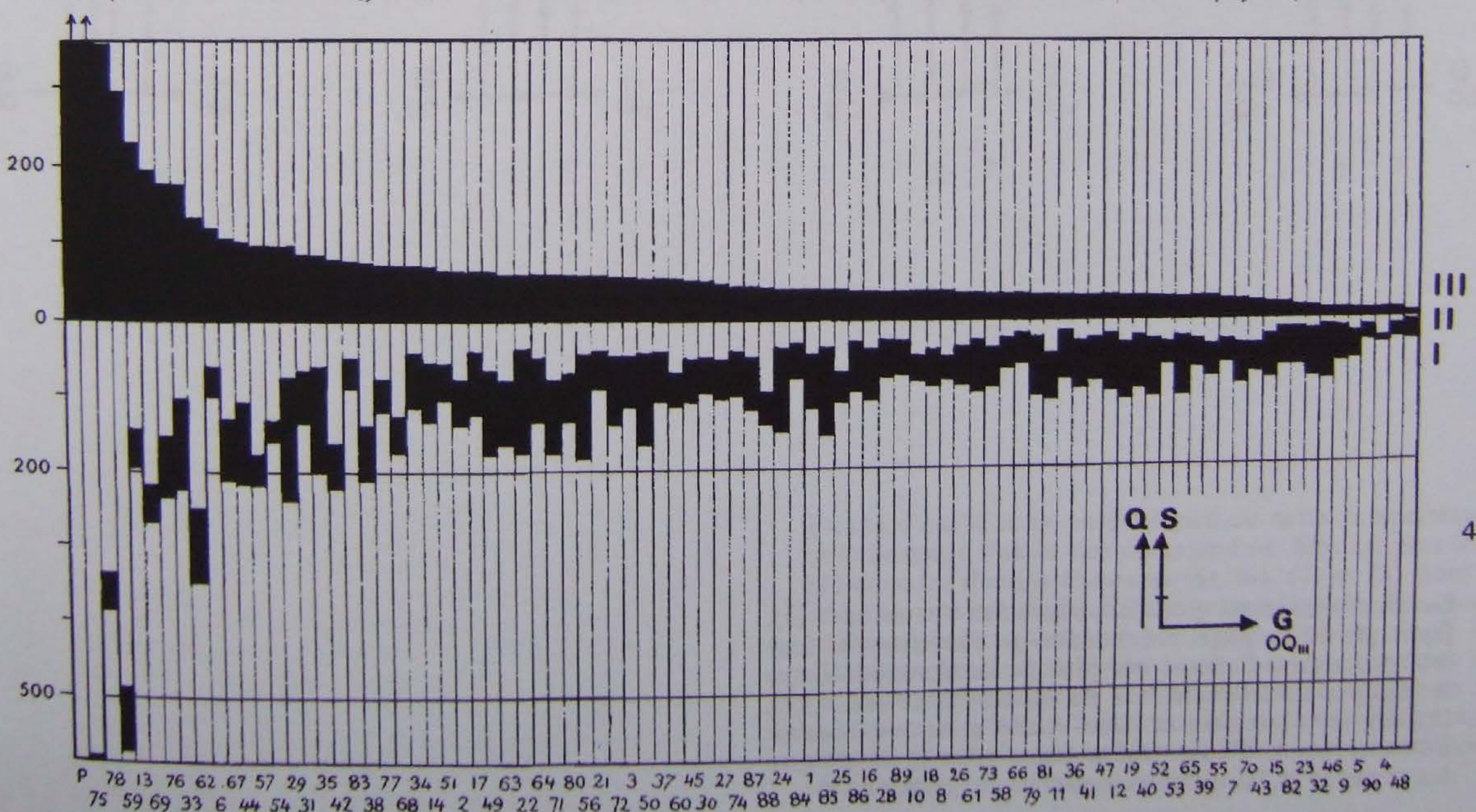
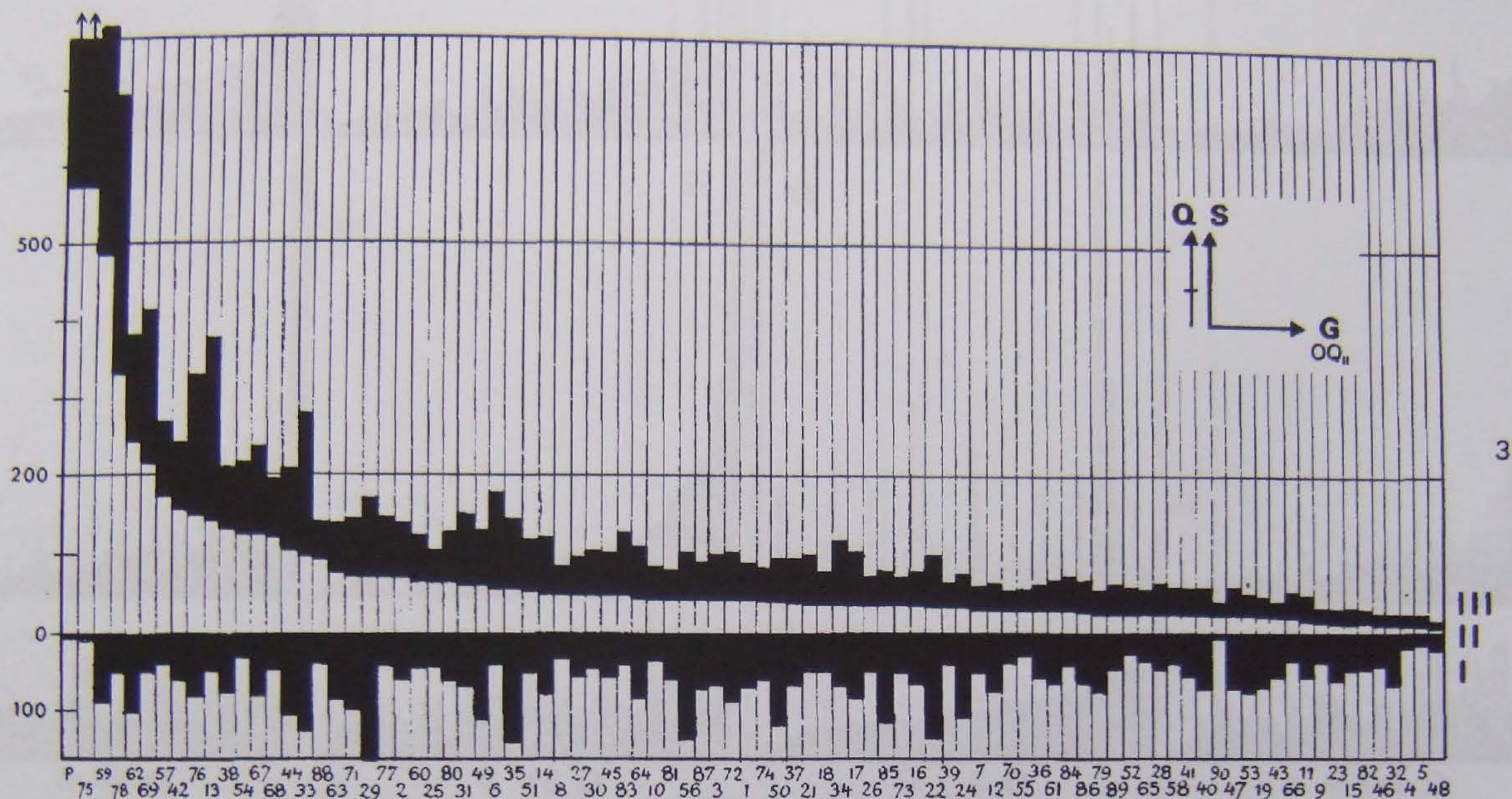


Dans ces deux pages les images ont été simplifiées. Les catégories géographiques ont été ordonnées suivant une série quantitative de manière à ce que celle-ci tende vers une droite. Mais l'information contient quatre séries différentes : une par secteur et la série des quantités totales, toute également susceptibles de fournir un classement. En (1) par exemple les départements sont classés suivant l'ordre des quantités totales de population active et, d'après cet ordre les quantités

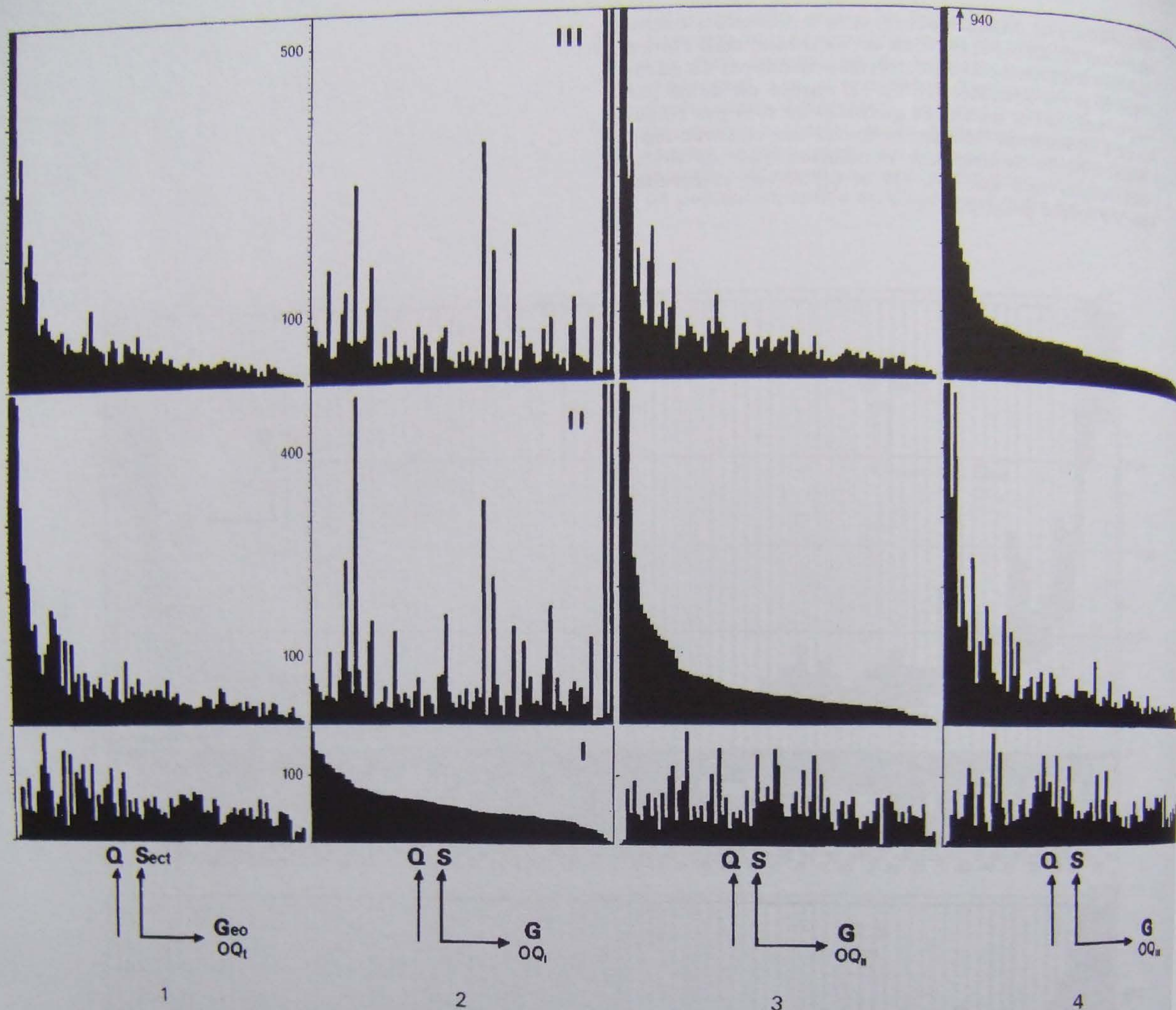




respectives de chaque secteur sont représentées cumulativement. En (3) et (4) il en est de même, mais l'ordre des départements est respectivement défini par les quantités II et les quantités III. En (2) l'ordre est défini par les quantités I et les autres quantités ne sont pas cumulées. Les schémas définissent toutes ces constructions. Il est difficile de tirer une conclusion utile de toutes ces images bien que (1), (3) et (4) soient construites sur un même principe:

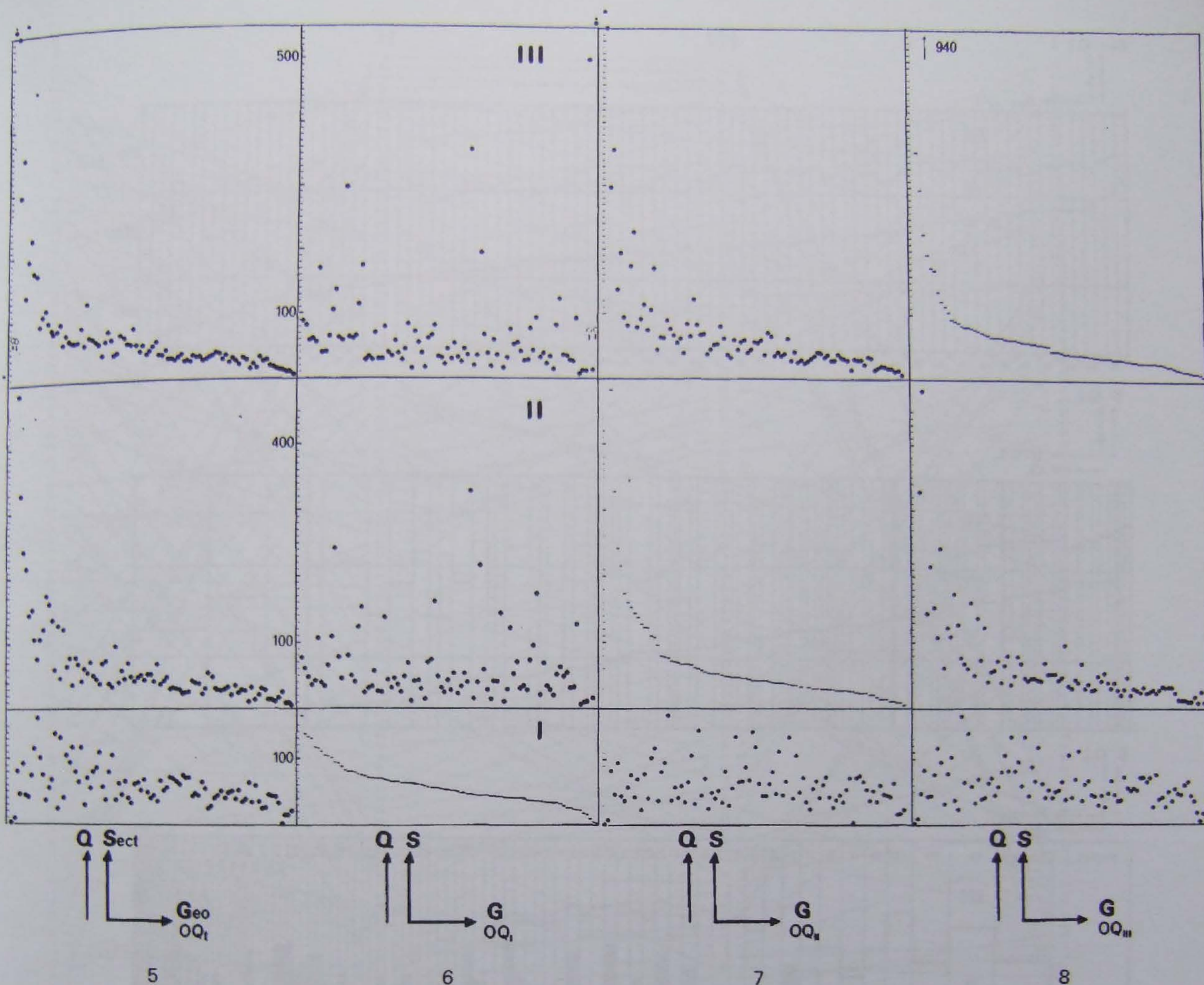






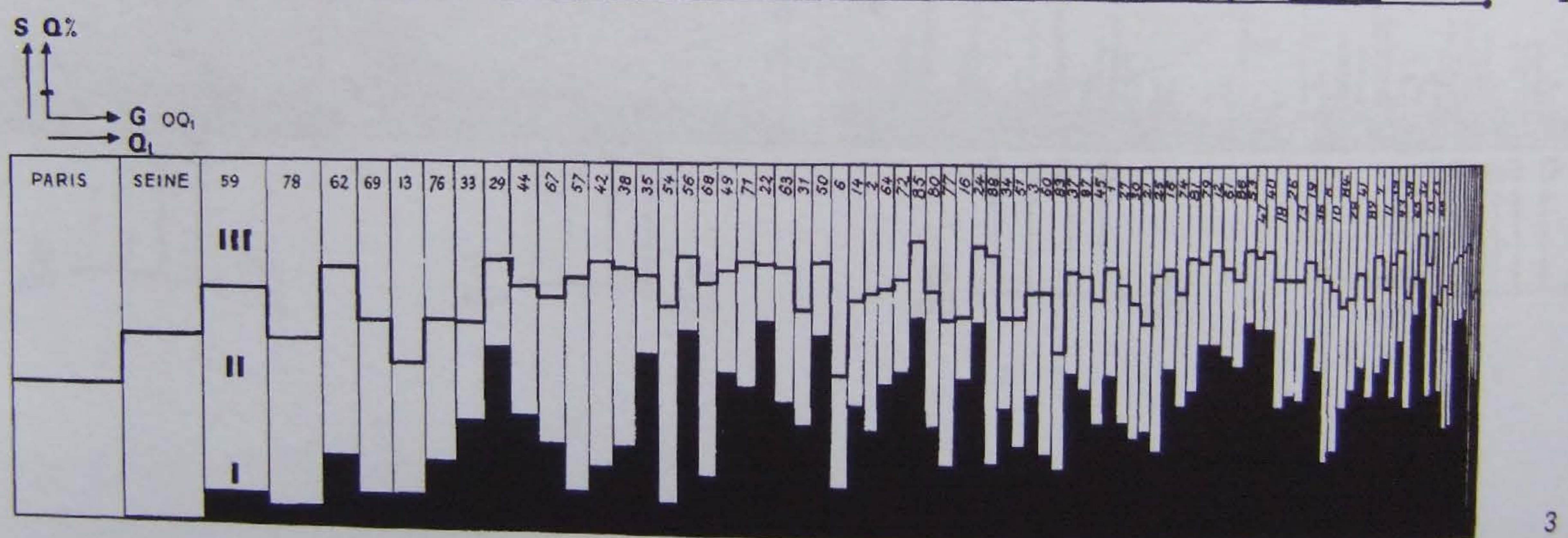
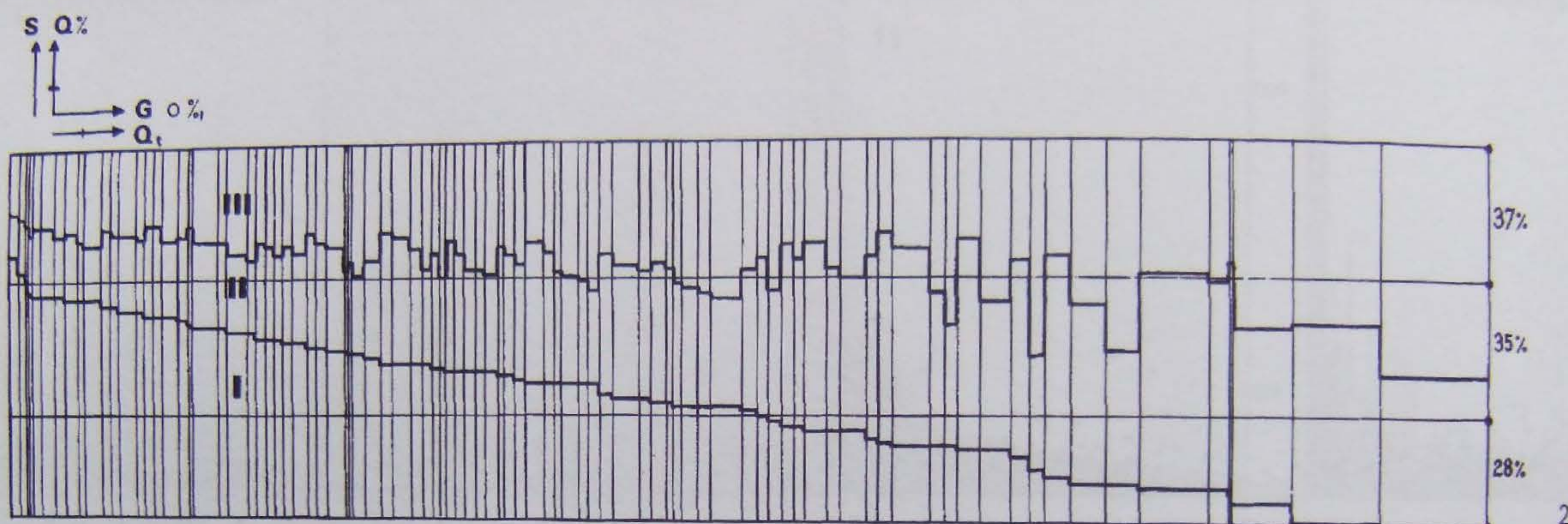
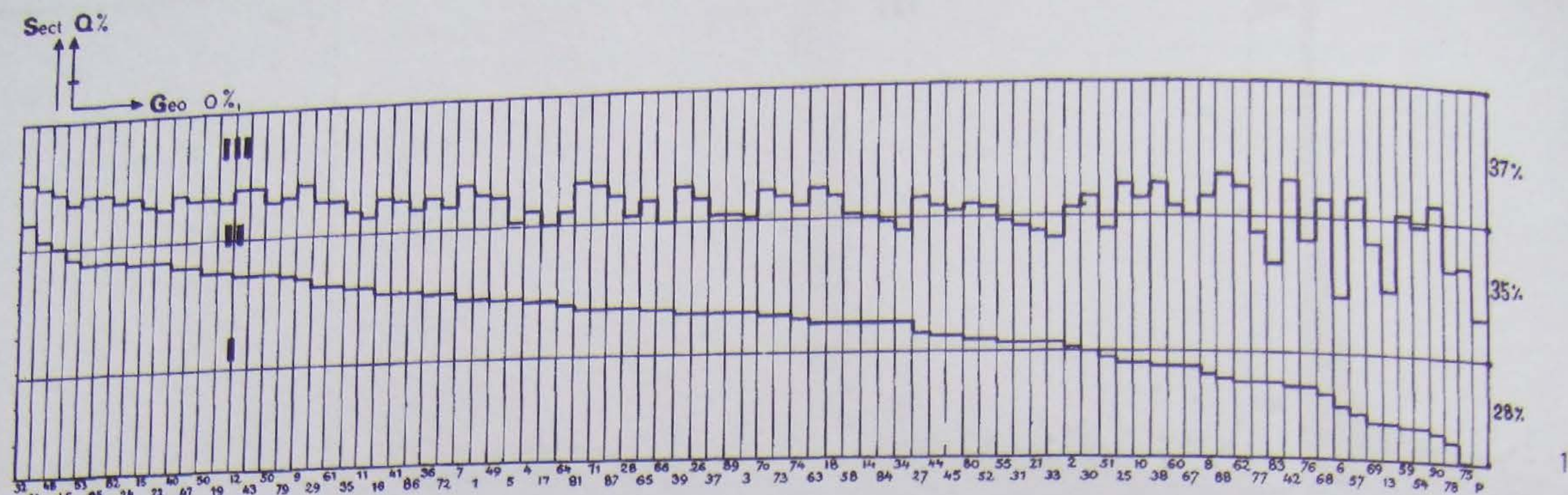
La construction en quantités cumulées des images (1), (3) et (4) de la page précédente ne favorise pas leur interprétation. Celle-ci est plus facile lorsque toutes les images sont construites en séparant les séries (1), (2), (3) et (4) ci-dessus. Une étude attentive conduit à l'observation d'une ressemblance plus grande entre les séries II et III qu'entre celles-ci et la série I.





En fait c'est la mise en évidence de cette ressemblance qui constitue l'objet des diagrammes. Elle est plus visible dans les dessins ci-dessus (5), (6), (7) et (8) dont la construction est semblable mais dans laquelle des quantités proprement dites ne sont plus visibles. Seuls les éléments significatifs de la ressemblance, les têtes de colonnes, apparaissent. A une silhouette complexe se substitue une forme linéaire, plus ou moins floue suivant le degré de ressemblance. Mais ces constructions sont longues et fastidieuses.





En s'appuyant sur les pourcentages et en adoptant la 1<sup>re</sup> construction, p. 104, on obtient des figures beaucoup plus simples puisque le total est constant et égal à 100. La ressemblance apparaît ici (1) dans l'observation de la progression qui est positive de gauche à droite pour II et III tandis qu'elle est négative pour I.

Cette observation est plus complète en (2), qui est basé, comme (1), sur l'ordre défini par le pourcentage de population agricole mais où les *quantités totales* par catégorie sont représentées par une variation de la largeur des bandes affectées à l'identification des départements. On voit ainsi :

1° que les  $Q_t$  progressent de gauche à droite à l'exemple de II et III et à l'inverse de I;

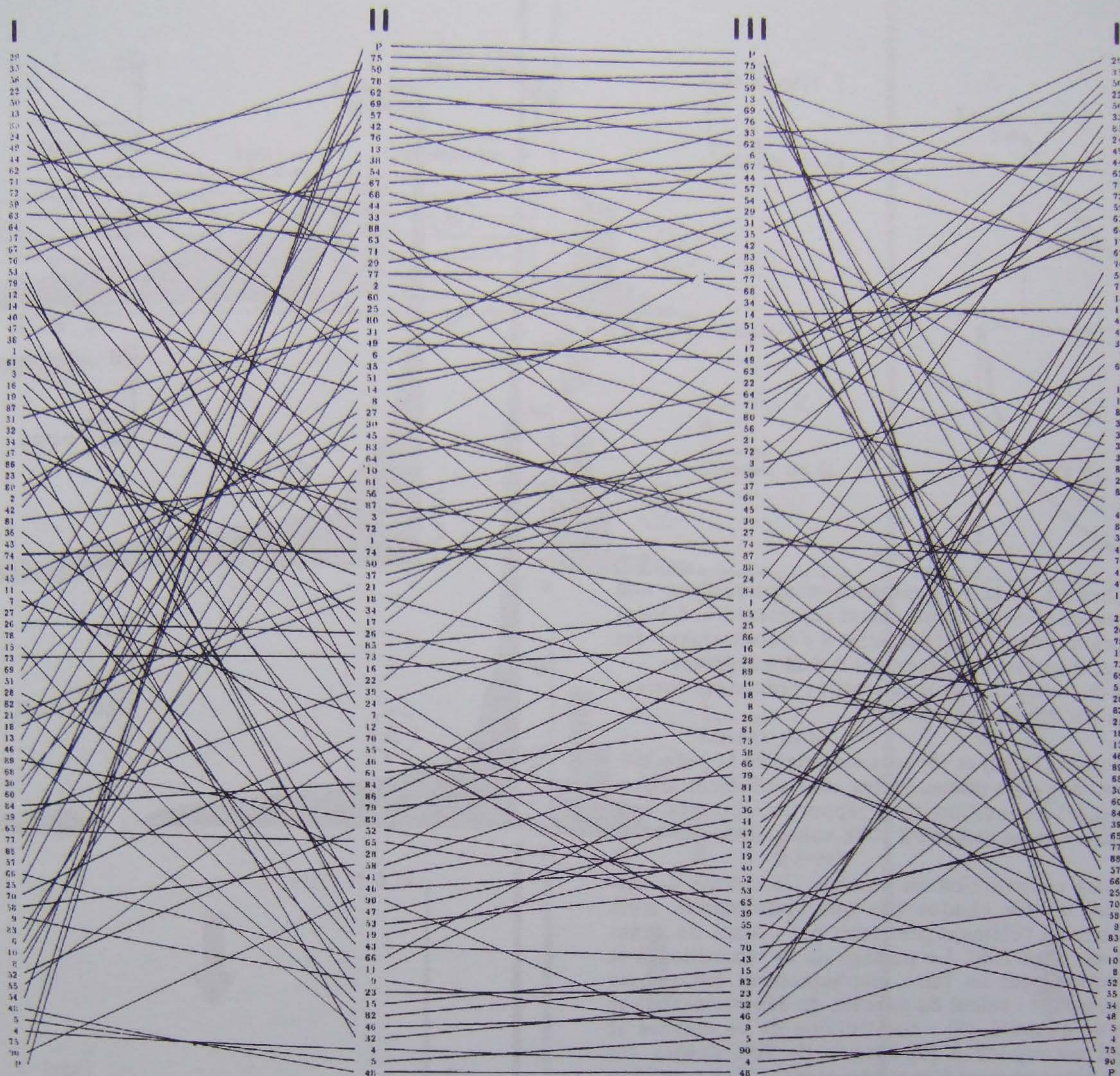
2° que les moyennes nationales, (28 %, 35 %, 37 %), représentées par les deux lignes horizontales ont une signification et correspondent bien au nivellement des séries III et I, ce qui n'est pas le cas en (1).

Les  $Q_t$  peuvent définir l'ordre de classement des départements : (3) et l'on aboutit aux mêmes conclusions. Cependant l'observation semble plus difficile.

Étant donné que l'on peut choisir des catégories  $\neq$  (1) ou Q (2 et 3), que l'on peut s'appuyer sur 4 ordres différents et représenter 4 séries de quantités différentes, il y a 20 constructions possibles dans les formules graphiques ci-contre.

La recherche d'un degré de ressemblance entre les divers ordres n'implique pas que les quantités, utiles à





4

définir l'ordre, soient représentées. Elles ne le sont pas ci-dessus (4).

Les départements, identifiés par leur numéro, sont ordonnés suivant les quantités I (1<sup>re</sup> colonne) II (2<sup>e</sup> colonne) III (3<sup>e</sup> colonne) et de nouveau I. Les lignes relient un même département entre chaque colonne. Plus l'ordre est proche entre deux colonnes, moins les intersections sont nombreuses. Les ressemblances et différences déjà entrevues apparaissent ici clairement. De plus, le décompte exact, mais délicat, du nombre des intersections est une mesure du degré de ressemblance (p. 249). Cette construction est pratique lorsque la longueur de la composante est réduite. Au-delà d'une trentaine, la construction devient fastidieuse et la lecture difficile.



La recherche de la ressemblance n'implique pas non plus que les identifications soient représentées. L'identification des départements, utile à l'établissement des courbes, disparaît pratiquement dans les représentations ci-contre. Seules les quantités ordonnées entrent dans le jeu des comparaisons.

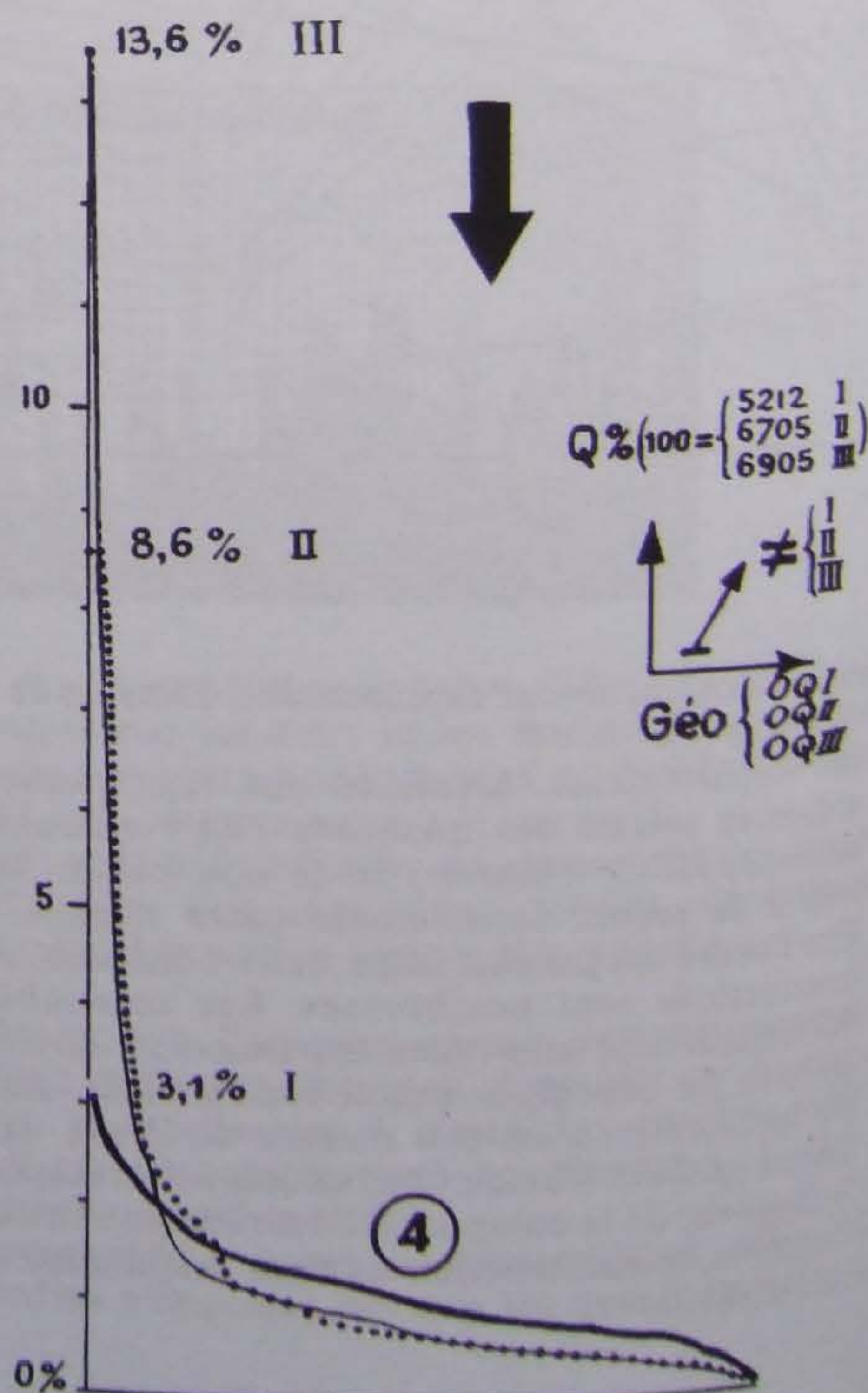
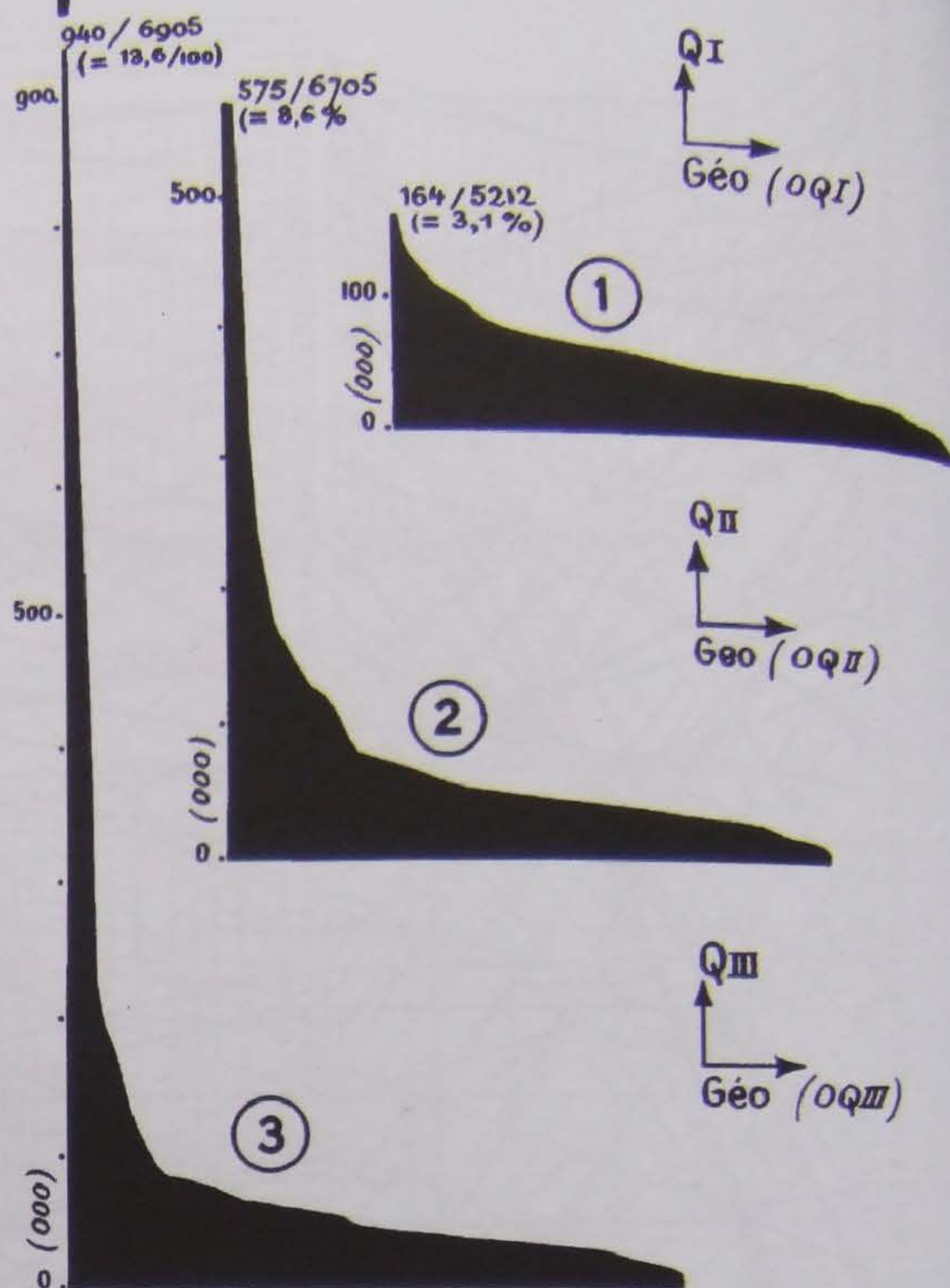
Les courbes (1), (2) et (3) sont extraites de la page 106. Ce sont des **répartitions**. Elles sont utilement superposables (4) à condition de se rapporter à un total égalisé (par exemple ramené à 100), voir p. 246.

Une autre construction est possible : la courbe de **distribution**, utilisée chaque fois que l'information n'est pas connue à l'élément près mais par classes de quantités (voir page 206). Le passage de la répartition à la distribution peut se faire graphiquement suivant les opérations (5) : calcul du nombre de départements par classe de quantité, (6) : construction de ce nombre et (7) qui correspond à (6) basculé de 90°. Toutes ces distributions peuvent être superposées : (10) à condition de correspondre à une même quantité d'éléments (ici 91 départements).

La courbe de **concentration** (voir page 206) exprime dans quelle mesure chacune des populations considérées se rapproche d'une dispersion égale à travers tous les départements, ce qui donnerait une ligne droite au lieu des courbes (11), (12) et (13) ou à l'inverse est concentrée dans un unique département, ce qui donnerait une ligne se confondant avec les coordonnées de la figure.

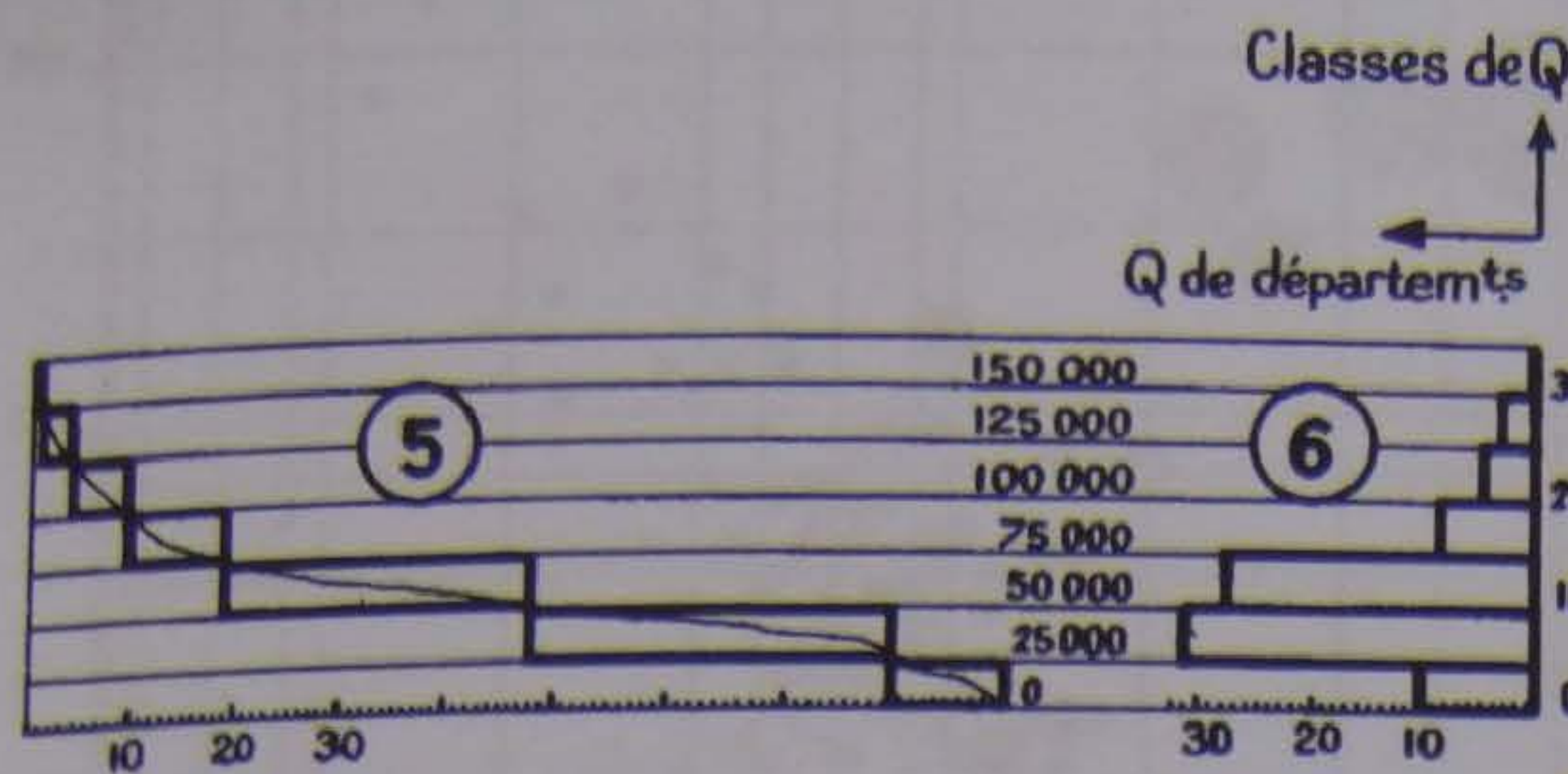
La superposition (14) des diverses courbes montre :  
1° que la population I est plus dispersée que II et III ou si l'on préfère que ces dernières sont plus "concentrées";  
2° que dans cet aspect II et III se ressemblent à nouveau et sont différents de I.  
Cette ressemblance apparaît en (4) et en (10) après une observation attentive tandis qu'en (14) elle "saute aux yeux".

## REPARTITIONS





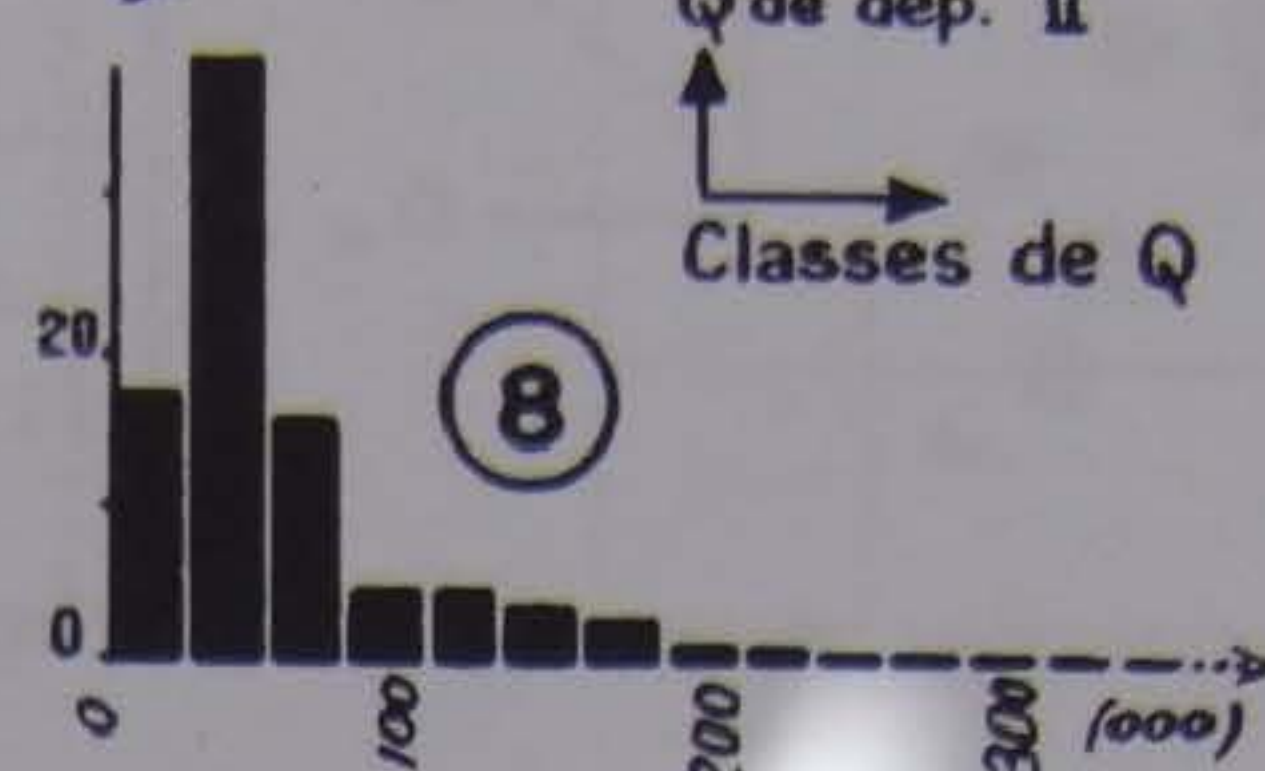
# DISTRIBUTIONS



Q de départ: I  
Classes de Q



Q de départ: II  
Classes de Q

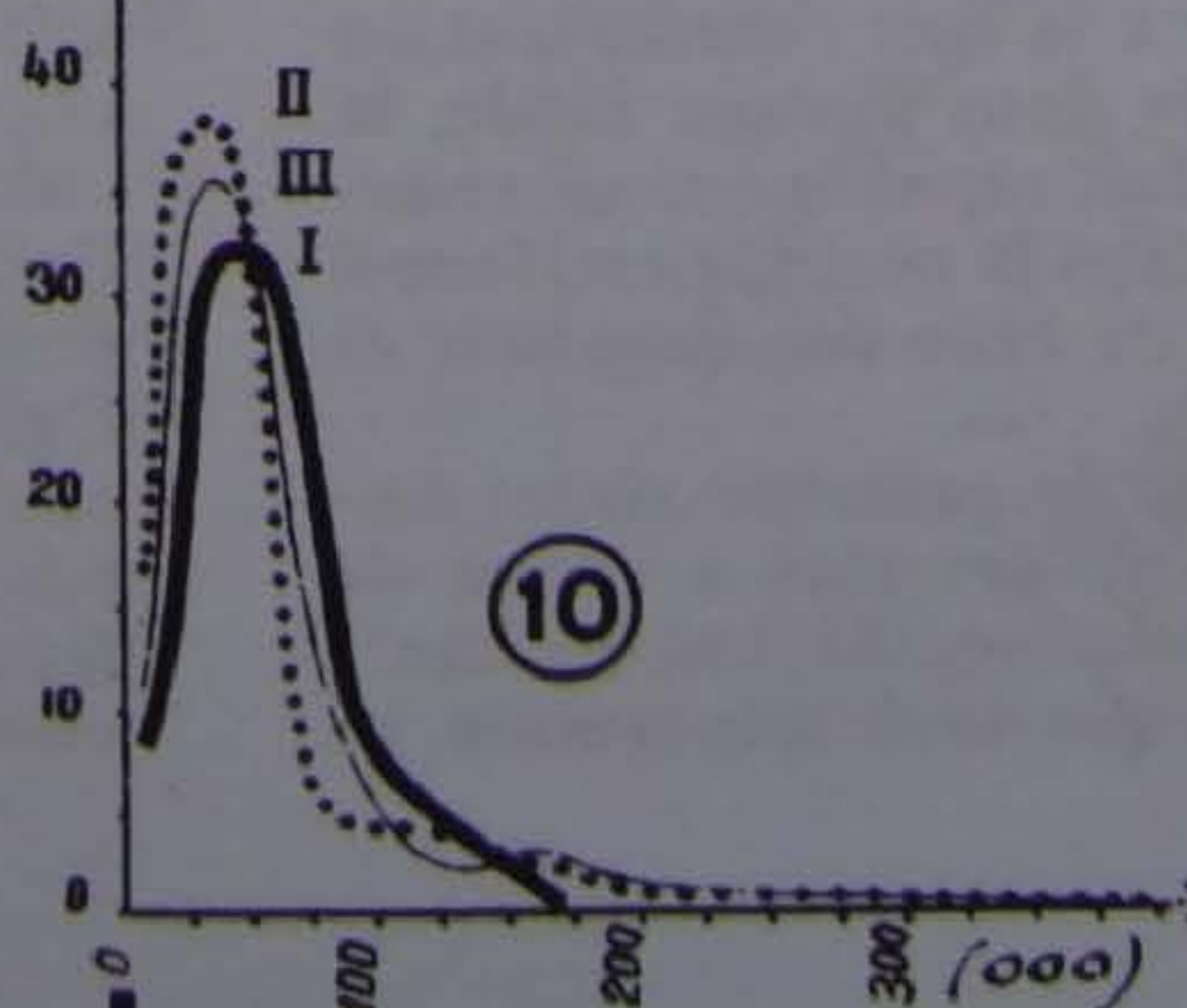


Q de départ: III  
Classes de Q

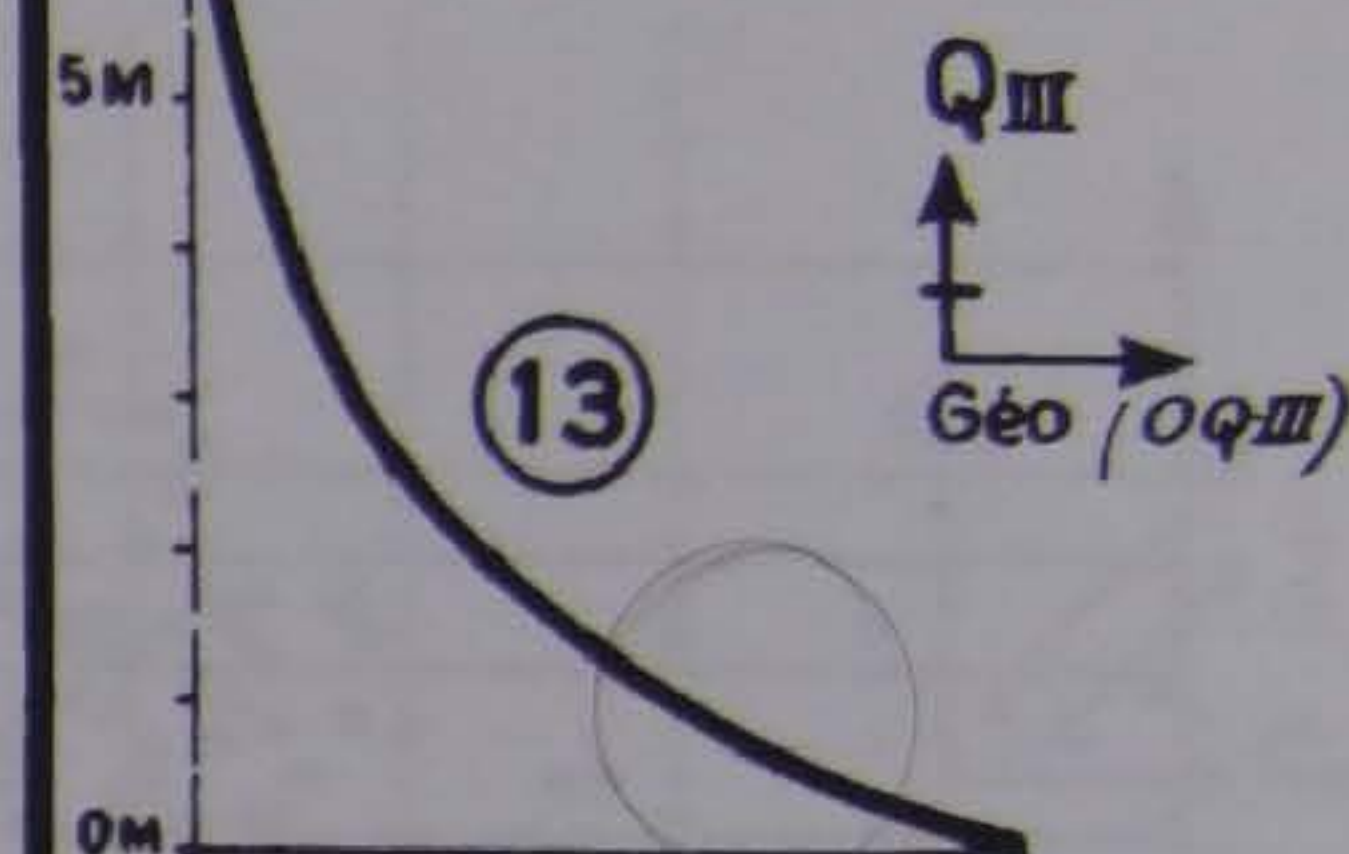
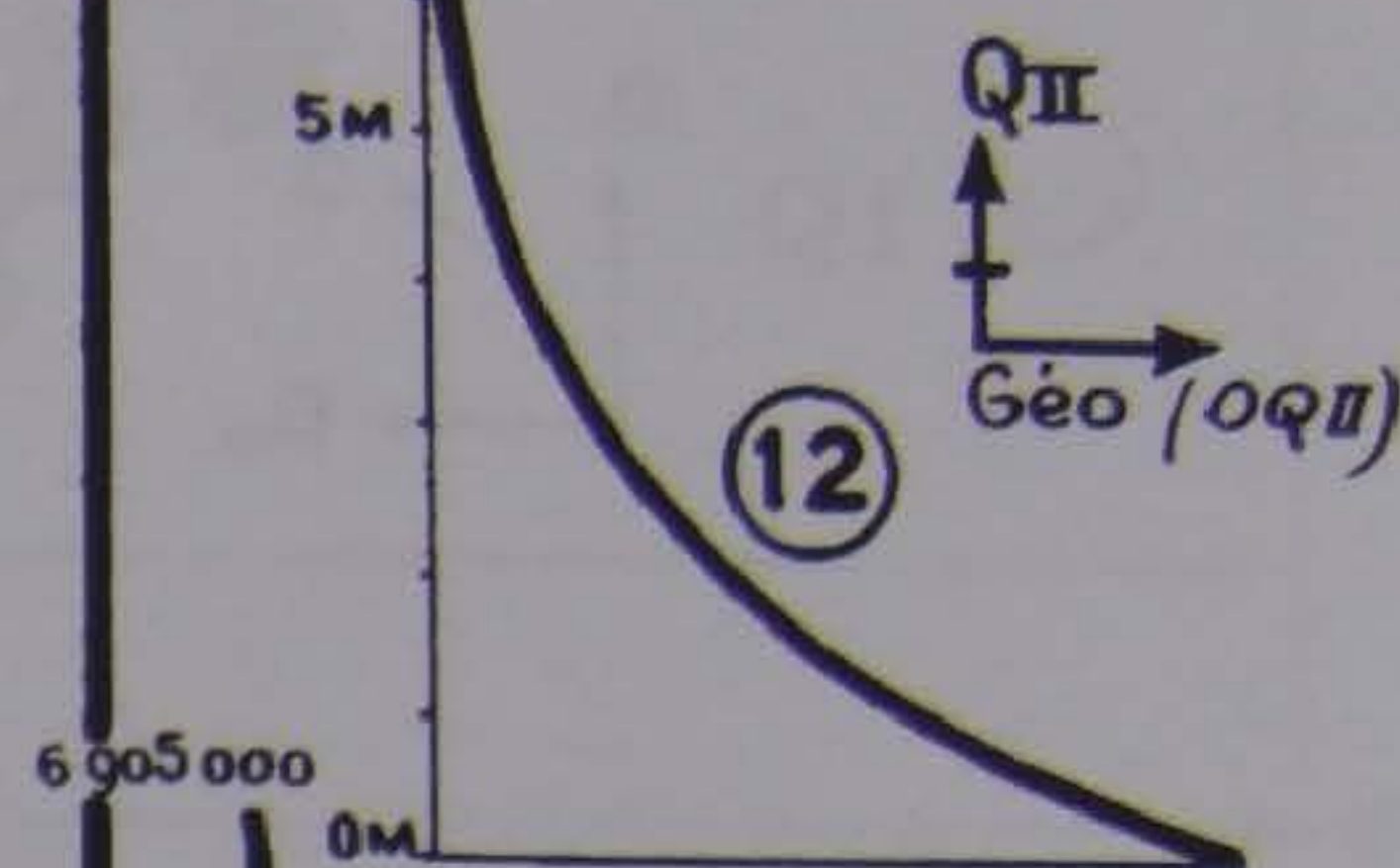
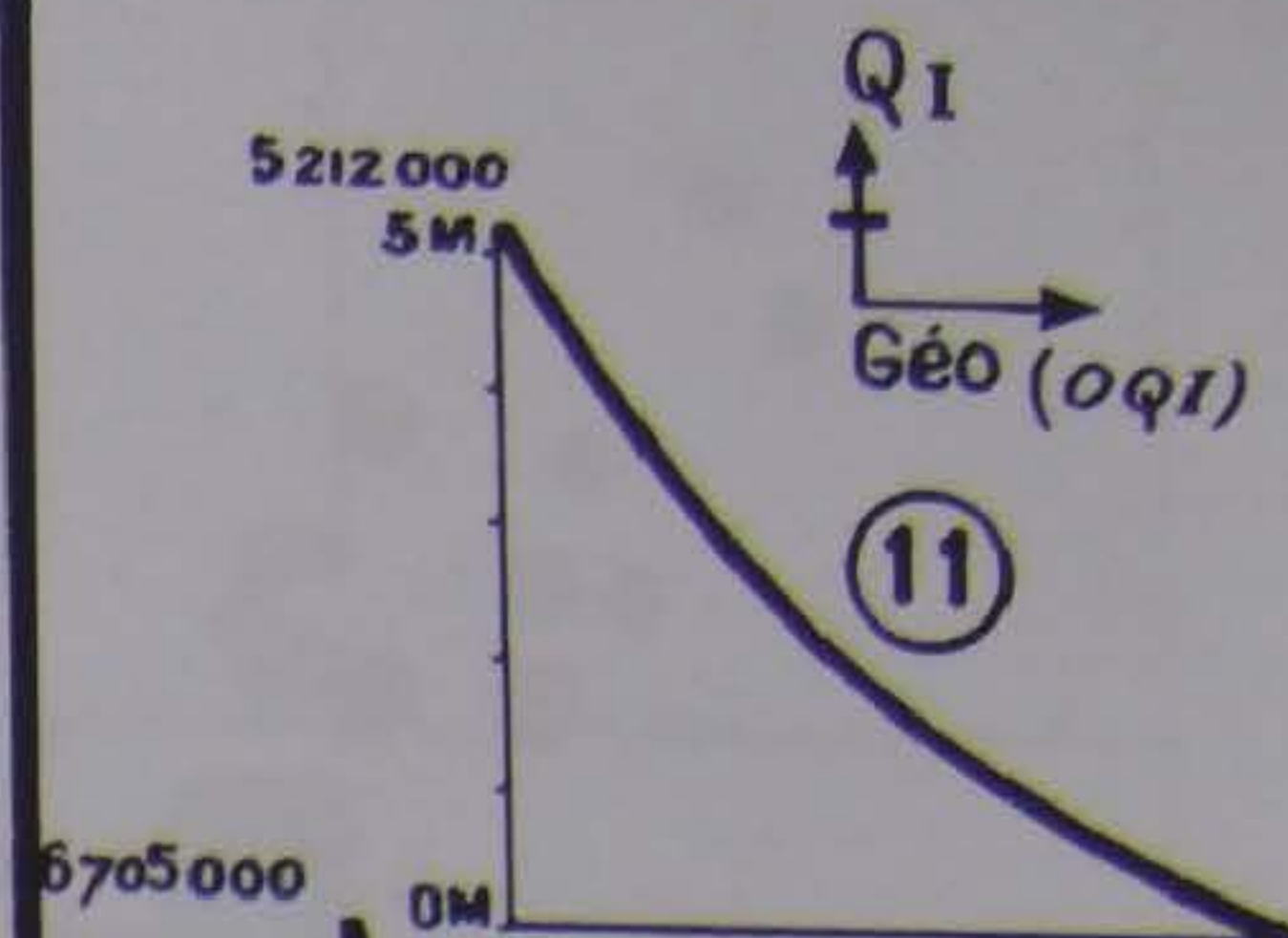


Q de départ: {I, II, III}

Classes de Q

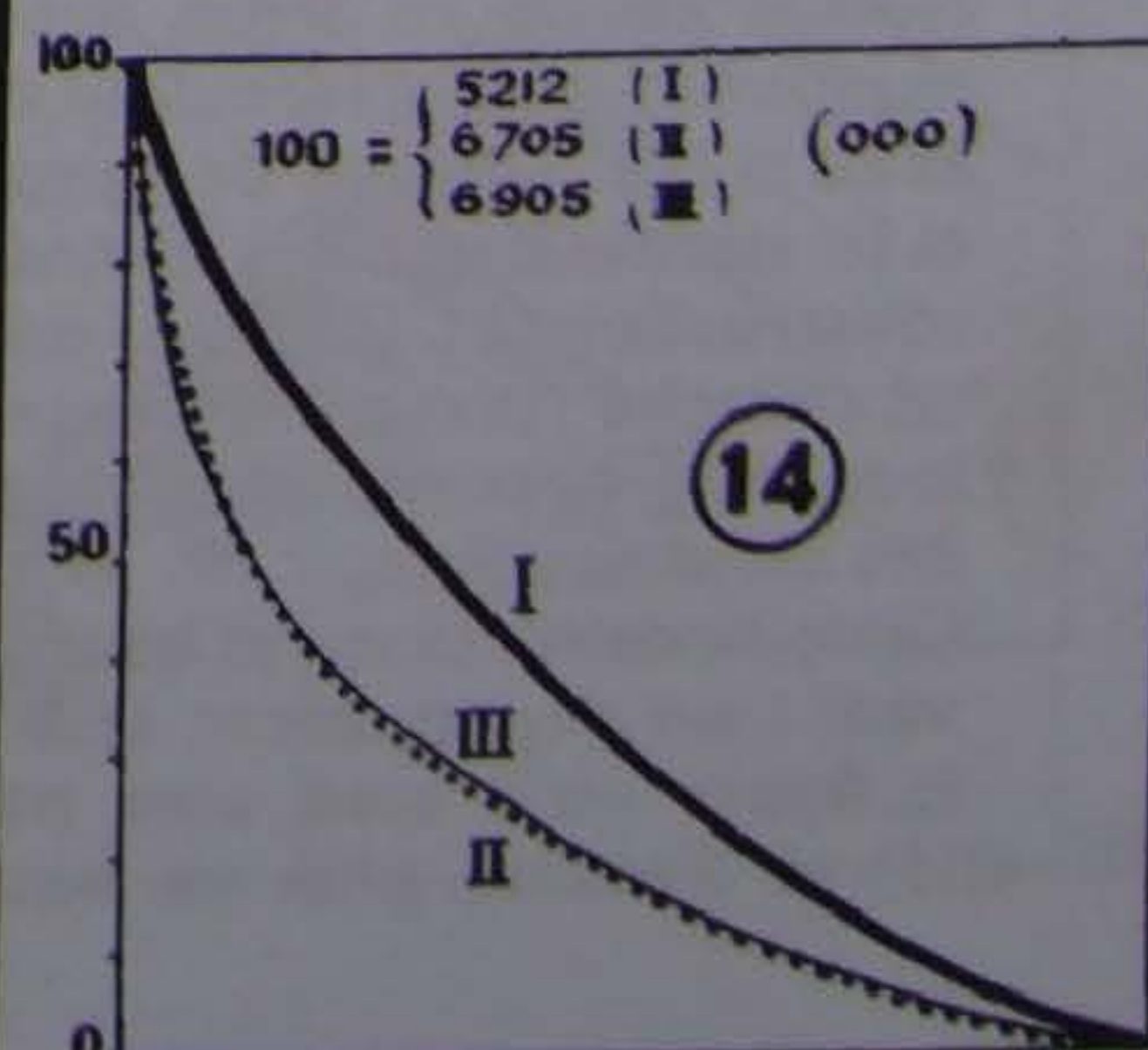


# CONCENTRATIONS

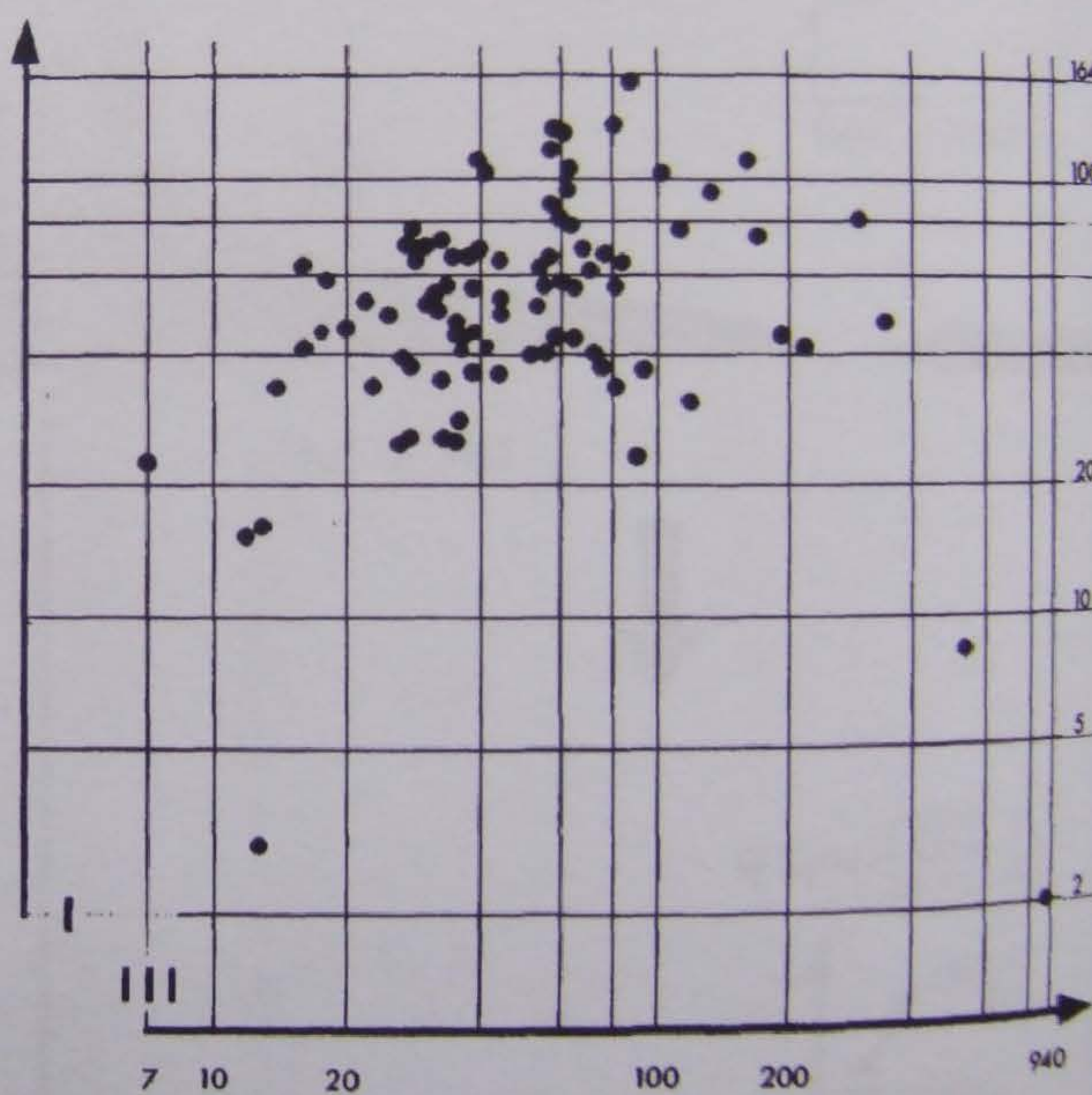
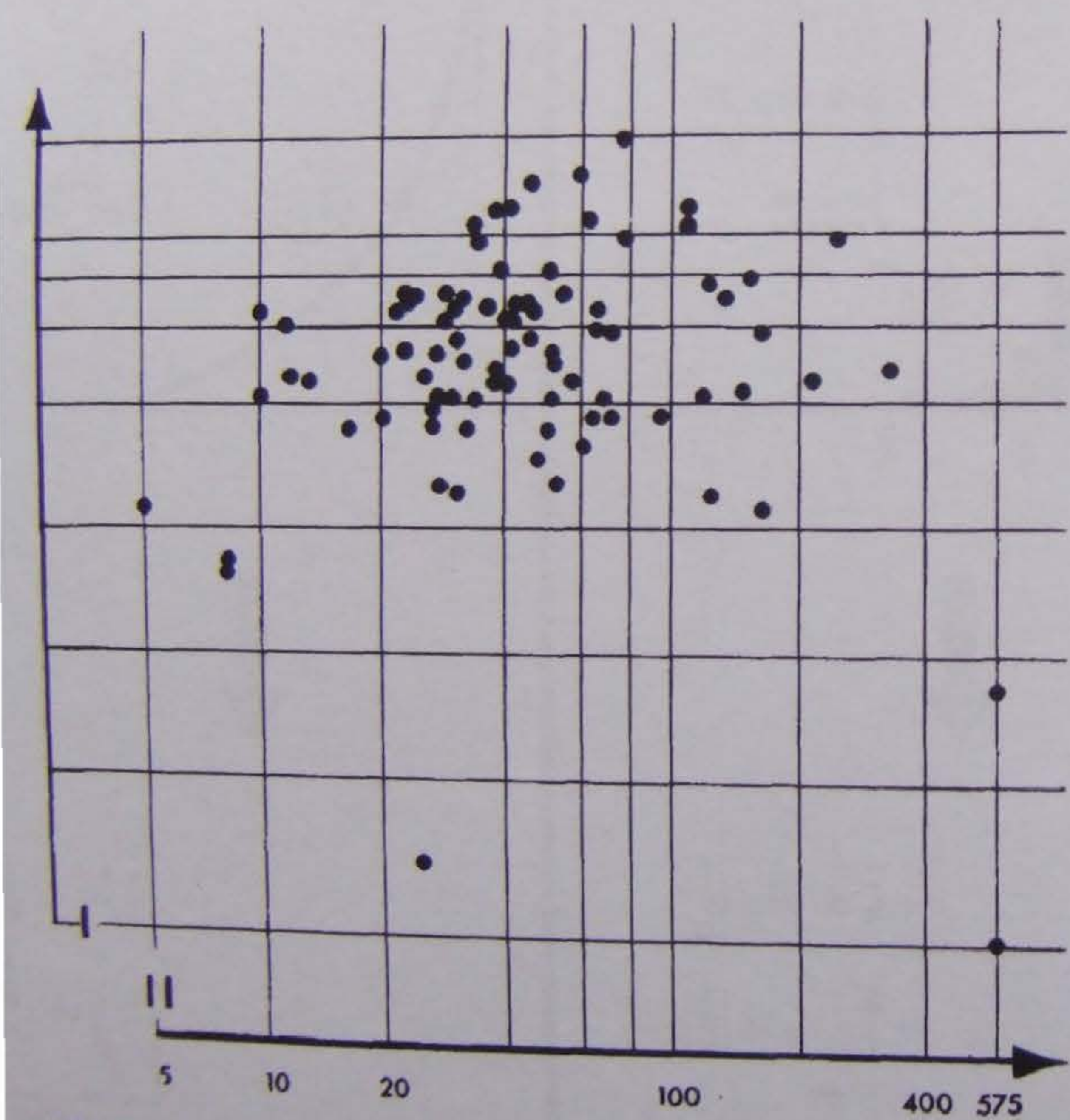
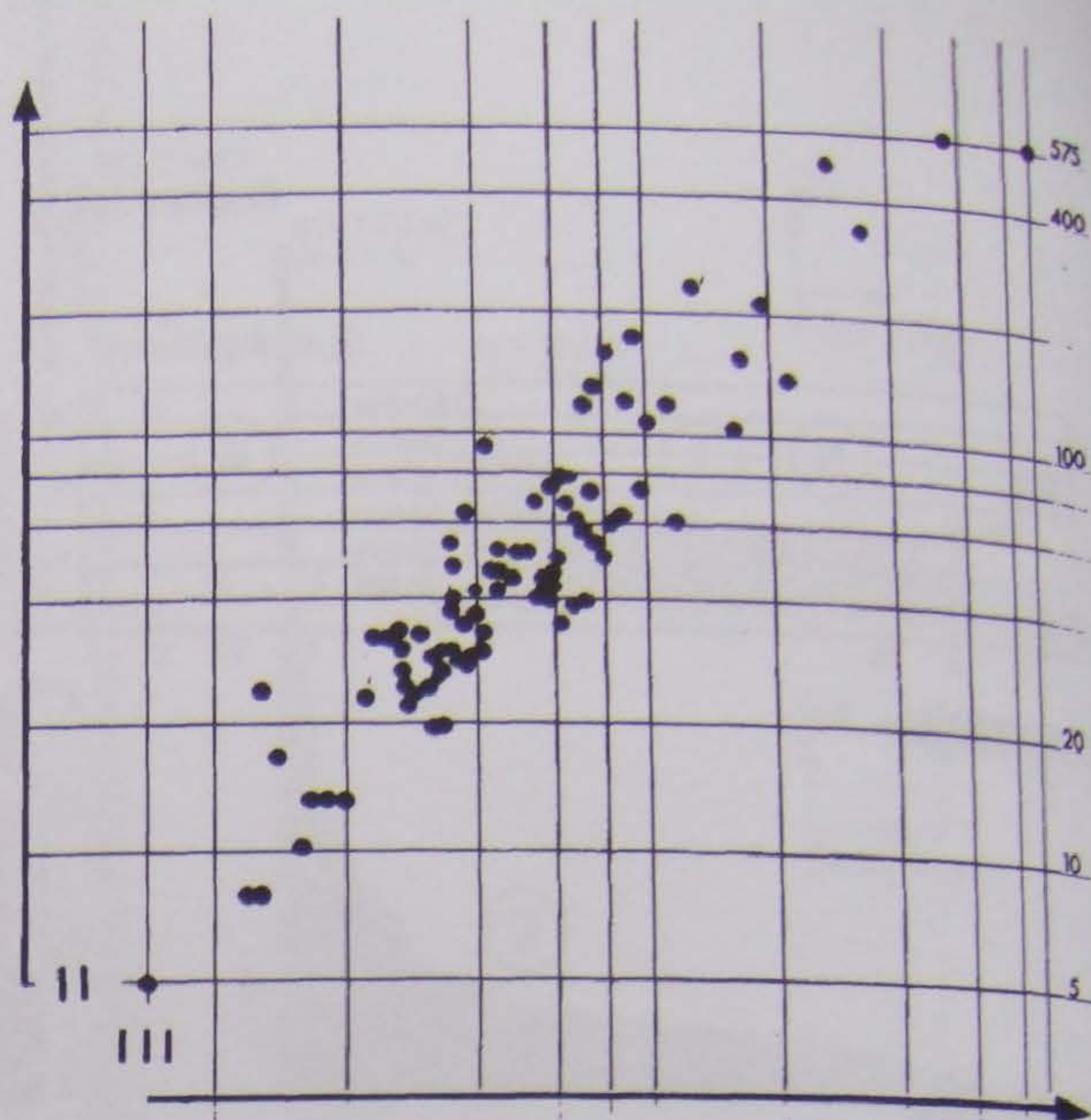
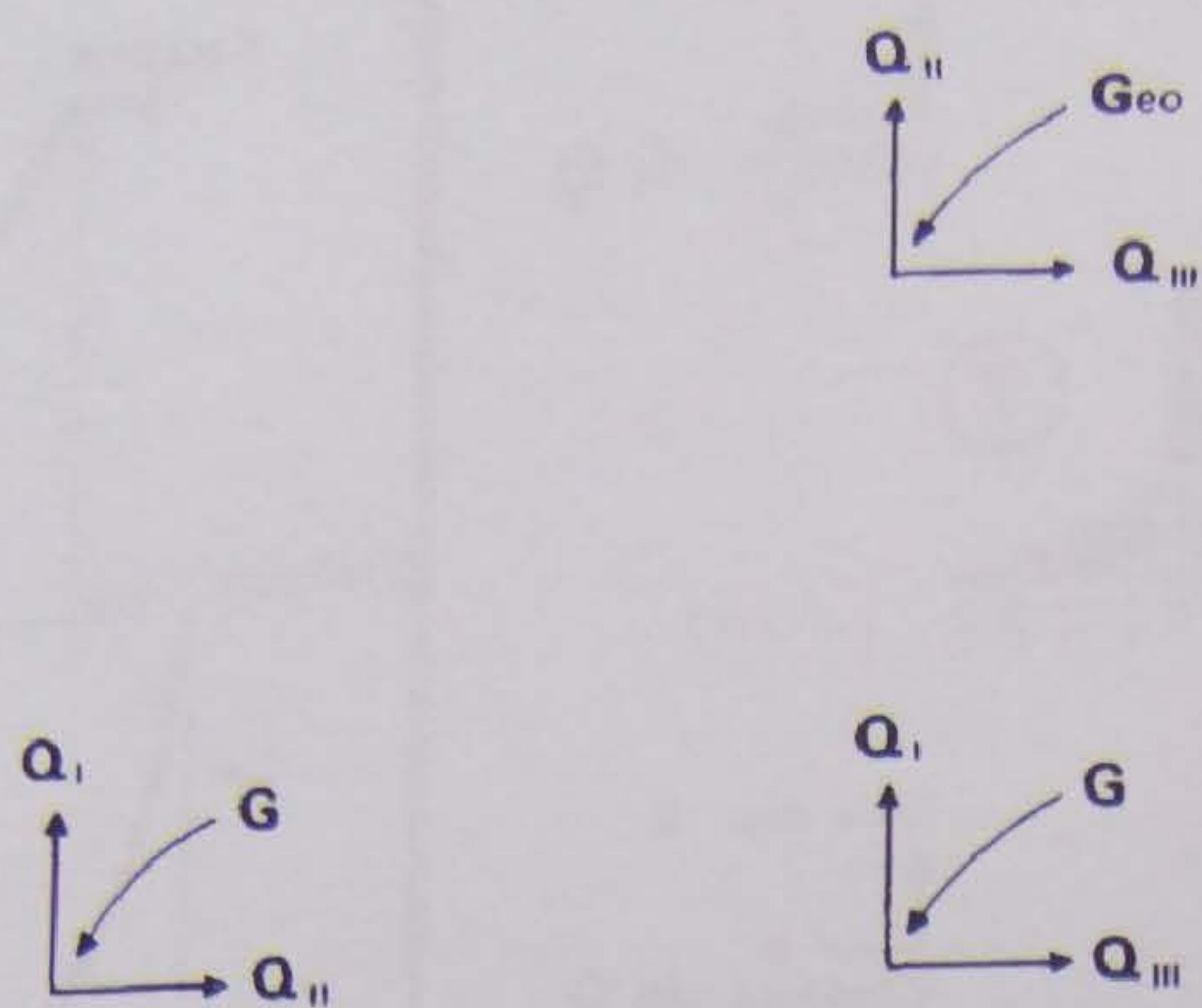


Q % {I, II, III}

Géo {OQ I, OQ II, OQ III}







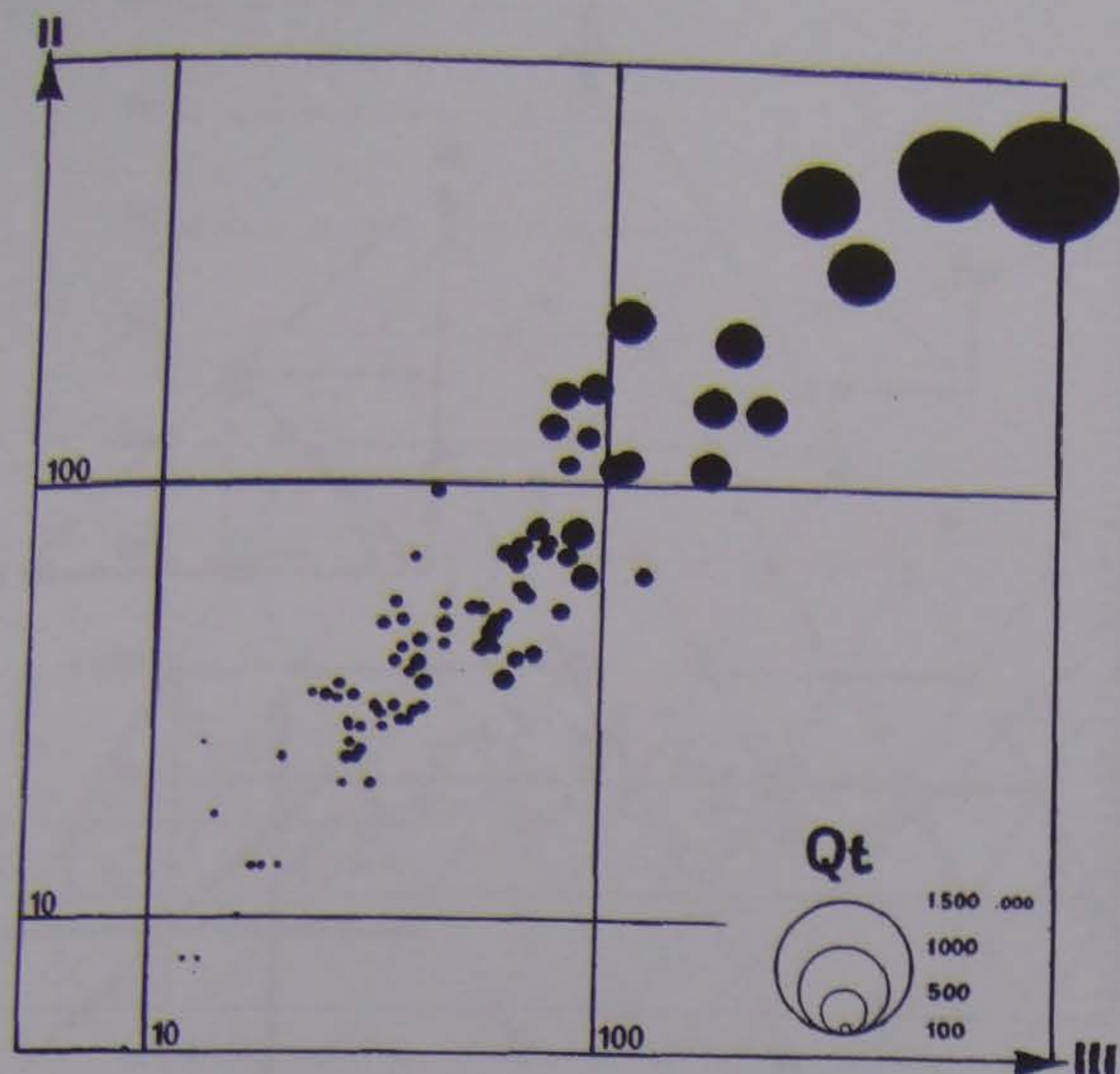
Toutes les constructions précédentes exigent des opérations de préparation et de dessin longues et fastidieuses : mises en ordre des départements, report graphique des quantités, calcul de quantités cumulées etc... Mais si l'on accepte de perdre à la fois l'identification et la visualisation des quantités dans l'image finale, la construction (1), (2) et (3) conduit rapidement au résultat cherché : la ressemblance, dont la perception, faut-il le souligner, est indépendante de celle des quantités et des identifications.

Cette construction est basée sur le principe visuel suivant : un département sera d'autant plus à droite de la figure qu'il aura une population III importante : (1) et d'autant plus en haut que sera importante sa

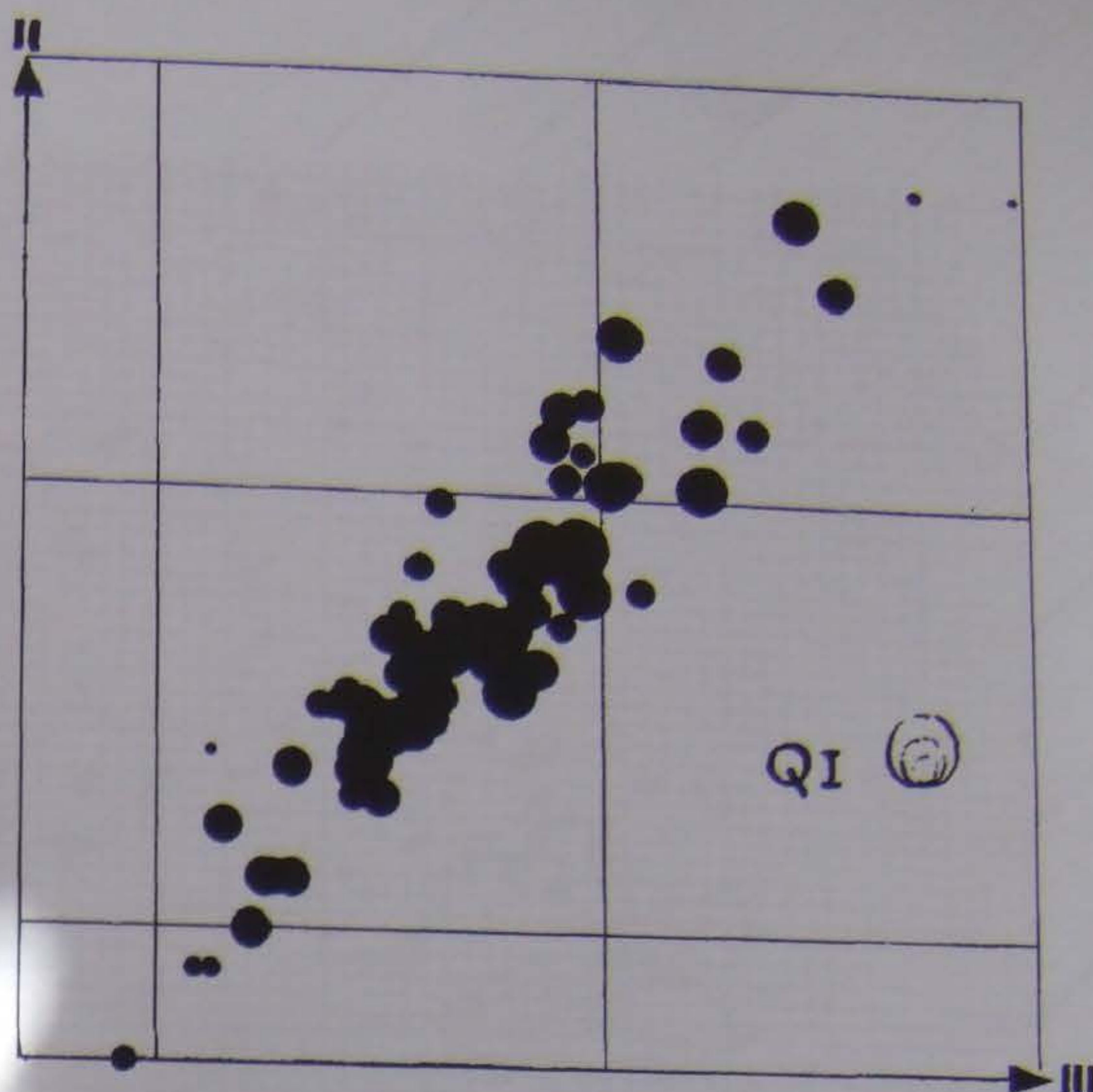
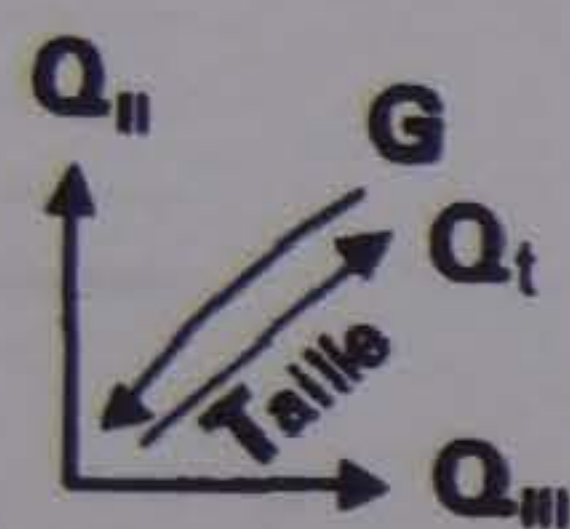
population II. En cas de correspondance parfaite entre les deux classements, l'ensemble des départements sera aligné sur une droite diagonale. Inversement, l'absence de correspondance : (2) et (3) se traduira par l'éparpillement des points sur toute la figure. L'alignement obtenu en (1) et la dispersion visible en (2) et (3) confirment les résultats obtenus dans les pages précédentes. Mais l'opération graphique est ici beaucoup plus rapide.

Cependant la comparaison des quatre ordres exigerait encore d'ajouter aux figures (1), (2) et (3) trois autres figures mettant respectivement en relation la population totale avec les populations I, II et III soit six constructions en tout.

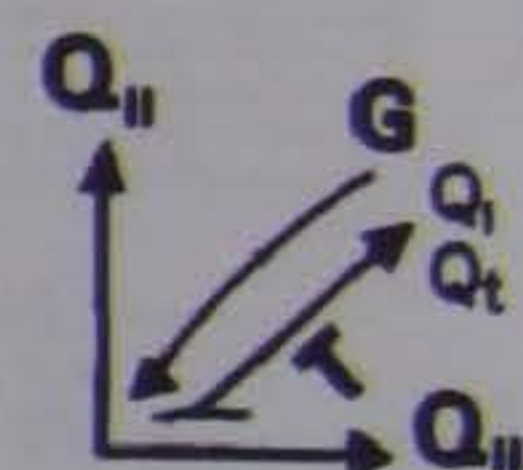
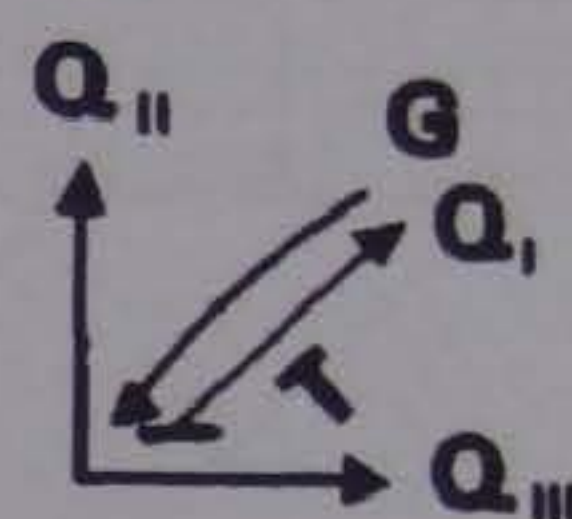




4



5



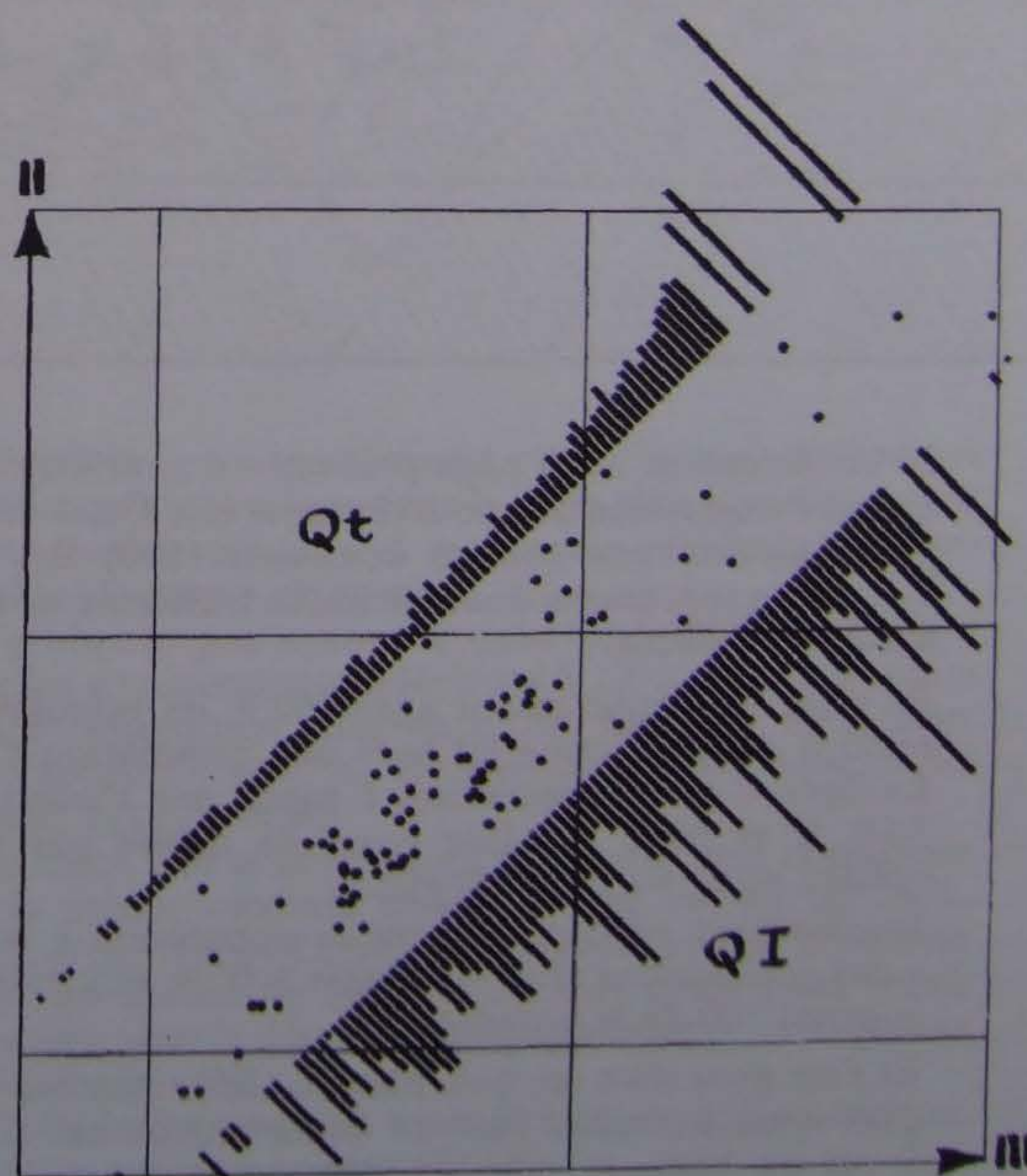
6

On peut éviter de multiplier les diagrammes en utilisant une 3<sup>e</sup> variable ordonnée et en construisant en "élévation" au-dessus de (1) l'ordre résultant, soit des quantités de population totale : (4), soit des quantités de population I : (5).

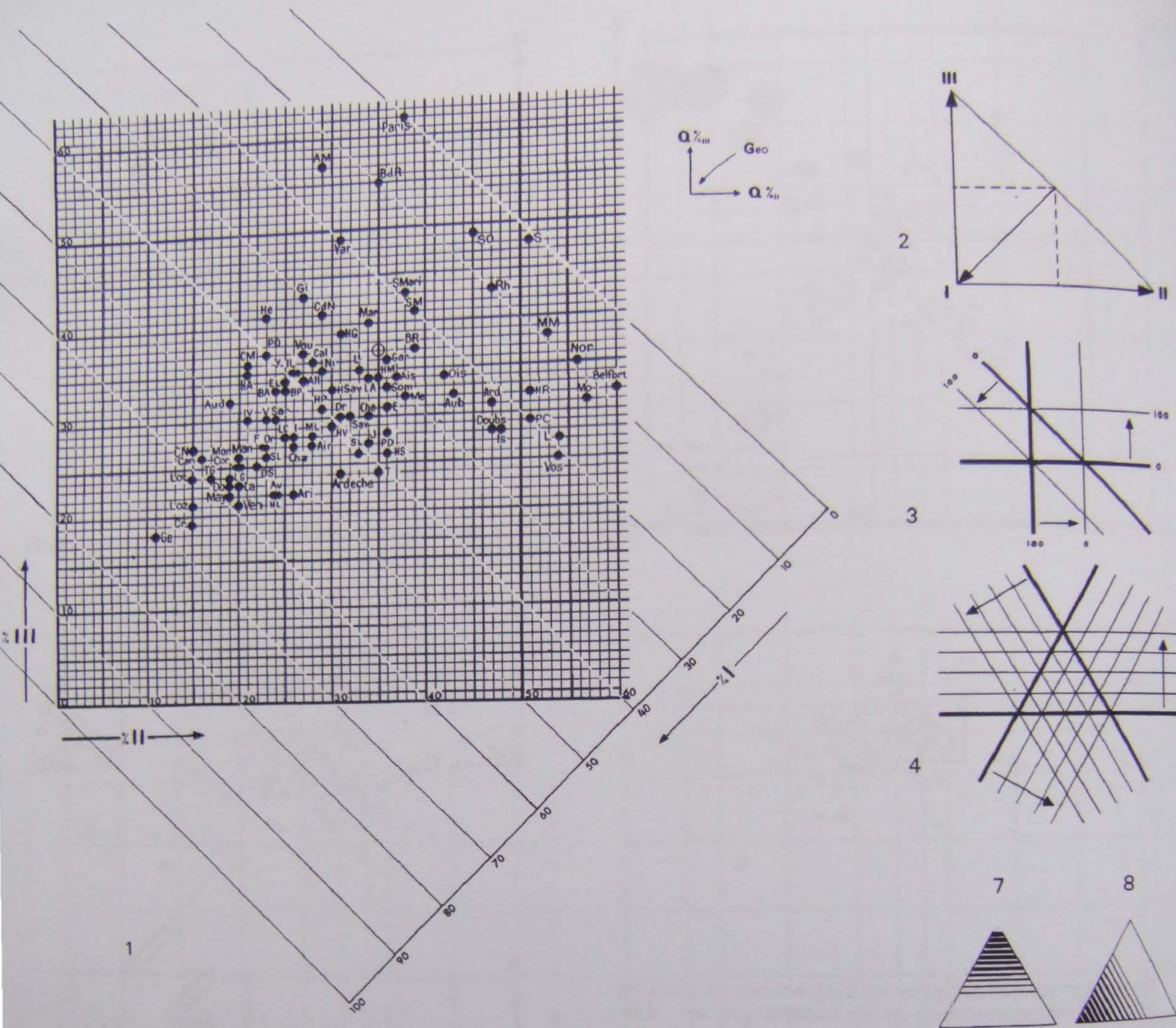
Enfin, on peut parvenir à représenter les quatre ordres sur la même figure : (6). Les conclusions utiles sont évidemment toujours les mêmes.

Notons :

- 1<sup>o</sup> que les constructions (1), (2) et (3) n'exigent aucune opération de mise en ordre ou de calcul;
- 2<sup>o</sup> qu'il en est de même avec (4) et (5) lorsqu'on dispose de la gamme naturelle des cercles croissants (page 369);
- 3<sup>o</sup> que l'échelle logarithmique double n'est utile ici que pour séparer des points qui seraient trop rapprochés sur une échelle arithmétique, ce qui correspond en fin de compte à une réduction des dimensions de la feuille de papier;
- 4<sup>o</sup> que toute échelle régulière (à condition d'être de même progression sur les deux coordonnées) permettrait d'aboutir aux mêmes conclusions.







La construction de la page précédente peut être appliquée à l'expression des pourcentages (1). Ceux-ci ayant par définition une somme constante (100) il s'ensuit que si l'on représente deux séries, la troisième se trouve aussi représentée.

En effet, un département ayant 50 % de population II et 50 % de population III aura une population I nulle. La ligne 0 de la population I passe par l'intersection 50 % II et 50 % III. Elle passe de même par l'intersection 40 et 60, 30 et 70 etc...

Inversement, un département de population I = 100 % a des populations II et III égales à 0 ce qui détermine le point 100 de la population I.

Et l'on peut dire ici que plus un département est II, plus il est à droite. Plus un département est III, plus il est en haut, et plus un département est I plus il

est rapproché de l'angle (en bas à gauche). Les trois ordres sont visibles.

Mais la variation visuelle exprimant I est plus réduite que la variation exprimant II et III (2 et 3).

L'égalisation des 3 champs de variation aboutit à la construction d'un triangle équilatéral (4), base des graphiques triangulaires. Ils sont applicables à toute information comportant une composante de longueur 3 et des quantités dont le total est significatif.

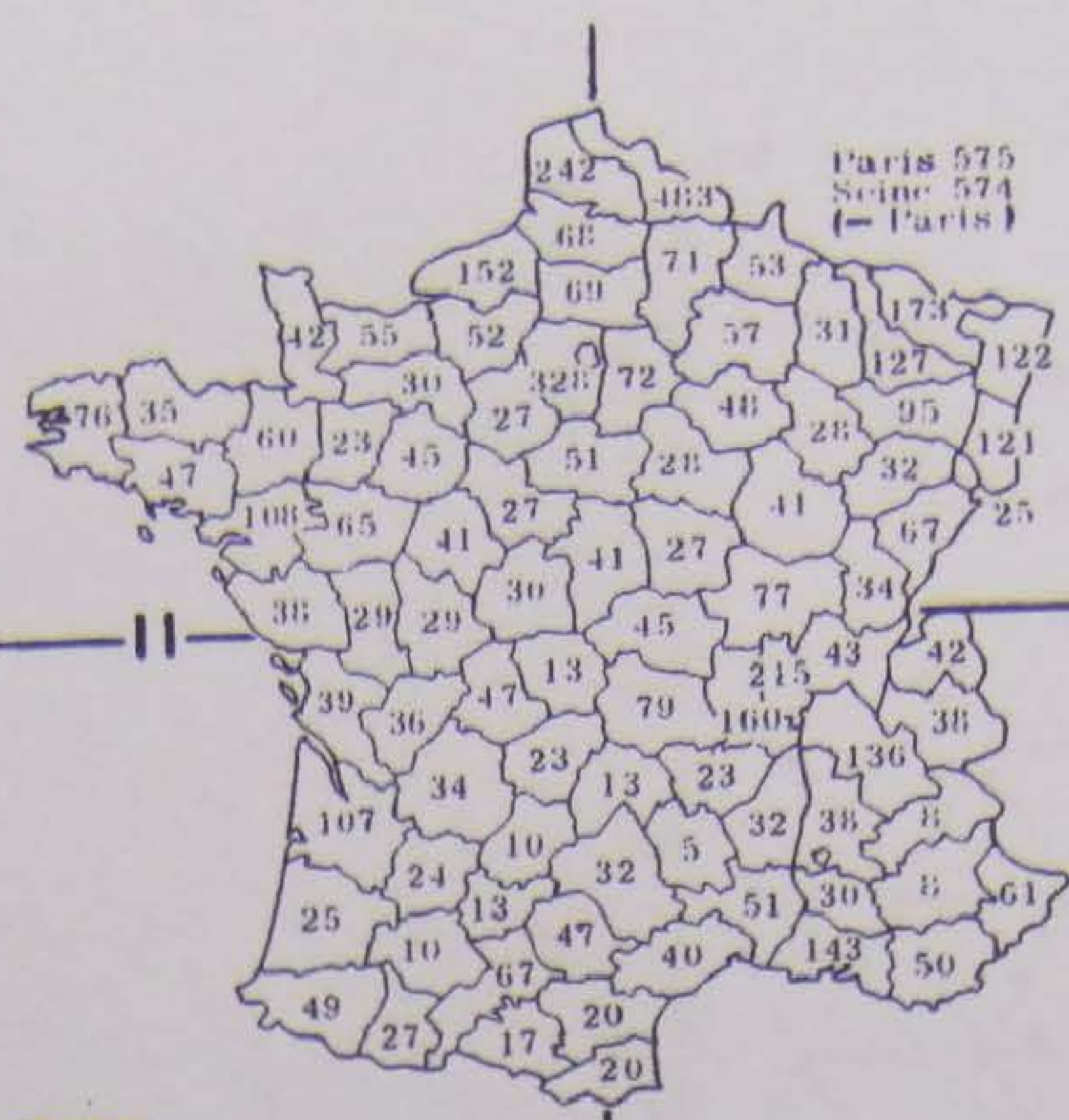
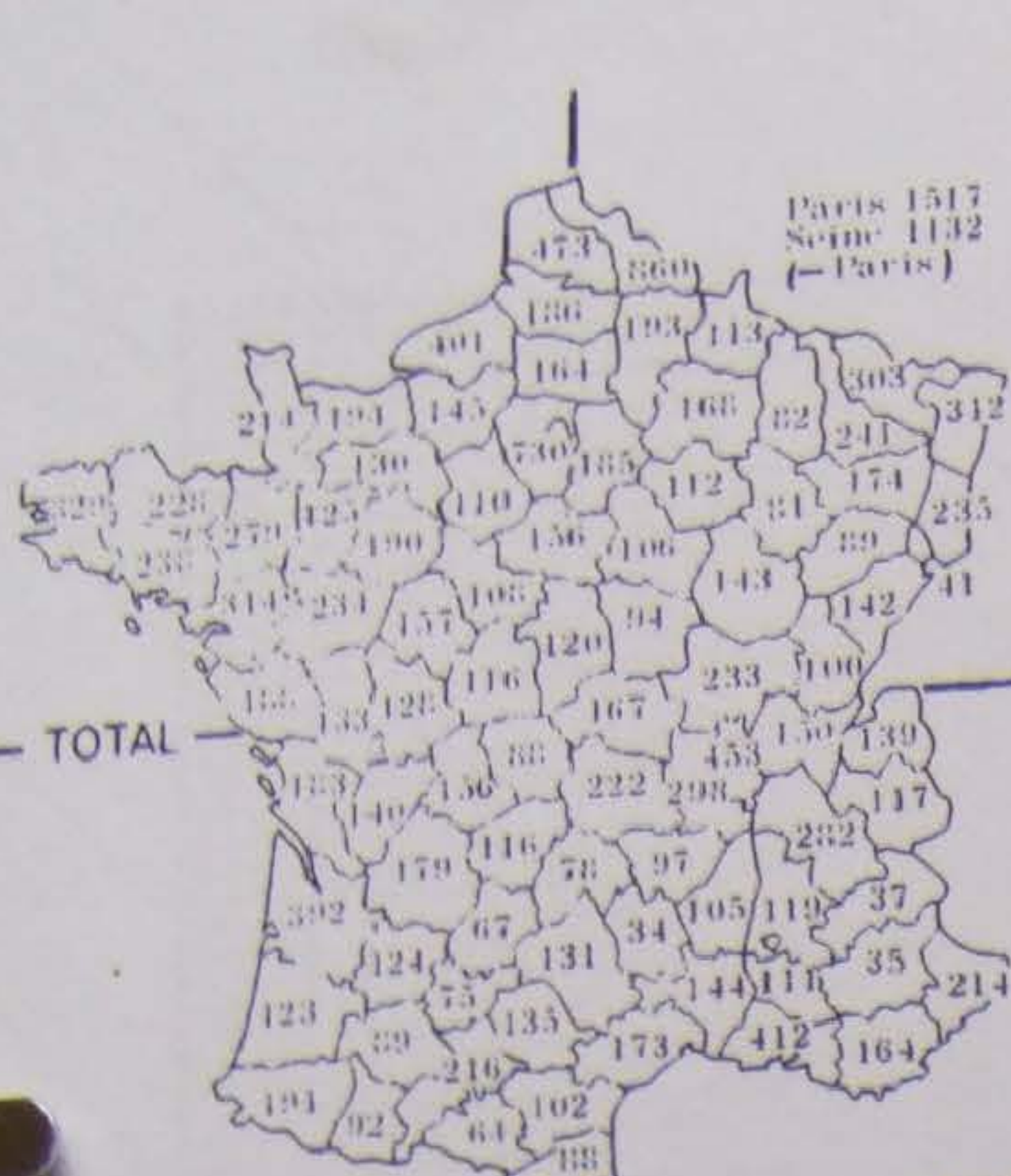
En (5), voici construit sur un graphique triangulaire les ordres résultant des % de I, II et III.

Ce graphique s'interprète en notant tout d'abord que plus un département a un % important de I, plus il se rapproche de l'angle I, plus le % de II est grand, plus il se rapproche de II, de même pour III; ce qui conduit à identifier graphiquement les trois angles du graphique et non les trois côtés comme l'habitude en est prise.

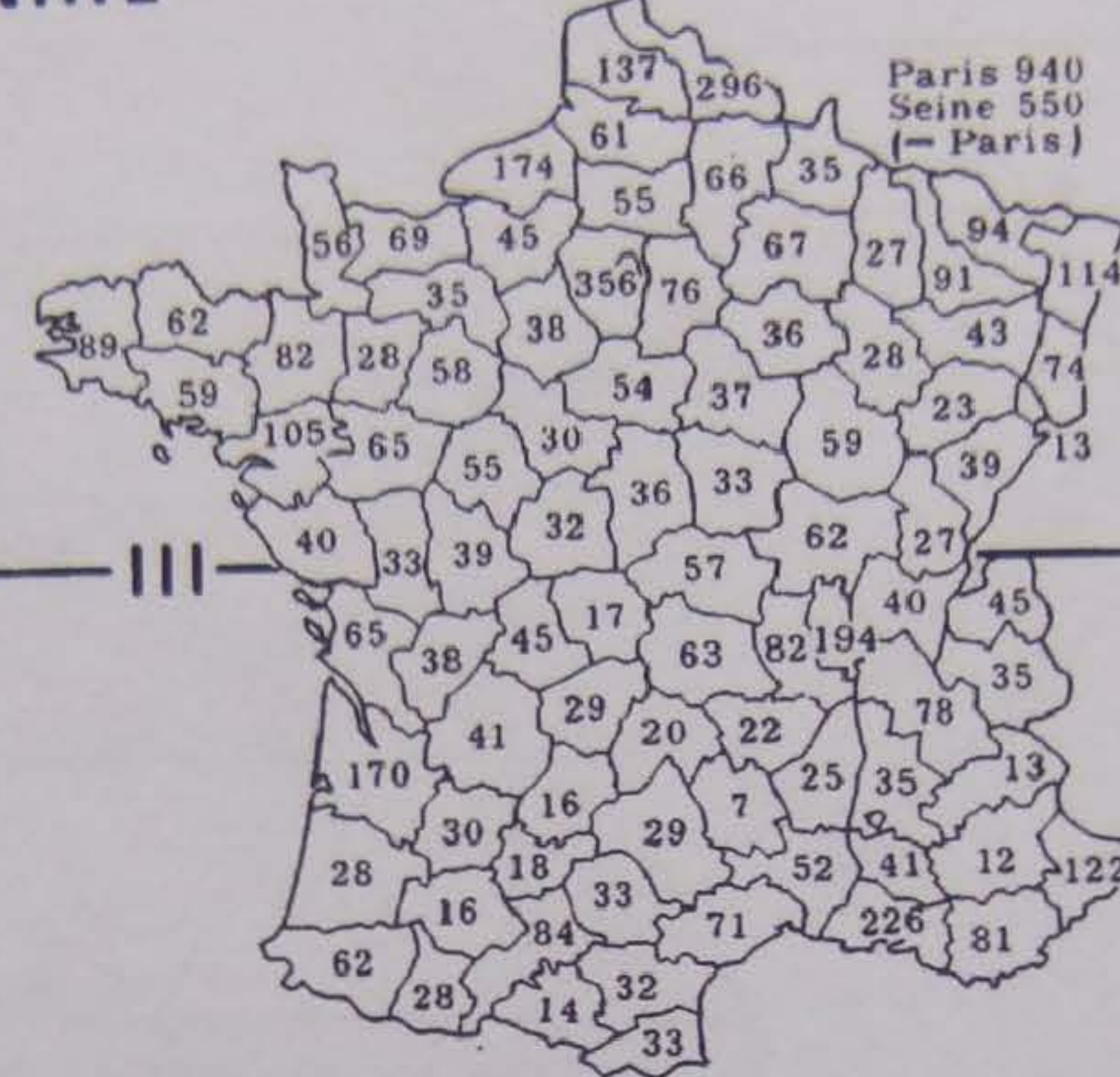




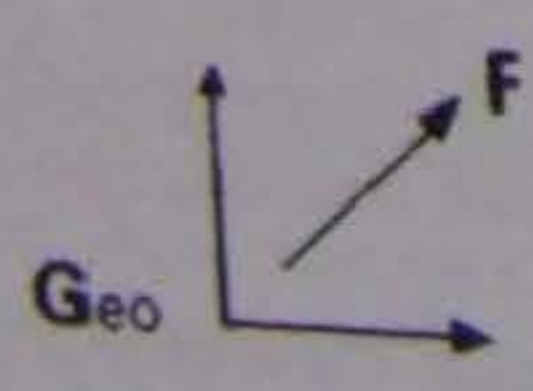
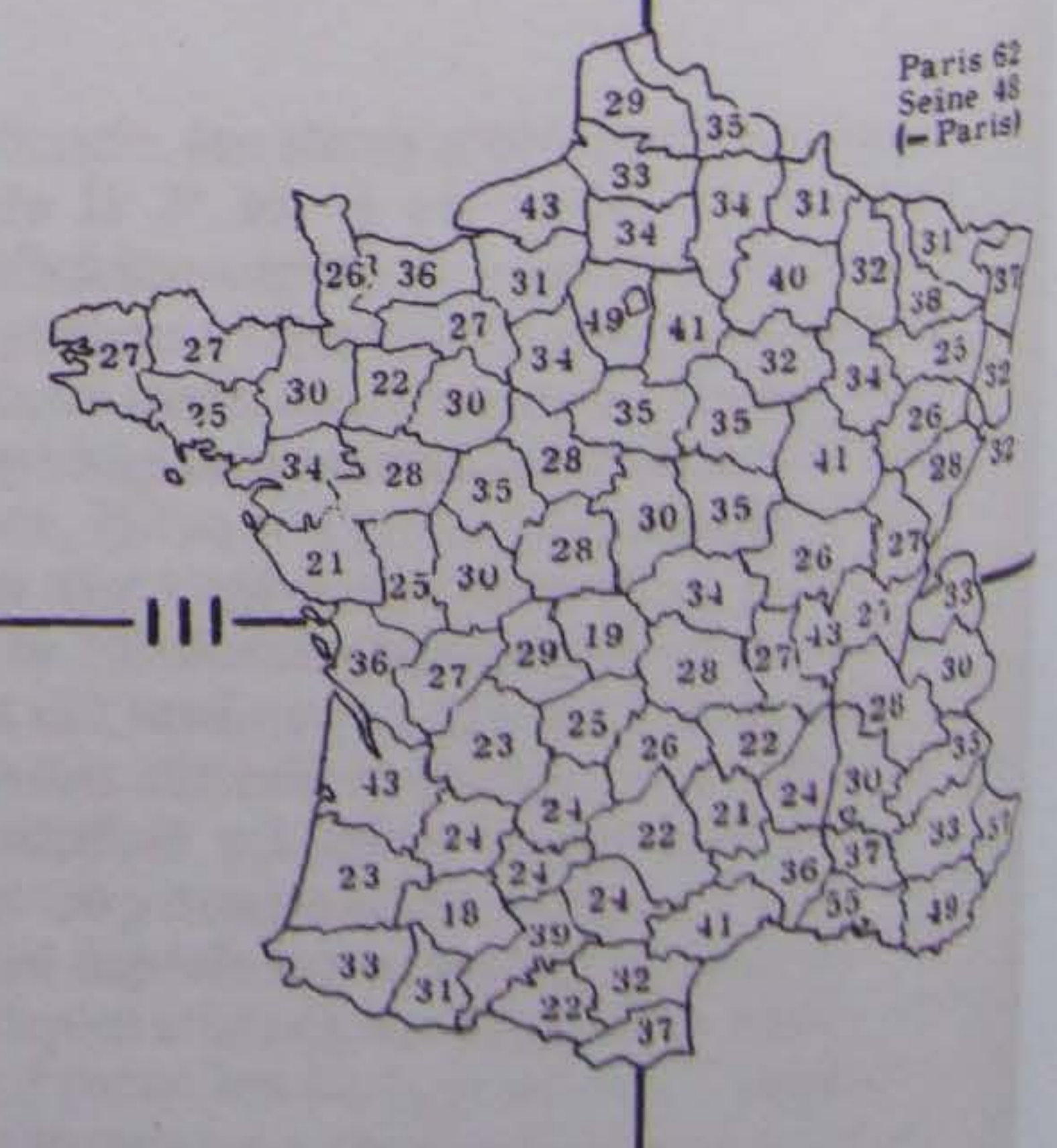
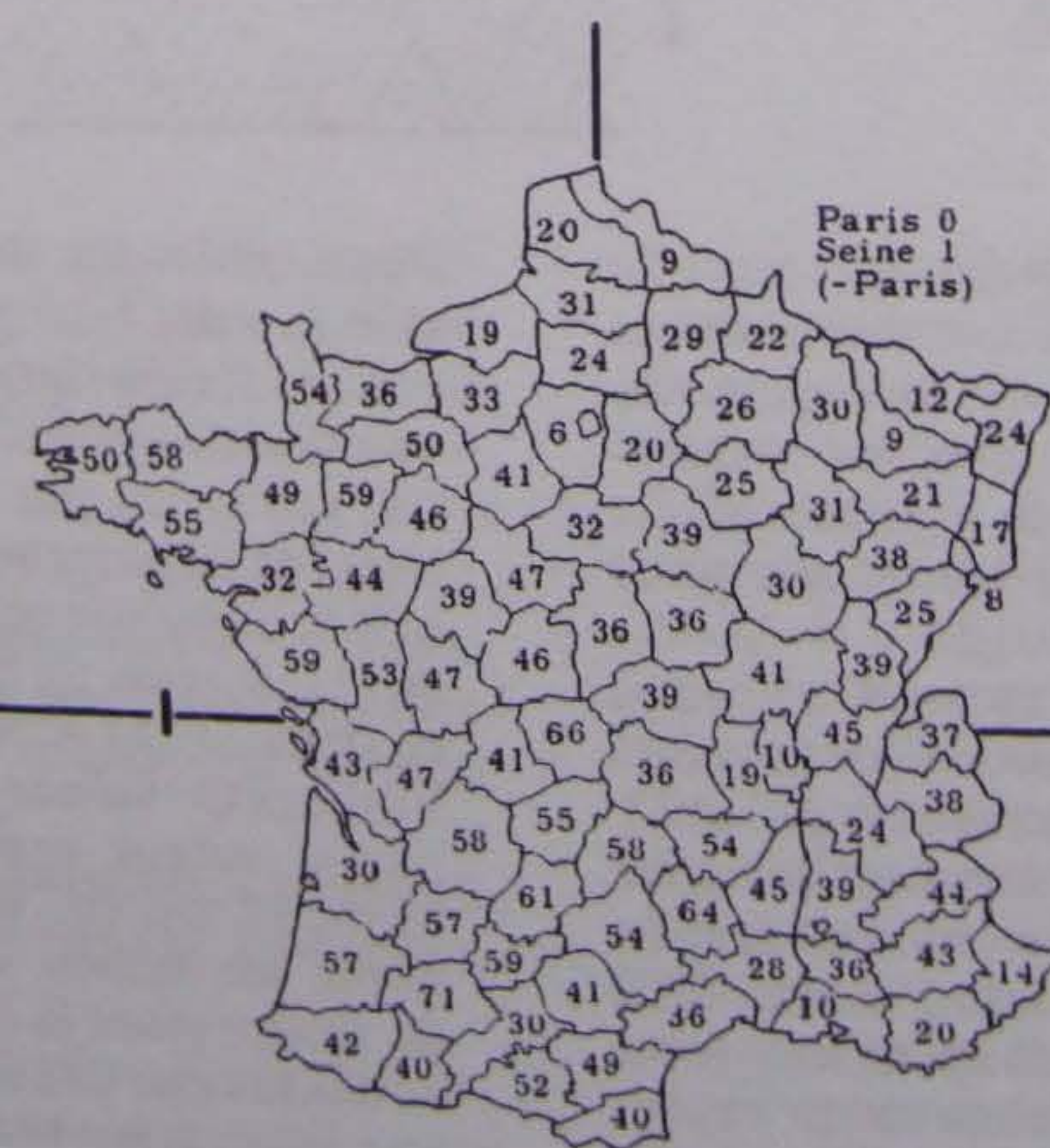




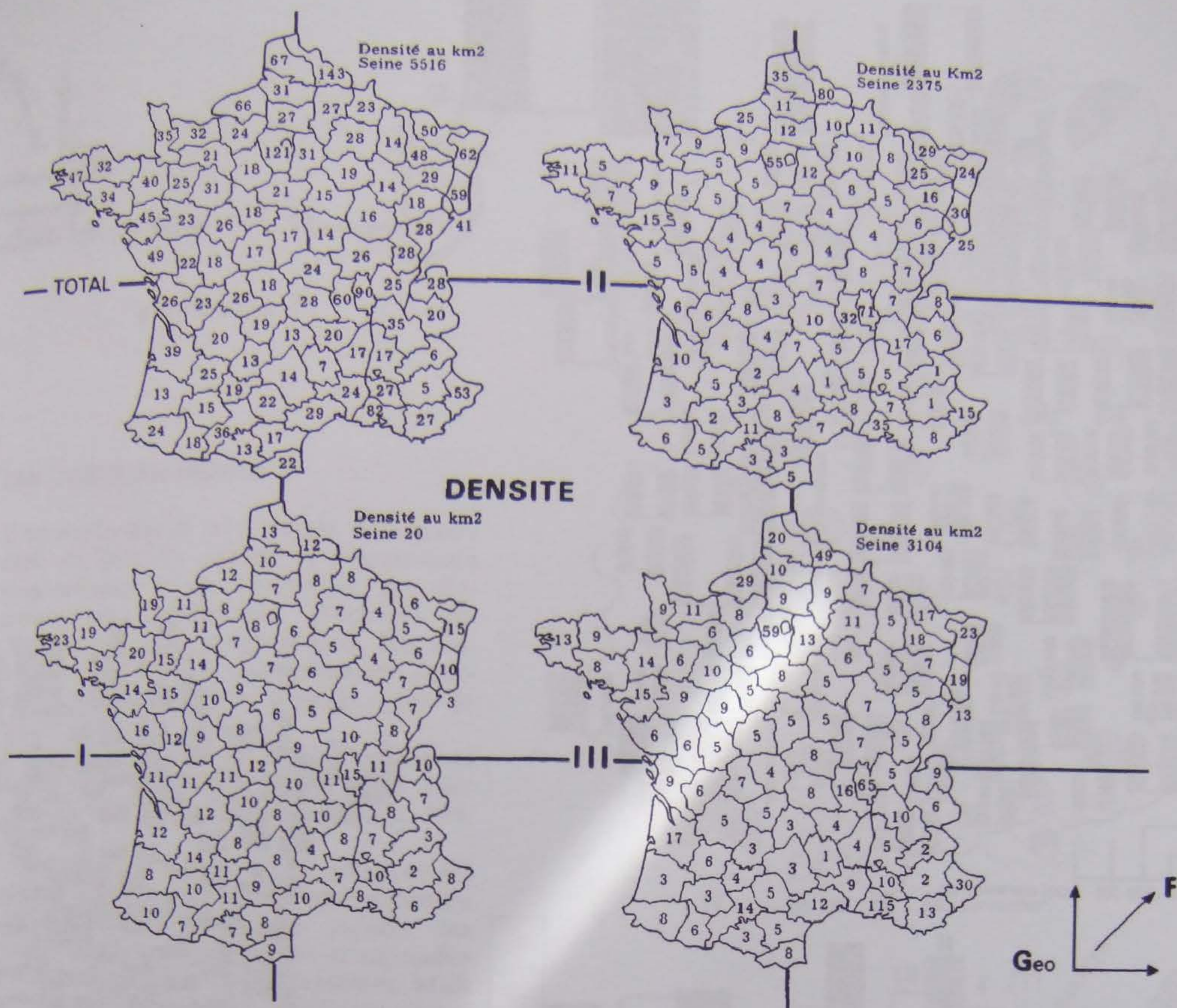
# QUANTITE



# POURCENTAGE







## LES CARTES

L'information de la page 100 étant de nature géographique peut aussi être exprimée par des cartes.

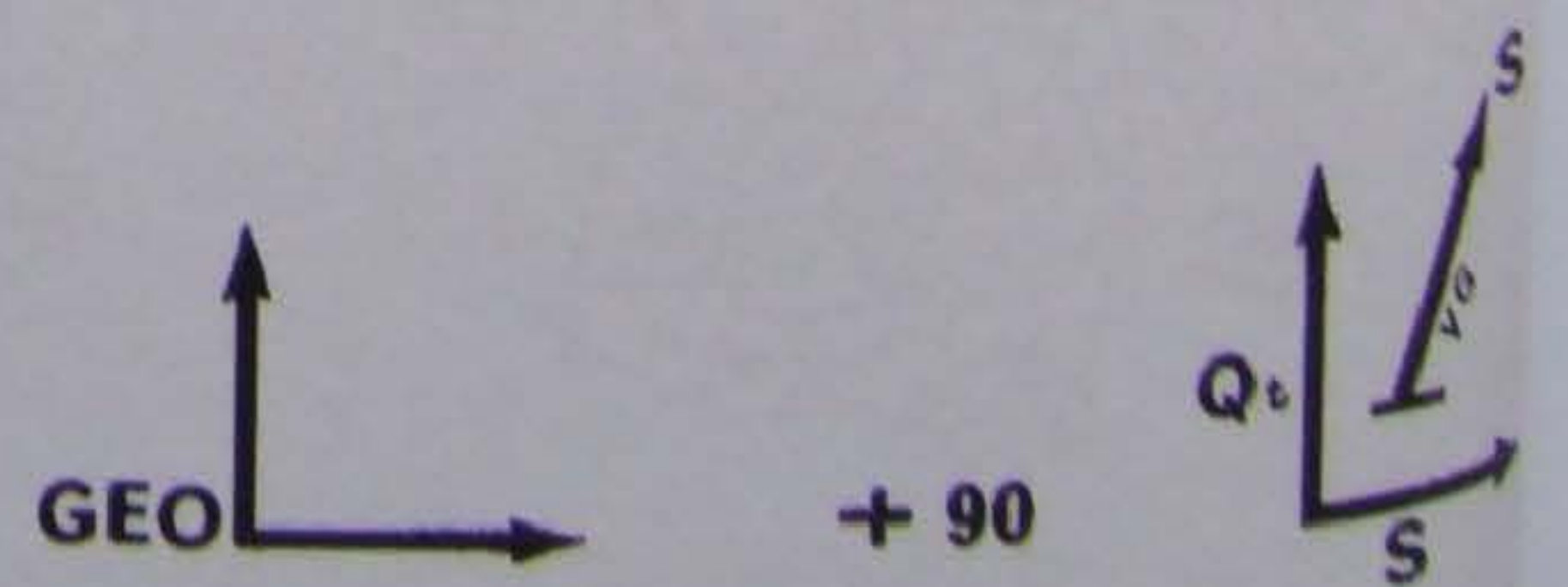
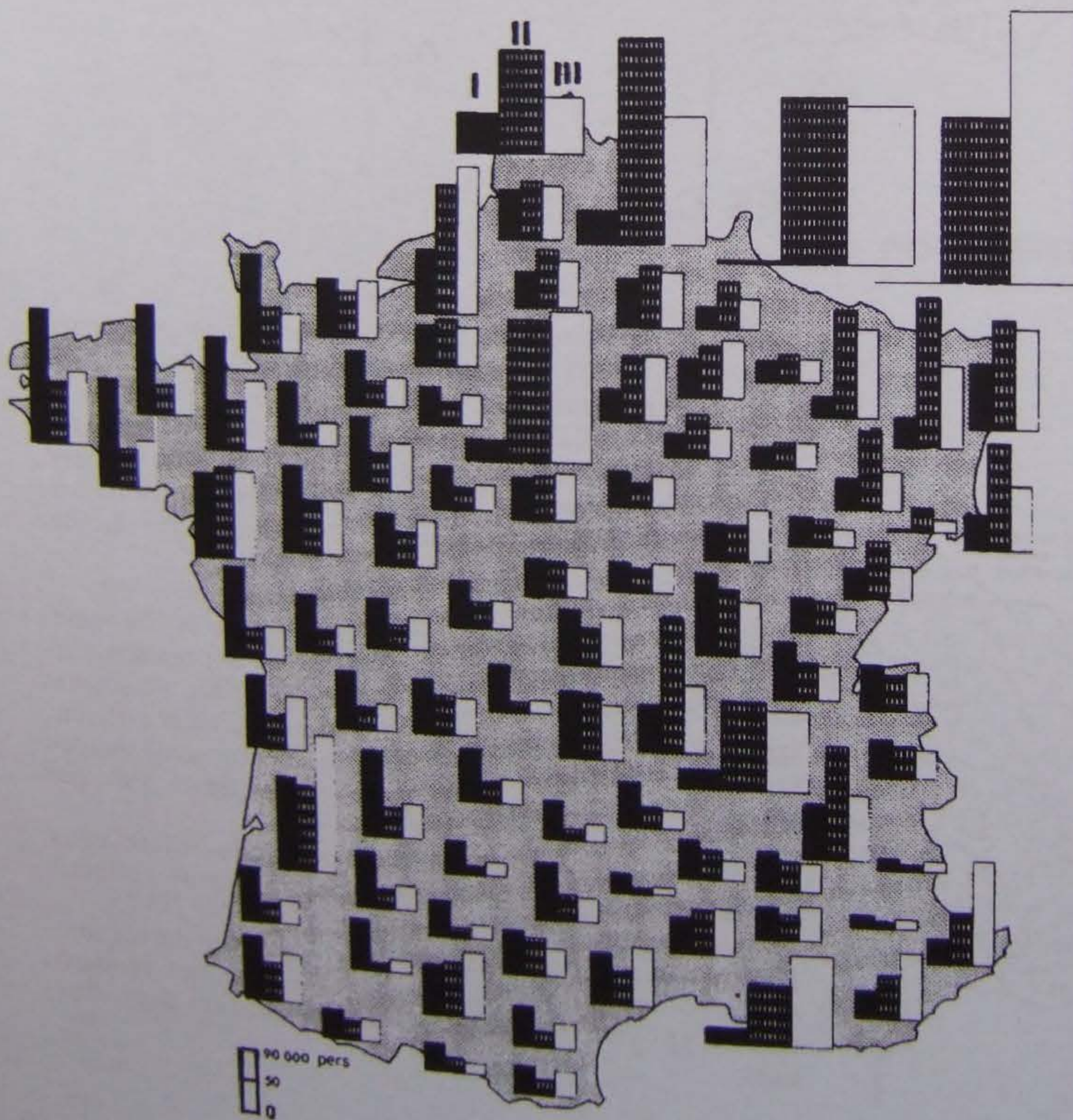
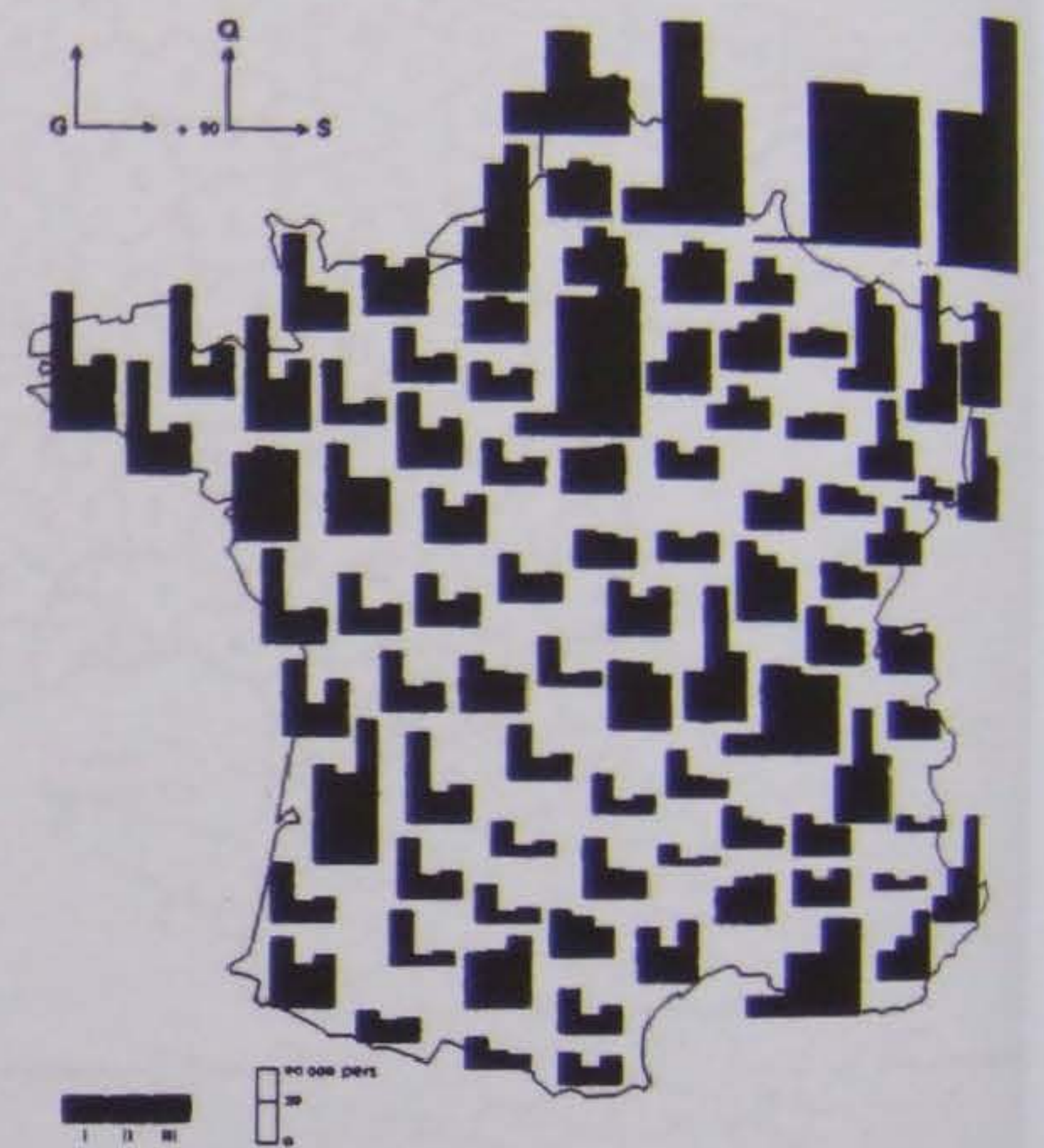
La première opération à faire est de reporter tous les chiffres à leur place géographique. On obtient les cartes ci-dessus. Il n'en résulte évidemment pas une image, mais de nombreuses figurations et une multitude de formes qu'il faudrait *lire* une à une pour appréhender le contenu de l'information.

Le premier objet de l'expression graphique est de ramener ces multiples formes, déduites de l'expression verbale, à un nombre aussi réduit que possible de formes significatives, d'images, de telle sorte qu'elles puissent être mémorisées et comparées, sans pour cela perdre une parcelle de l'information. On verra que ce n'est pas impossible.

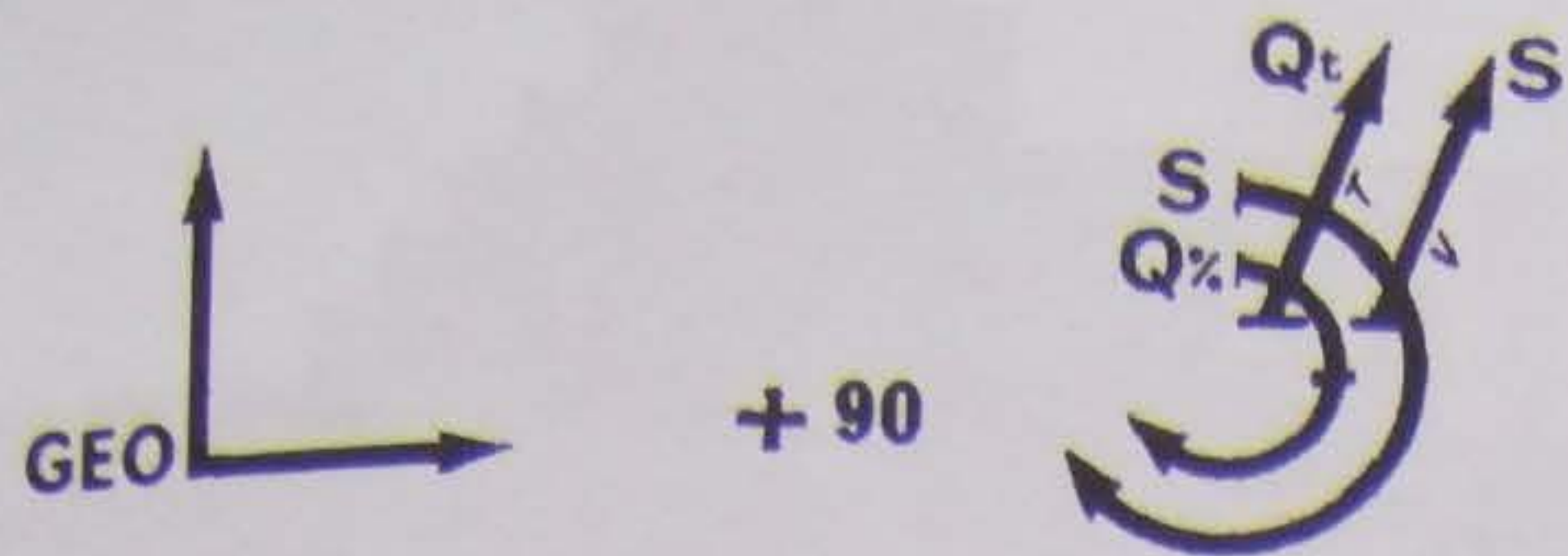
L'expression cartographique dégage une information nouvelle : la densité, c'est-à-dire le rapport de l'effectif à la surface géographique.

Il sera nécessaire de l'exprimer, soit par des cartes spéciales comme ci-dessus, soit par des formules rendant ce concept visible à travers la représentation des quantités.









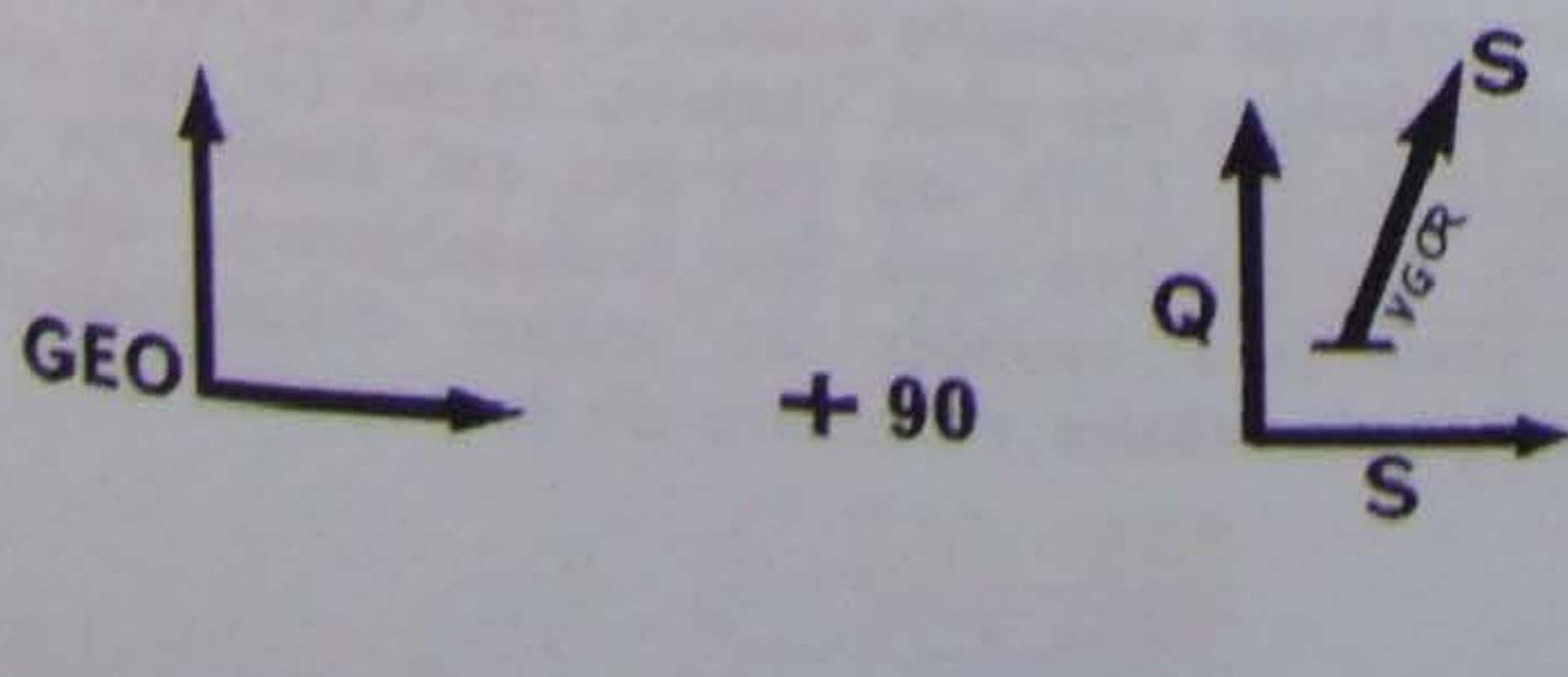
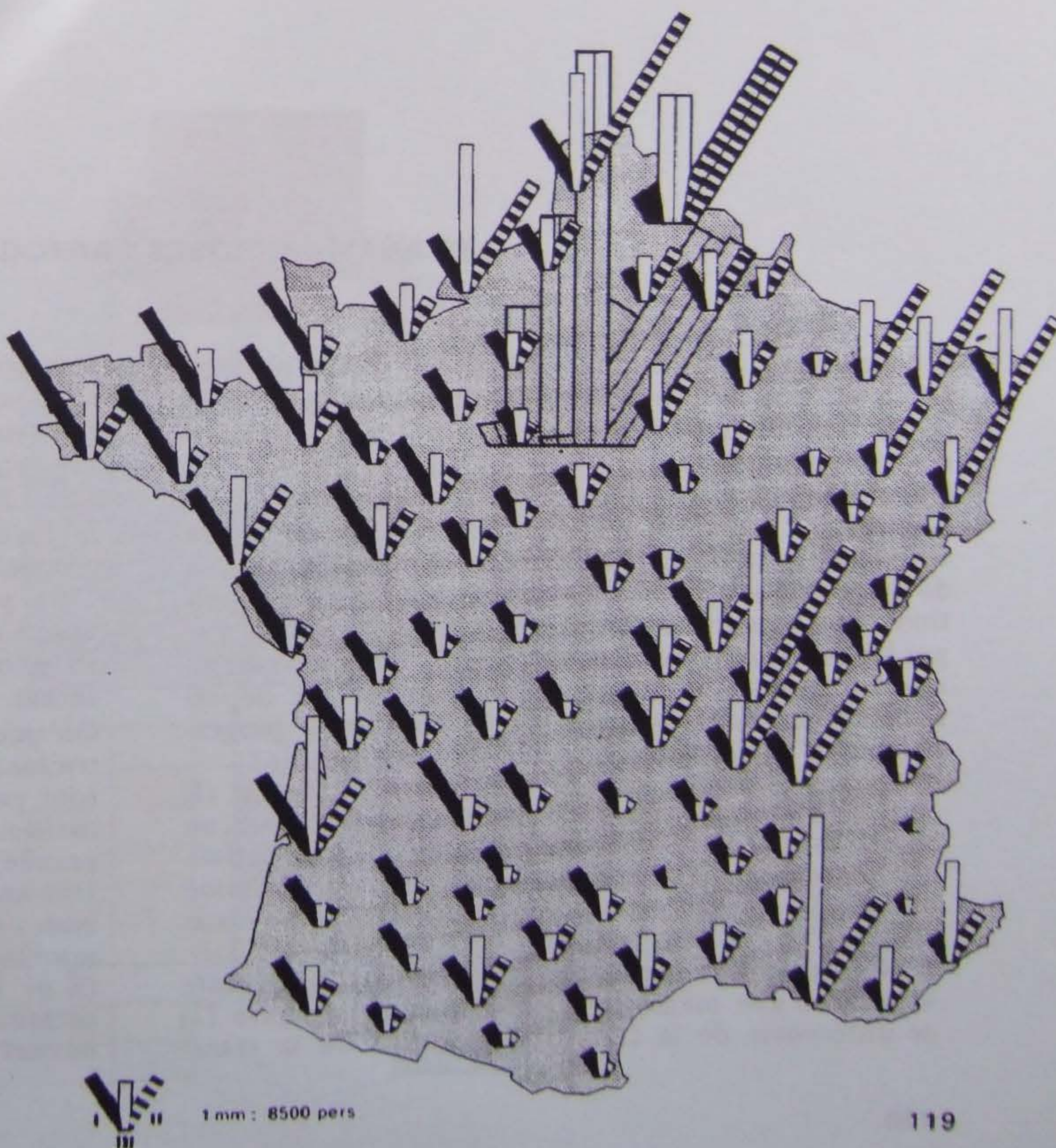
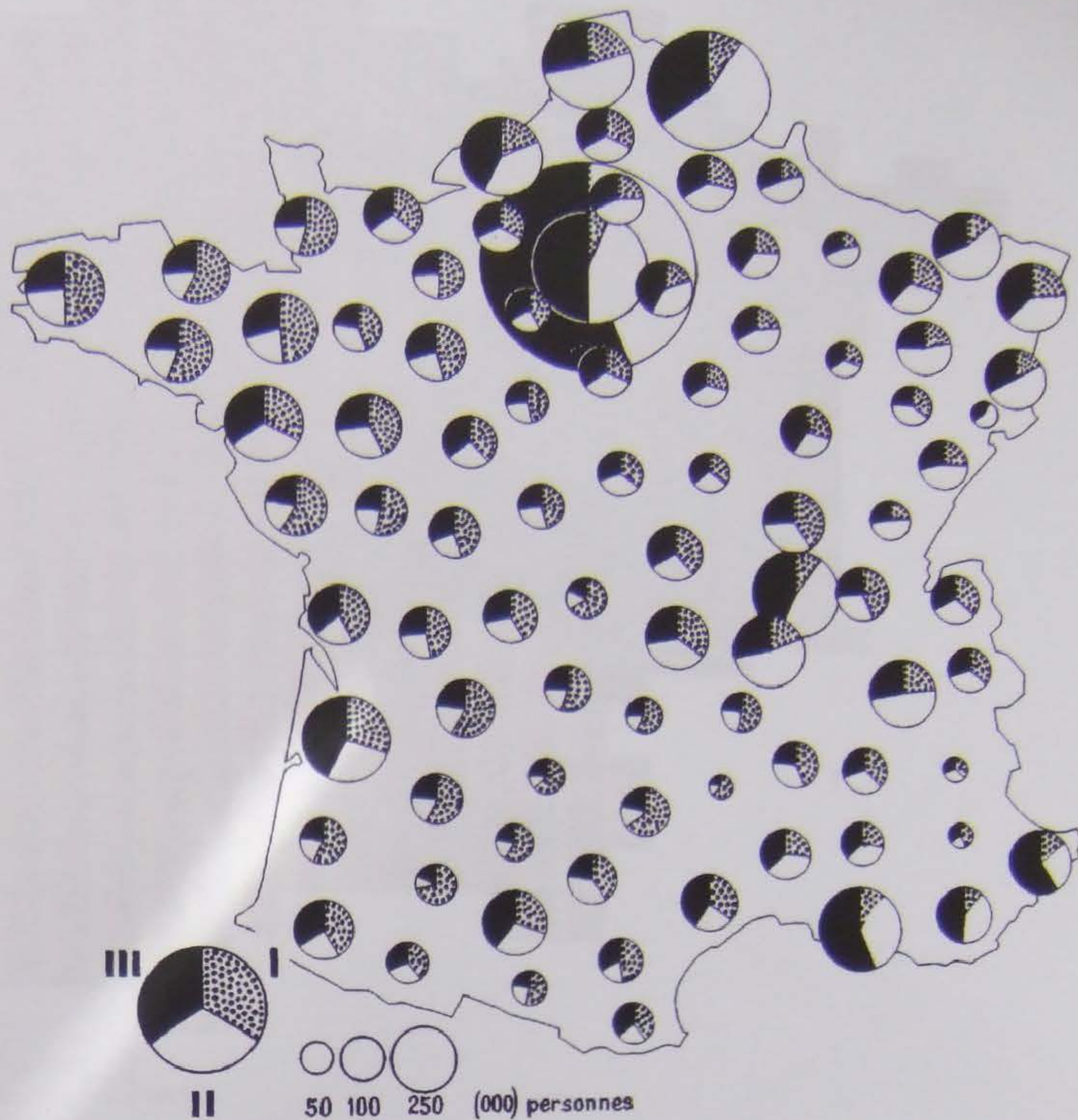
## LES CARTOGRAMMES

Il est évidemment très simple d'abstraire dans un premier temps la composante géographique et de construire un diagramme par département. Dispersés ensuite dans l'ordre géographique, les diagrammes forment un cartogramme, construit bien sûr en autant d'images que de départements.

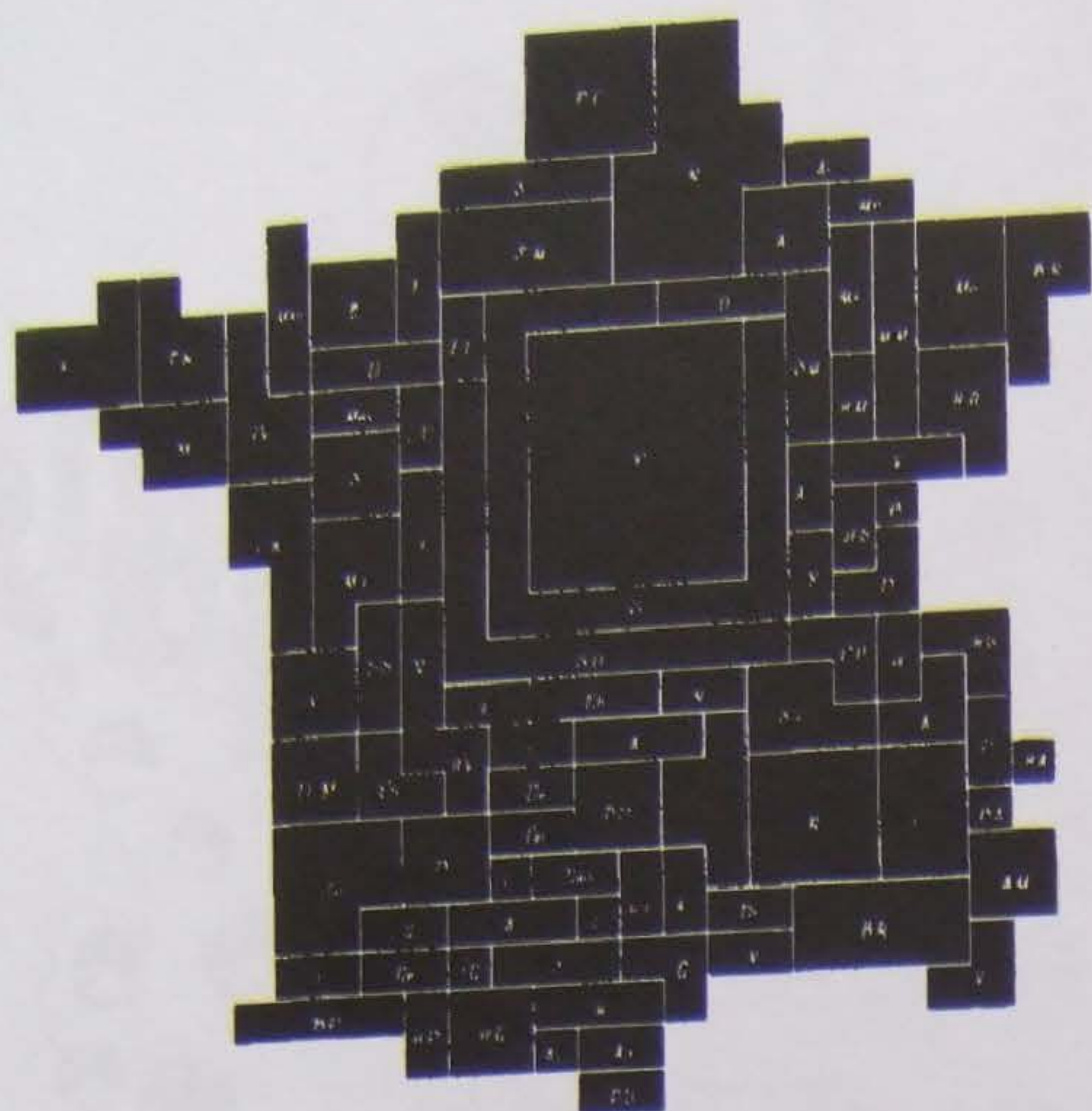
Suivant ce principe tout semble permis et l'imagination des dessinateurs peut aller très loin, tel le cartogramme de la p. 394.

Ces constructions sont si peu efficaces (1) qu'elles exigent l'emploi d'une variation rétinienne pour tenter de séparer les catégories non géographiques et répondre à toute comparaison de diagrammes. Mais la couleur elle-même est insuffisante pour résoudre le problème.

Si le cartogramme répond aux questions élémentaires introduites par la composante géographique "à tel endroit qu'y a-t-il?" il est inefficace dans toute question de niveau moyen, de régionalisation, dans les comparaisons d'ensemble et à plus forte raison dans toute comparaison externe.

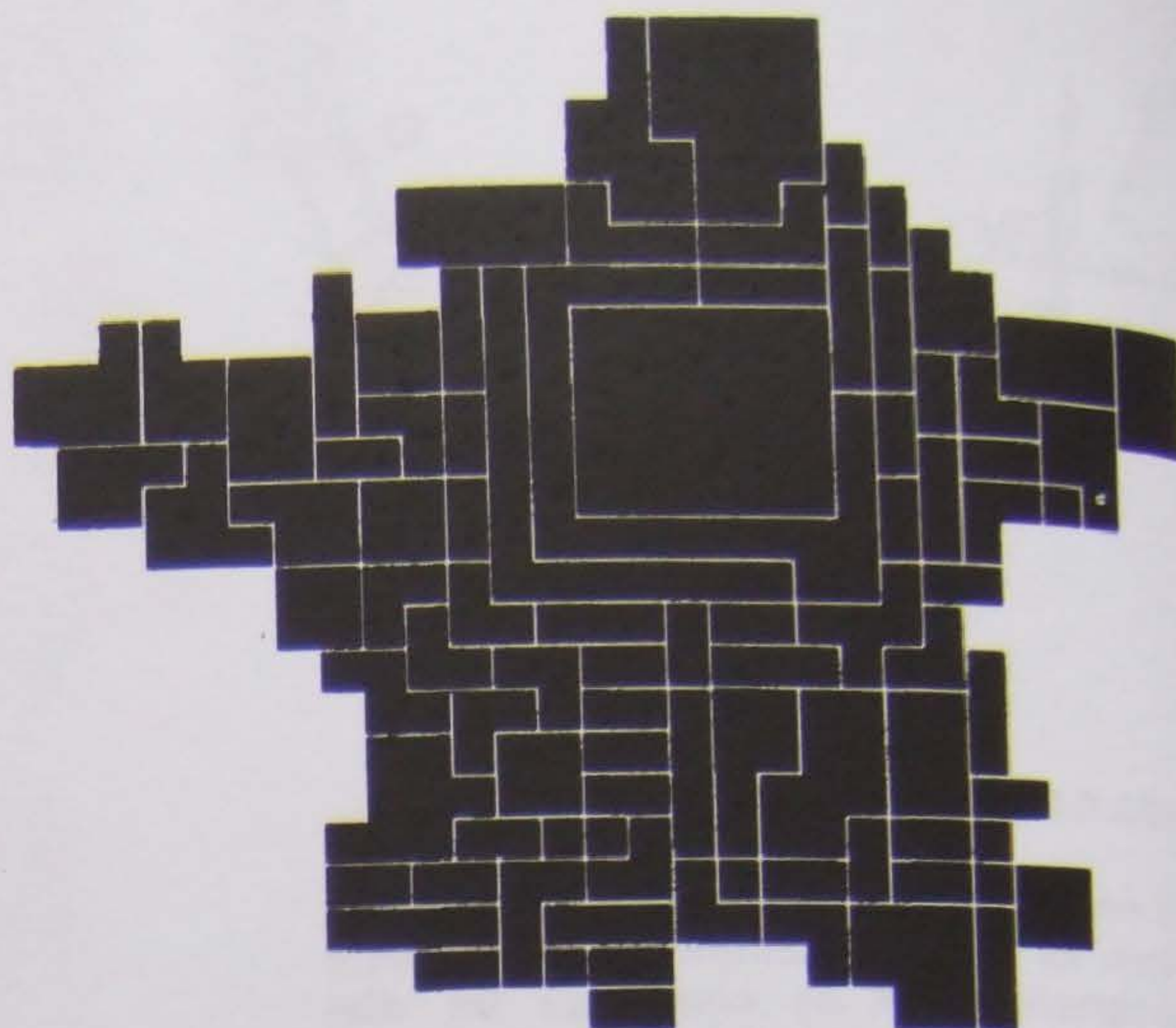






1

□ 50 000 pers



2

## LES ANAMORPHOSES CARTOGRAPHIQUES

En demandant à la surface du papier d'être proportionnelle, non à la surface géographique, mais à la population totale par département, on entre dans un système très différent : L'ANAMORPHOSE, dans lequel l'espace visible change de signification.

L'image est très spectaculaire et l'observateur est immédiatement frappé par les proportions gigantesques de la population parisienne. Ces quantités de population, il les remarque autant par leurs dimensions que par les distorsions qu'elles entraînent. Mais justement, ces distorsions lui interdisent d'identifier les départements par l'intermédiaire de la constance géographique. L'habitude acquise est devenue inutile !

Il lui faut ou bien "lire" le nom du département (1) c'est-à-dire revenir au niveau élémentaire de lecture, ou bien se former à une nouvelle habitude d'identification. Malheureusement le principe même de la construction interdit la formation de cette habitude, pour deux raisons :

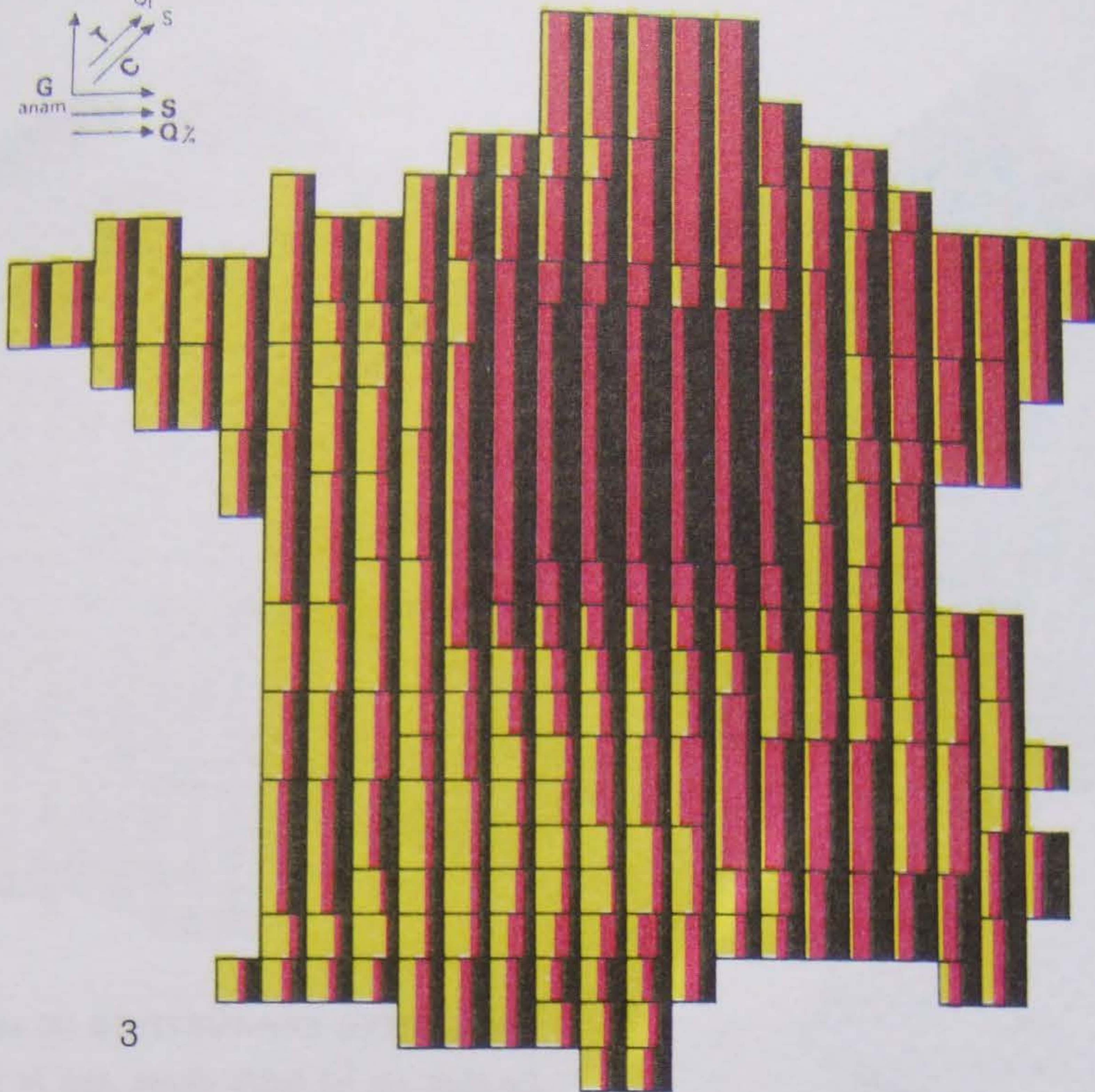
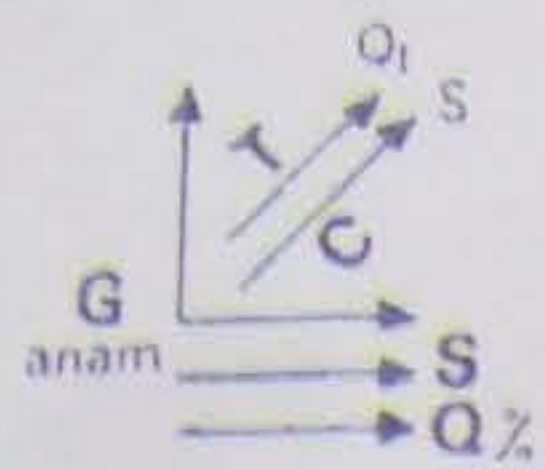
1°) Chacun peut construire une anamorphose différente à partir d'une même information. Ainsi la figure (2) se différencie de la (1) par le principe de la trans-

formation. La silhouette caractéristique de la France a été volontairement déformée pour souligner les directions dans lesquelles la population est relativement plus importante (Bretagne, Nord) ou moins (Bassin Aquitain). En (1) au contraire on s'est efforcé de conserver la forme géographique extérieure de la France, en n'opérant que des déplacements internes.

2°) il y a autant de composantes pouvant servir de base à une anamorphose, que de concepts imaginables. Et pour chacune le champ d'identification sera différent.

On peut cependant comparer plusieurs images construites sur une même anamorphose. Mais elles n'entreront pas dans le champ de nos identifications habituelles, dans le champ géographique, qui tire une grande partie de son intérêt de sa constance universelle. Une anamorphose supporte comme une carte des formules redondantes les plus variées, telles (3) qui est semblable à (3 p. 123), ou (4) qui est semblable à (5 p. 123). On notera que les ressemblances entre secteurs sont peu visibles et même disparaissent devant la spectaculaire variation de la population.



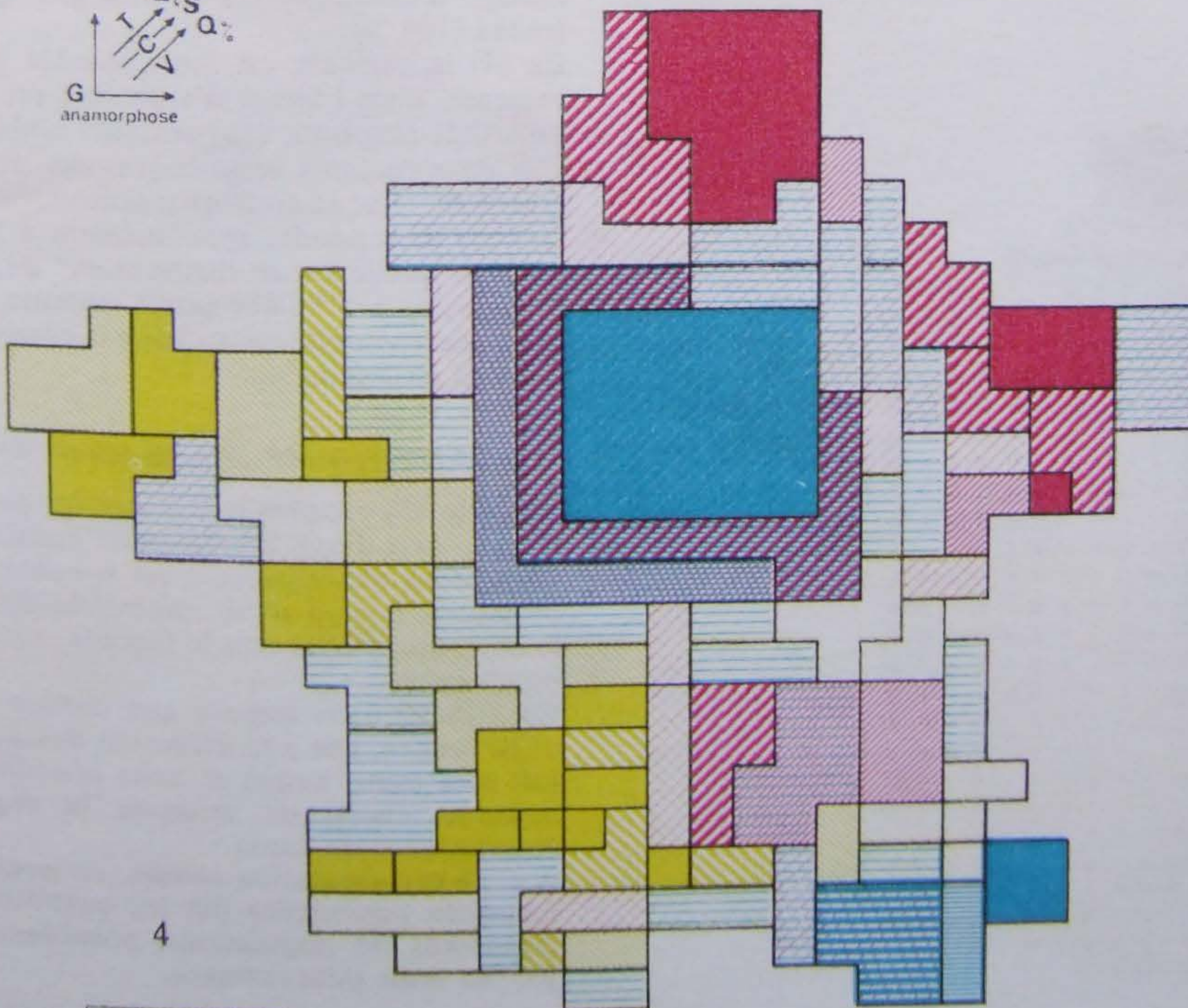
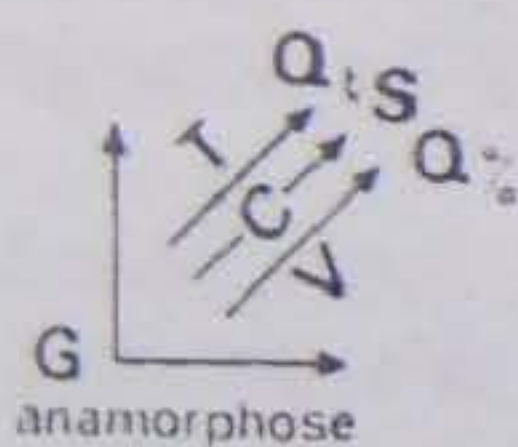


3

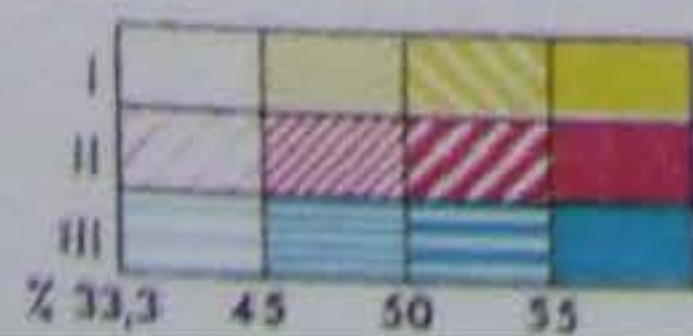


50 000 pers.

100 %



4

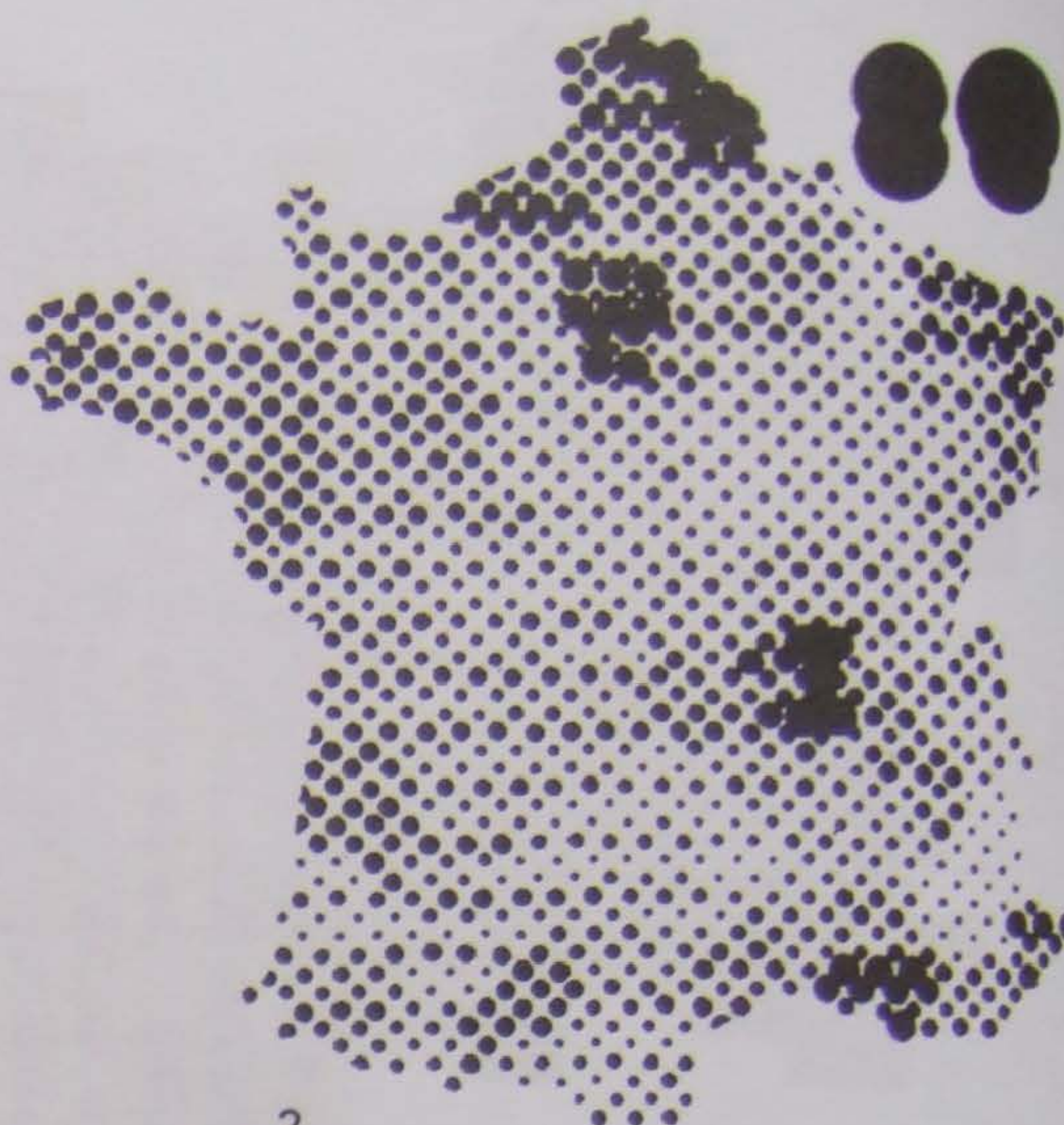


50 000 pers.





1



2

### LES CARTES EXHAUSTIVES (3) et (4)

Le plan est ici autre chose que le simple support de diagrammes à deux dimensions. De plus il est à nouveau géographique.

Ces cartes sont la superposition de trois images, une par secteur, et une variable rétinienne tente de les séparer. Elle est indispensable en (3) hors de quoi l'image d'ensemble (1) ne souligne que l'égalité des totaux (100 %).

En (4) la variable est indispensable pour séparer les secteurs, mais l'image d'ensemble est significative des quantités absolues, tous secteurs additionnés (2).

Ces constructions sont *exhaustives* et figurent l'intégralité de chaque série quantitative. Mais il est encore difficile de répondre spontanément à la question "Tel secteur, quelle est sa distribution" de comparer cette distribution à celle des autres secteurs et surtout de la mémoriser visuellement afin de la comparer à des informations extérieures.

### LES CARTES SIMPLIFIÉES (5) et (6)

La carte (5) est plus lisible que les précédentes. Mais c'est au prix d'une *simplification* considérable. Aucune perception quantitative n'est possible. Quatre paliers ordonnés, dont il serait impossible de définir la signification numérique sans la légende, remplacent tous les nombres.

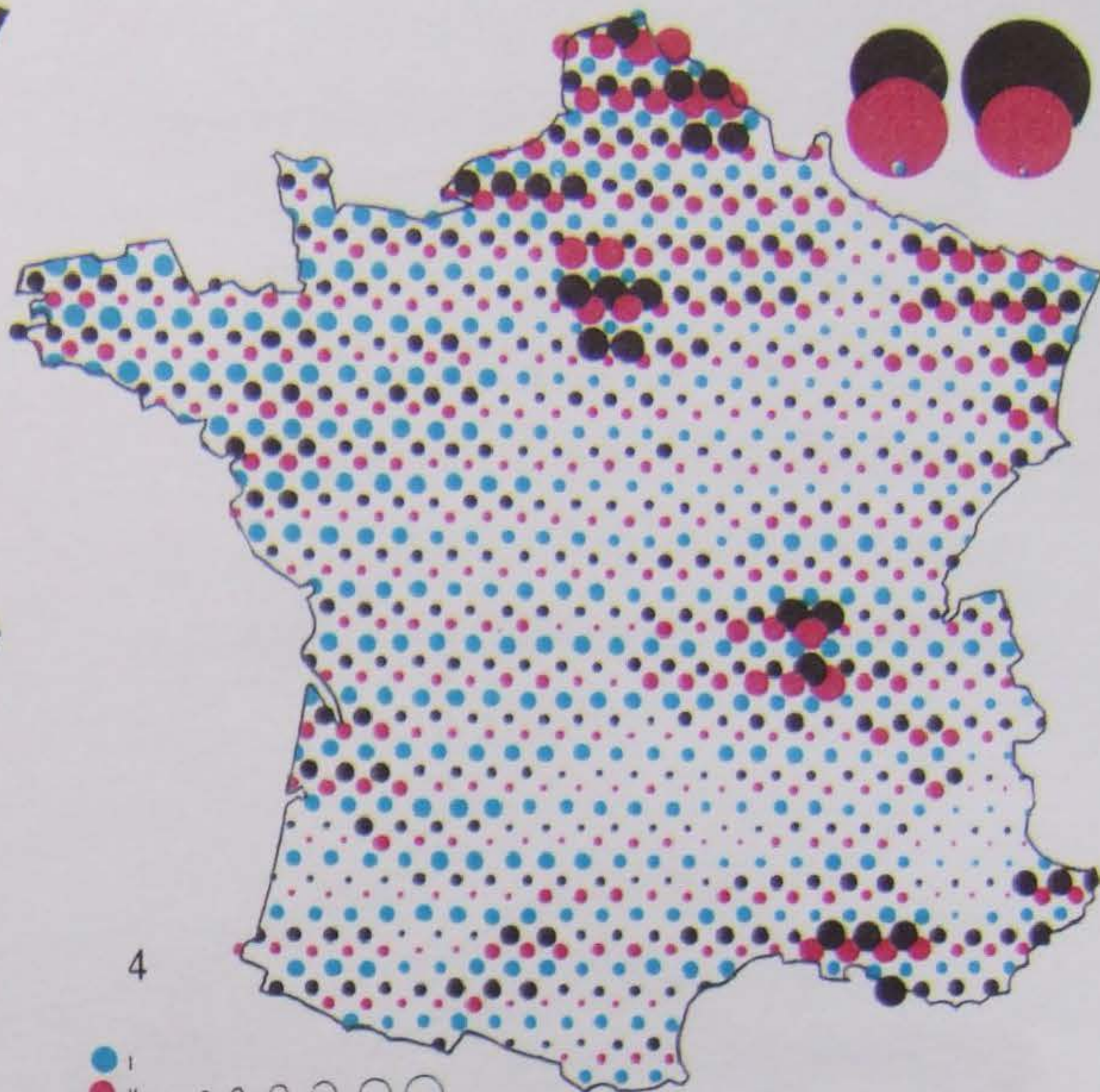
Cette carte nous impose une certaine régionalisation de la France, liée à la définition des paliers (qui pourrait être toute autre) et nous interdit d'effectuer un nouveau choix, de critiquer la régionalisation en connaissance de cause.

A cette représentation zonale, on peut ajouter (6) des quantités ponctuelles (ici les quantités totales). Elles pondèrent les populations, précédemment qualifiées par les seuls pourcentages.





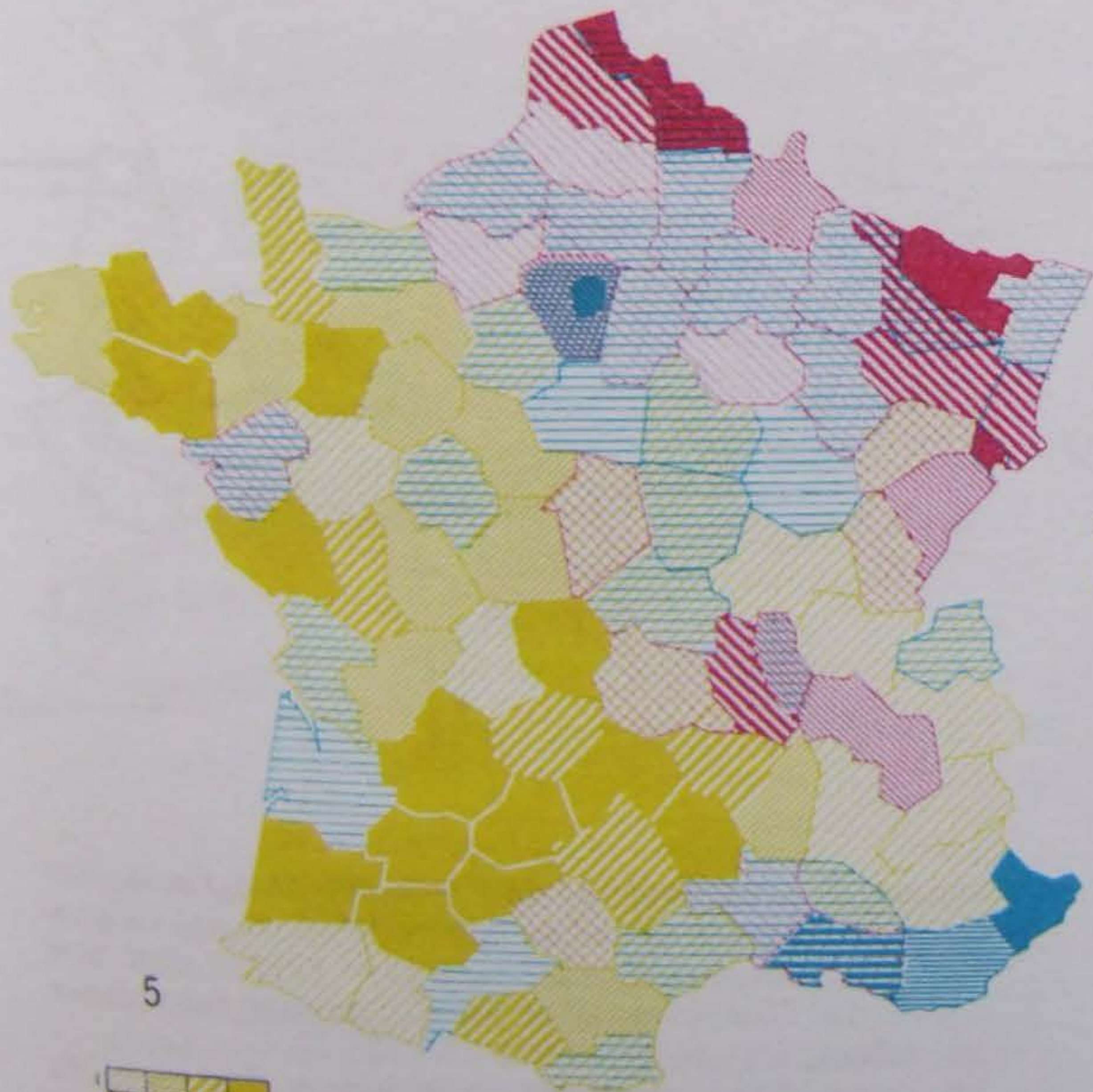
3



4

I  
II  
III

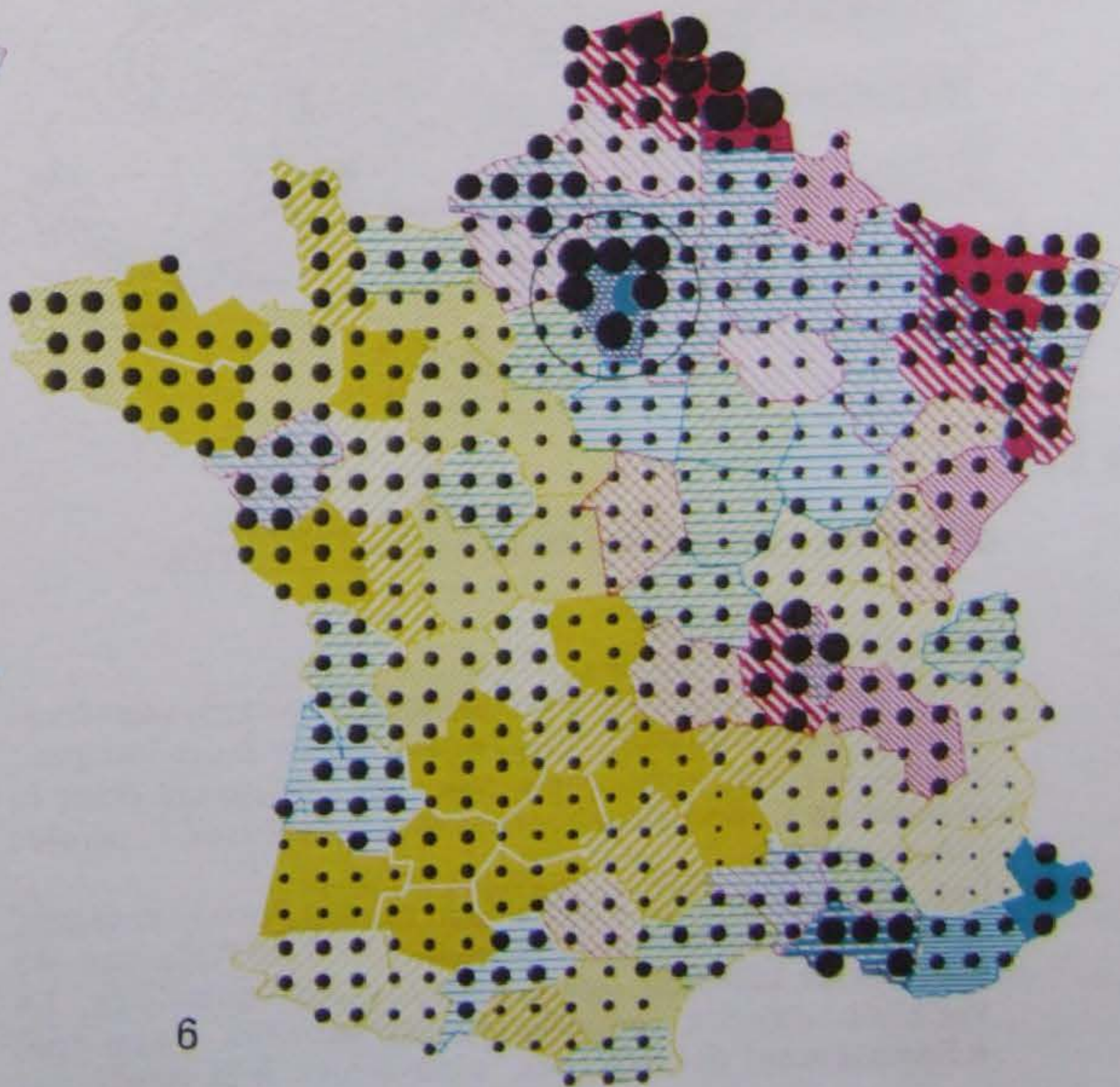
1 5 10 25 50 75 pers km<sup>2</sup>



5

I  
II  
III

1 5 10 25 50 75 pers km<sup>2</sup>

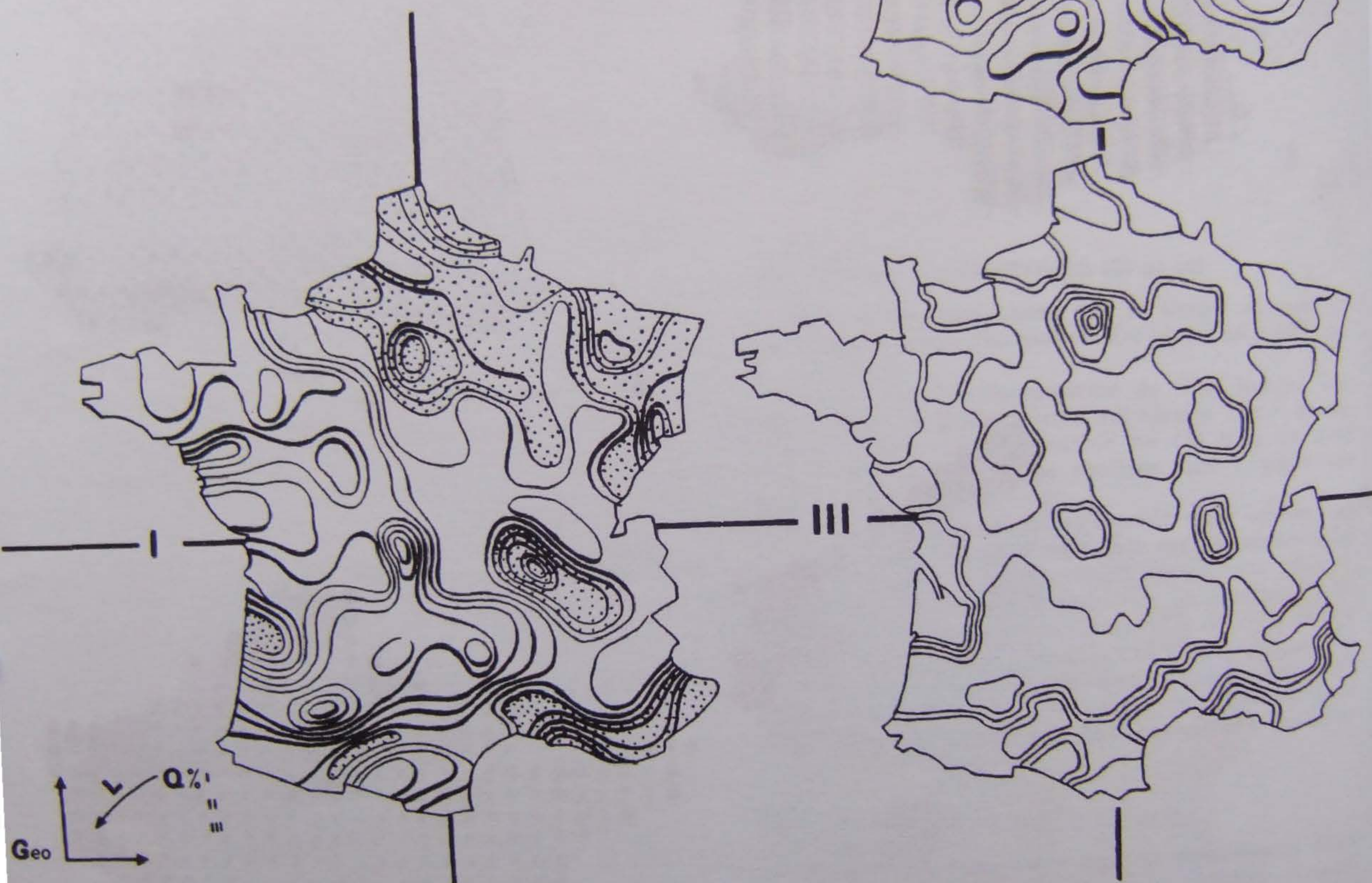


6



## POURCENTAGE

courbes de 5 en 5 %



### CONSTRUCTIONS EN PLUSIEURS CARTES

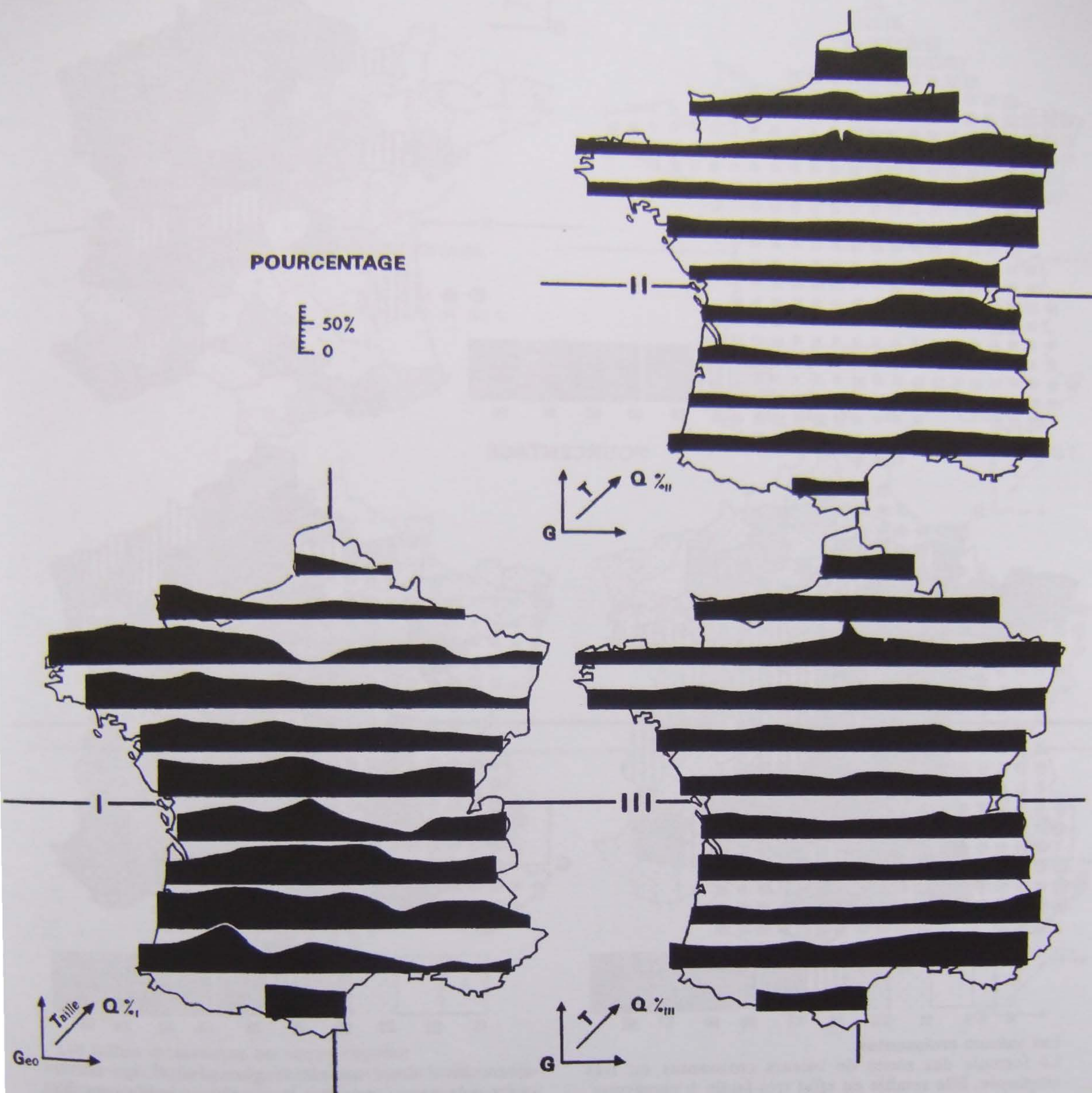
#### Les courbes d'égalité

Il est facile de mémoriser quelques images séparées. On peut donc construire l'information en trois images : une par secteur, avec quelquefois une 4<sup>e</sup> image pour la population totale. Ici encore, de nombreuses formules sont possibles.

Les courbes d'égalité, appliquées aux pourcentages; conduisent aux figures ci-dessus. On voit (III) que les courbes ne suffisent pas à exprimer les quantités. La variation visuelle immédiatement sensible s'applique à l'écartement des courbes, c'est-à-dire à la pente qui

sépare deux régions. Mais l'on reste dans l'ignorance du sens de cette pente et par conséquent dans l'ignorance des quantités elles-mêmes. Ce sens peut être fourni par l'ombrage (II) et surtout par une redondance de valeur, ici extrêmement discrète (I). En aucun cas, cependant, une notion des quantités exprimées n'est mémorisable à partir de ces images. Noter que les courbes peuvent être tracées soit en suivant les limites administratives (III) soit en s'appuyant sur un point coté ramené au centre du département (I et II) (p. 385).

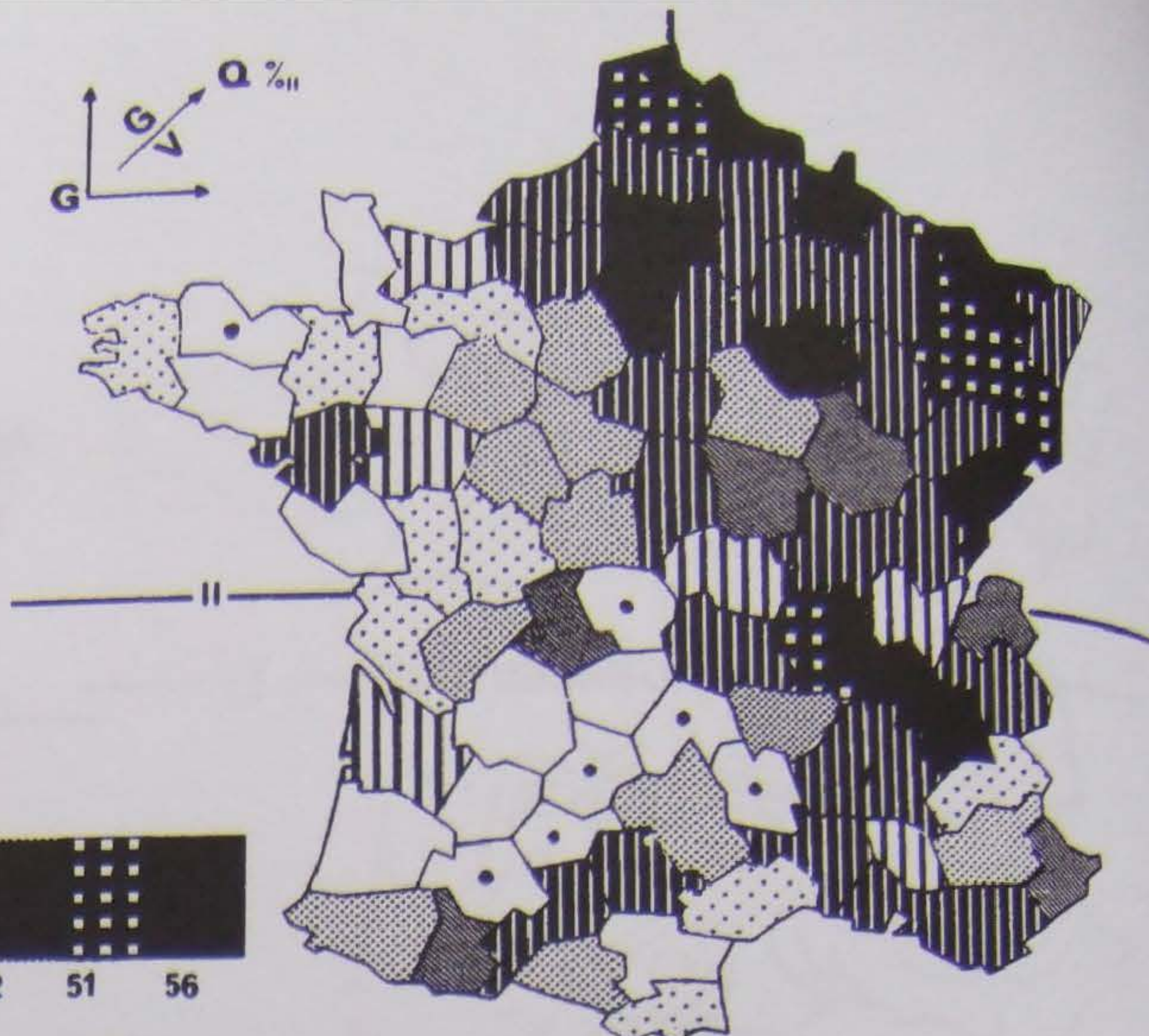




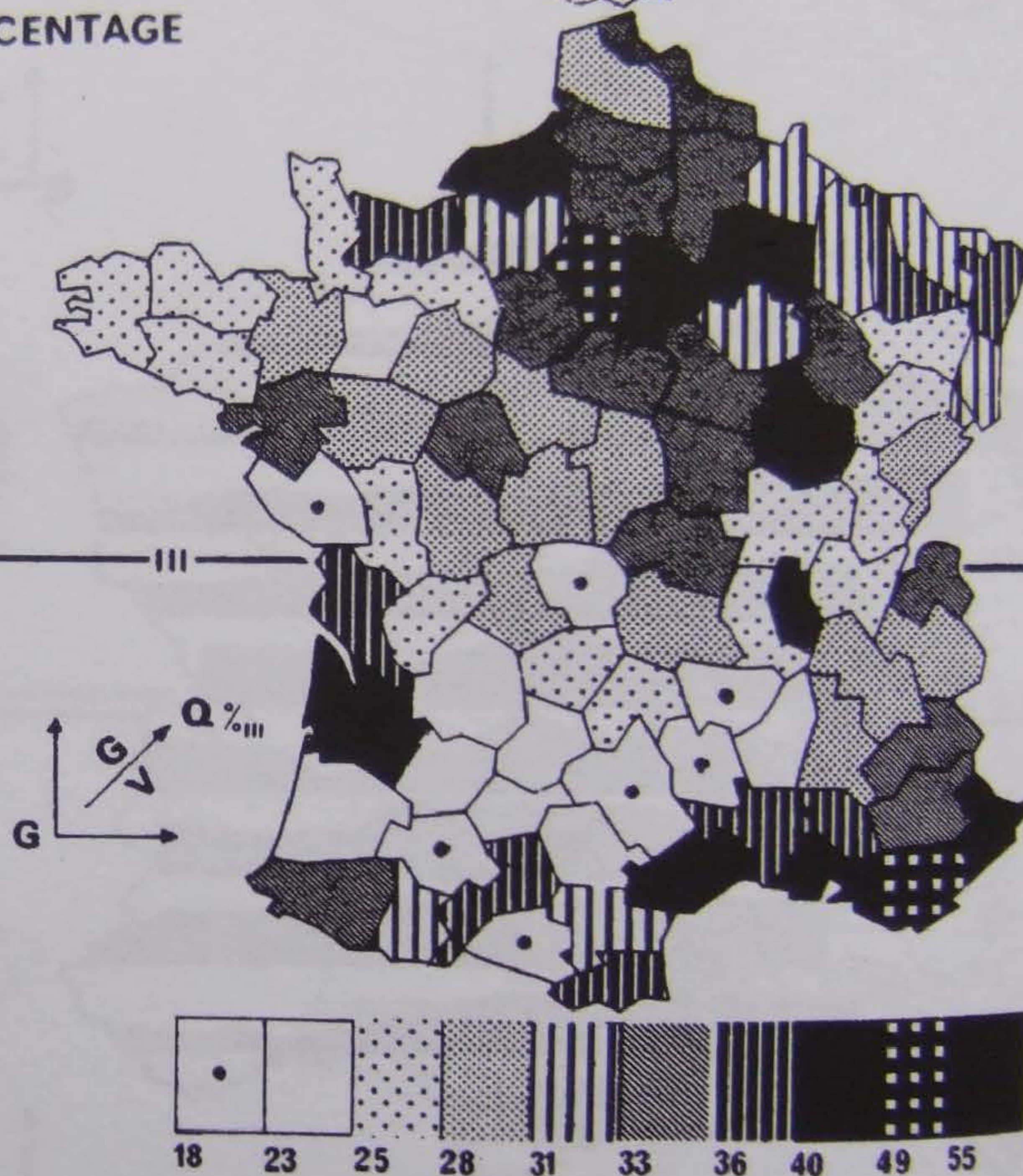
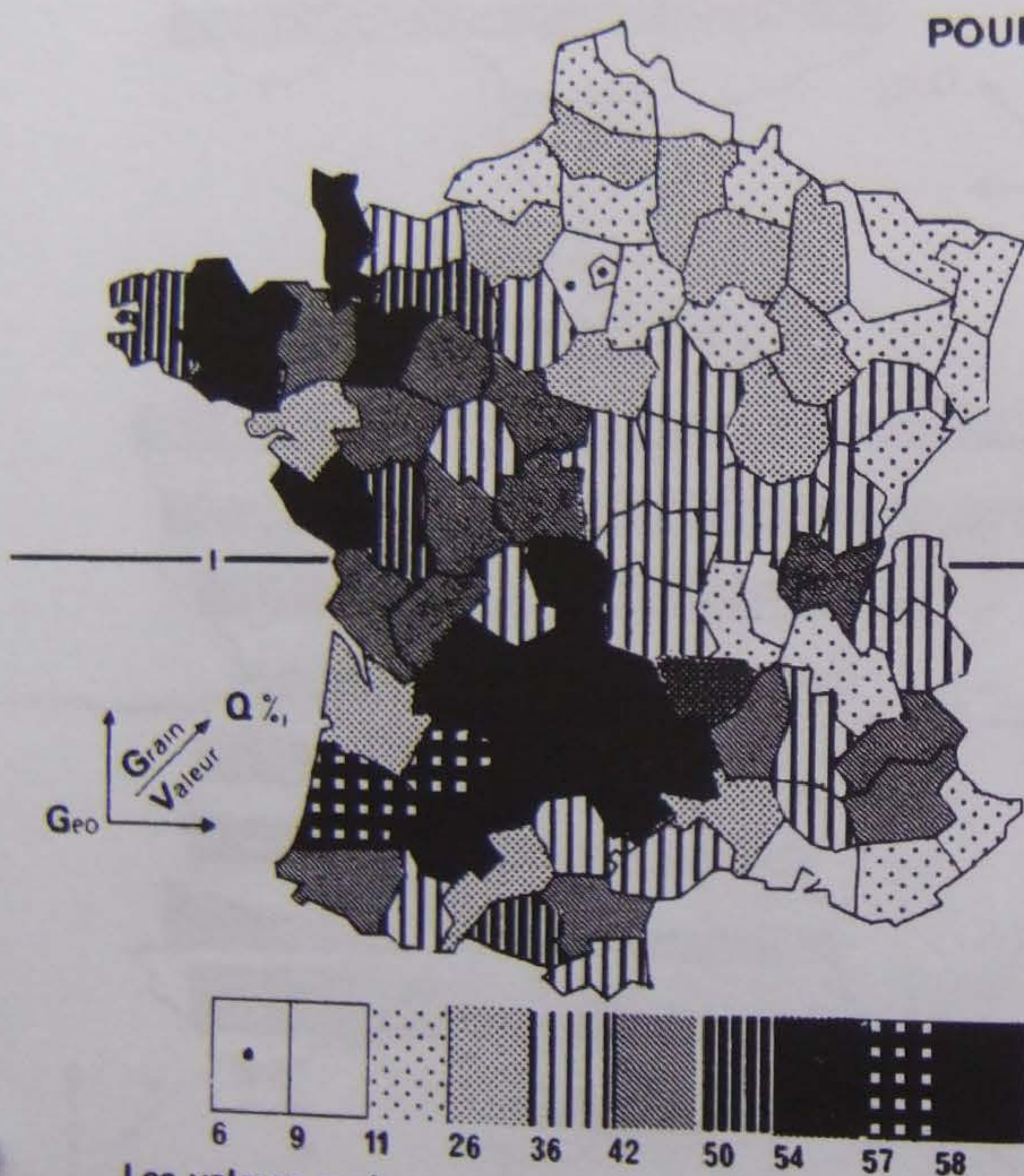
### Les coupes verticales

Les courbes d'égalités correspondent au découpage d'un volume par une série de plans horizontaux. Ce volume peut être défini par une série de plans verticaux qui dessinent des coupes. L'écartement étant prévu en conséquence, ces coupes peuvent être "pochées" de noir, il en résulte une perception quantitative : plus de noir, plus de quantités. Ces images sont beaucoup plus efficaces que les précédentes, mais l'information a perdu de sa précision au niveau du département.





POURCENTAGE



### Les valeurs croissantes

La formule des zones de valeurs croissantes est très employée. Elle semble en effet très facile à construire, tout en assurant une excellente lisibilité. Elle pose néanmoins de difficiles problèmes. Tout d'abord à la reproduction et à la réduction photographique (par exemple ici le palier 54 en I, se confond avec le noir), mais surtout à la construction. A quels paliers de l'information faut-il faire correspondre les paliers sensibles de valeur? Il n'y a pas de méthode générale ou il y en a trop. On peut s'appuyer sur la moyenne, sur la médiane, sur une équipartition de l'espace ou de l'échelle des quantités, sur diverses progressions, ou sur des combinaisons de plusieurs méthodes. L'interprétation ci-dessus, à partir de gammes différentes, appropriées chacune à sa propre distribution,

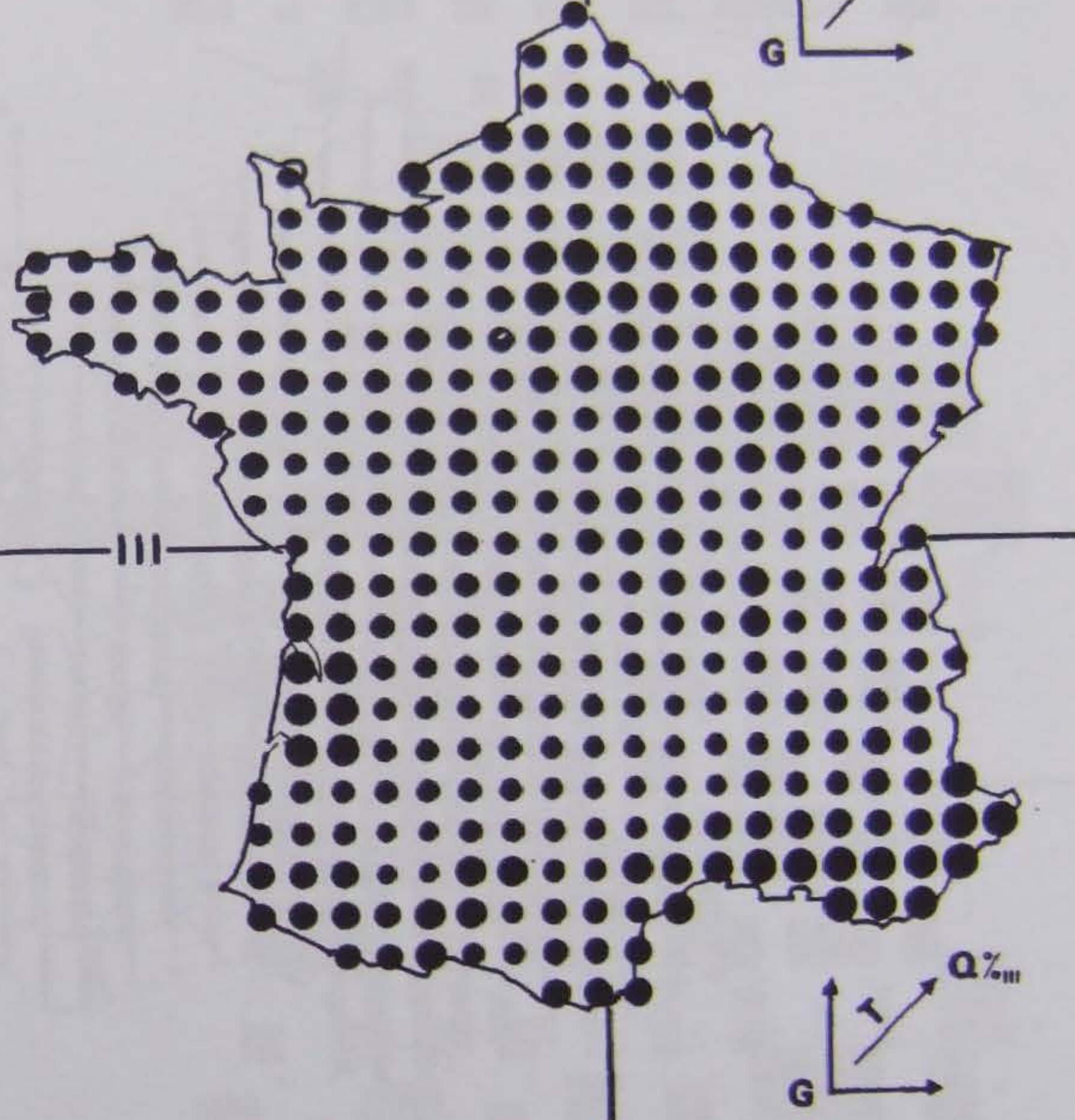
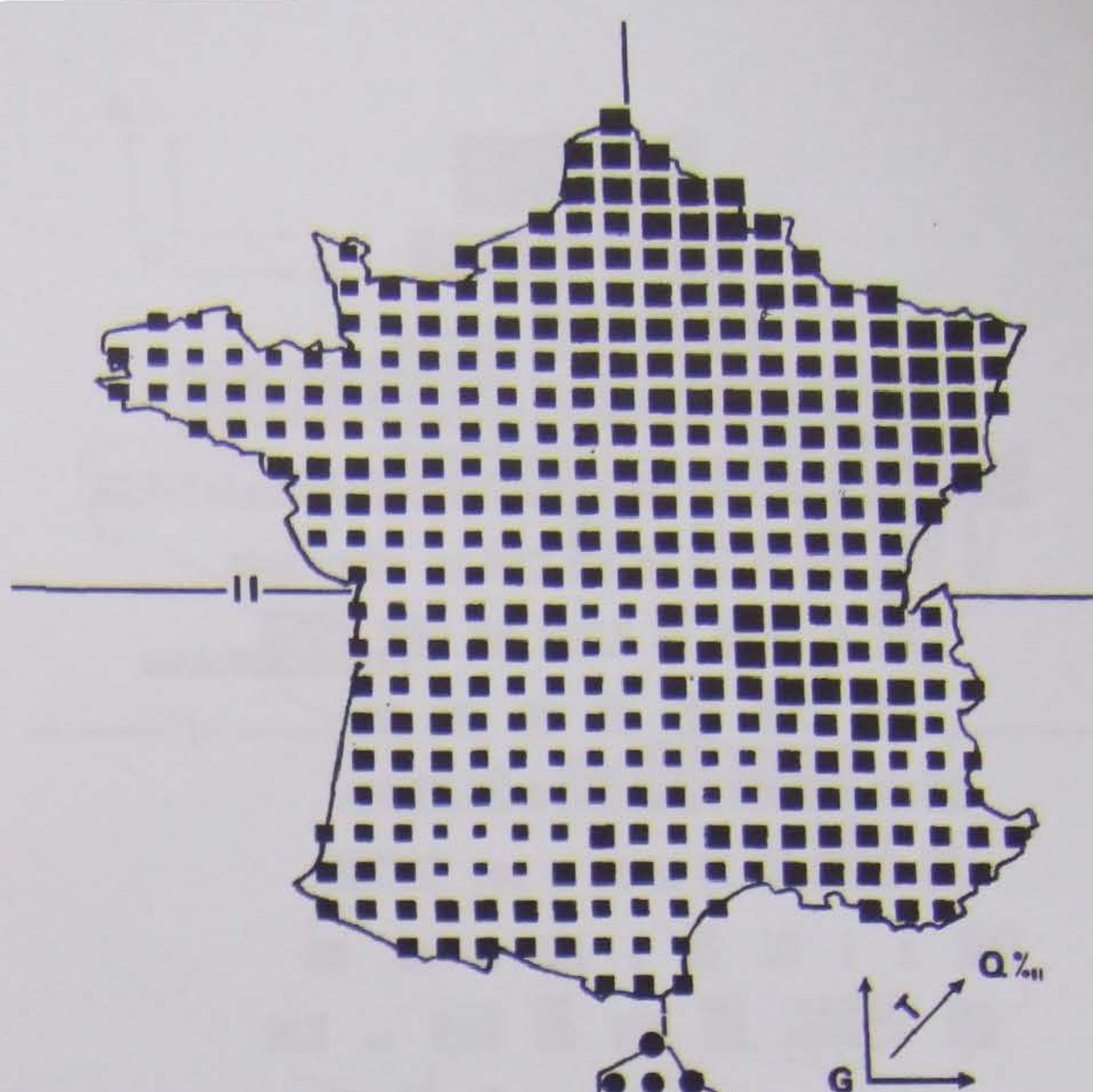
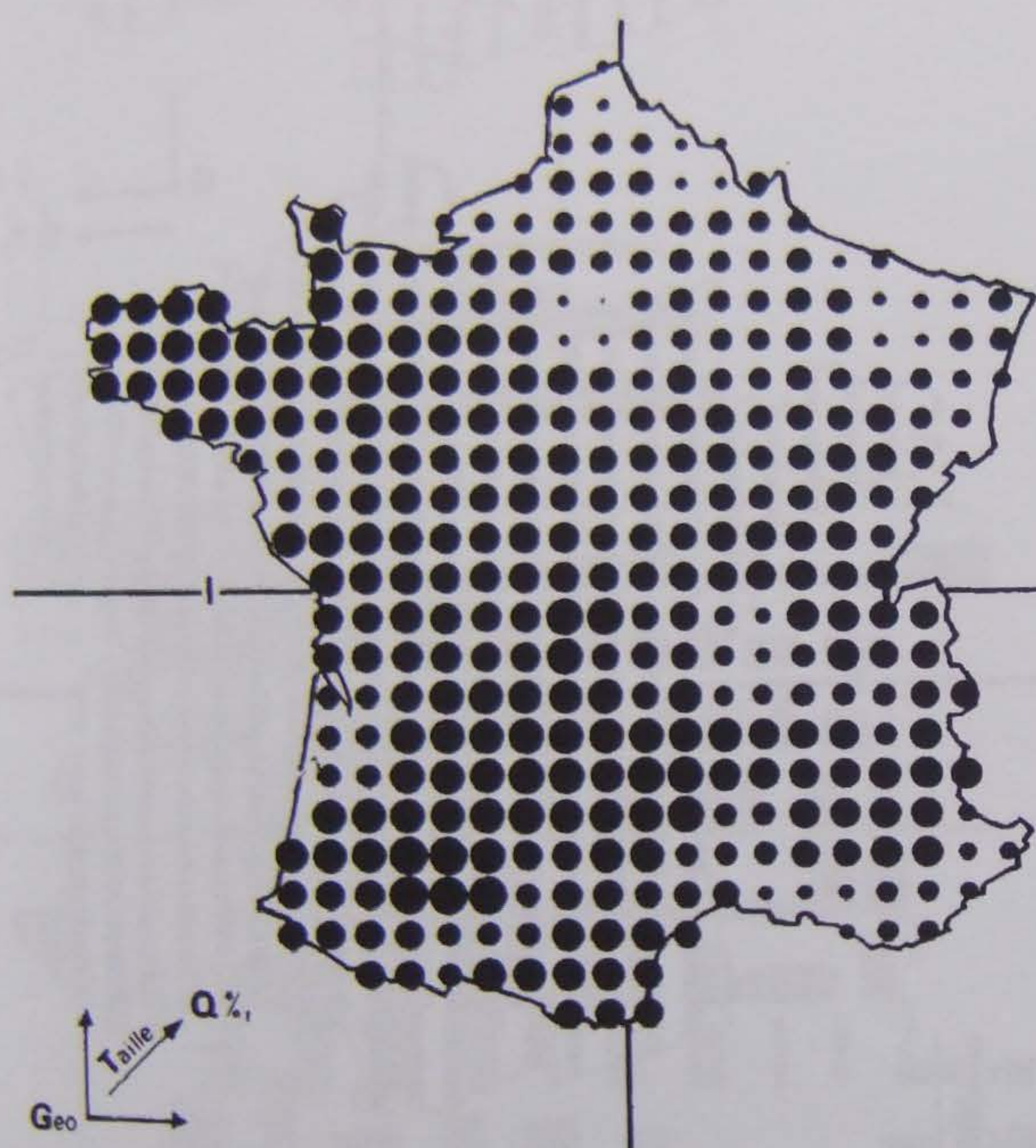
correspond donc au cas le plus général, qui conduit tout rédacteur à adapter les quelques paliers sensibles à toute variation en quantité, que celle-ci soit étendue de 1 à 2 ou de 1 à 1 million, afin d'obtenir une image diversifiée et vigoureuse. Il en résulte que blanc et noir peuvent signifier des nombres quelconques, et comme le blanc ne sera jamais une unité de mesure pour le noir, aucune perception quantitative n'est possible avec cette formule. Il faut avoir recours aux chiffres.

Cette formule réduit considérablement l'information transmise. C'est une porte ouverte aux interprétations incontrôlables.

La valeur est ici en combinaison redondante avec le grain et la forme, d'où une bonne sélection des paliers.



# POURCENTAGE



## Les tailles croissantes en semis régulier

La formule du semis régulier de cercles de taille croissante appliqués à des zones, apparaît comme une formule facile à reproduire, facile à réaliser (p. 369) mais surtout comme la plus rigoureuse de toutes les constructions. Elle s'oppose en tout point à la précédente : Capable d'épouser toutes les nuances de l'information elle ignore le problème du choix des paliers. L'interprétation de l'observateur ne risque donc pas d'être faussée par une interprétation du rédacteur.

La méthode de rédaction est universelle. Elle est, de plus, immédiatement compréhensible du lecteur. L'information ne subit aucune "réduction". Enfin la perception est de nature quantitative, et le recours à la légende n'est utile que pour des appréciations rigoureuses (les paliers de la légende sont des repères, tandis que la

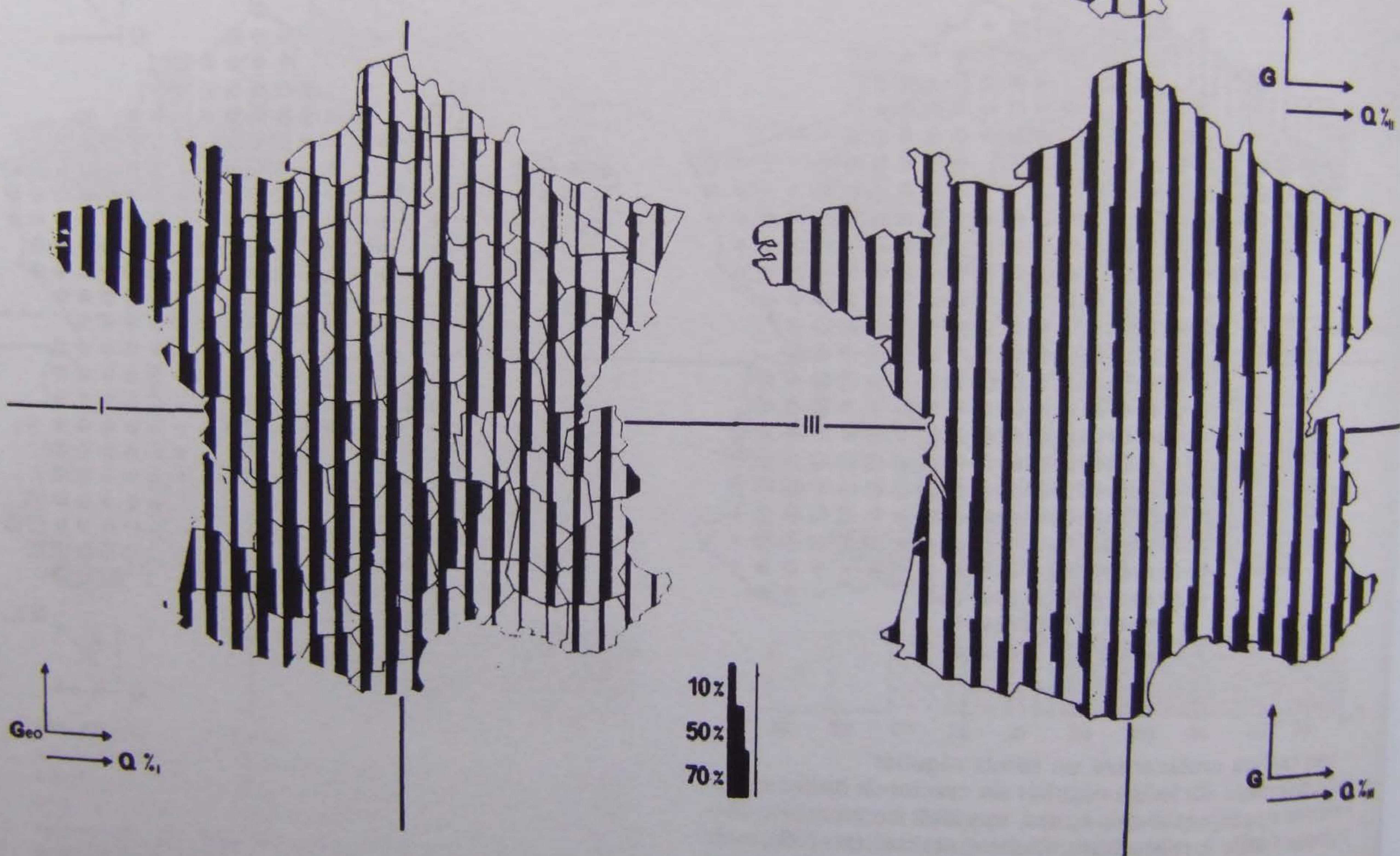
dimension des points épouse toutes les variations sensibles des quantités).

La formule est lisible quel que soit le niveau de lecture adopté (p. 372).

La comparaison avec la formule précédente souligne combien l'observateur peut être tributaire du rédacteur dans toute information quantitative interprétée en paliers de valeur.

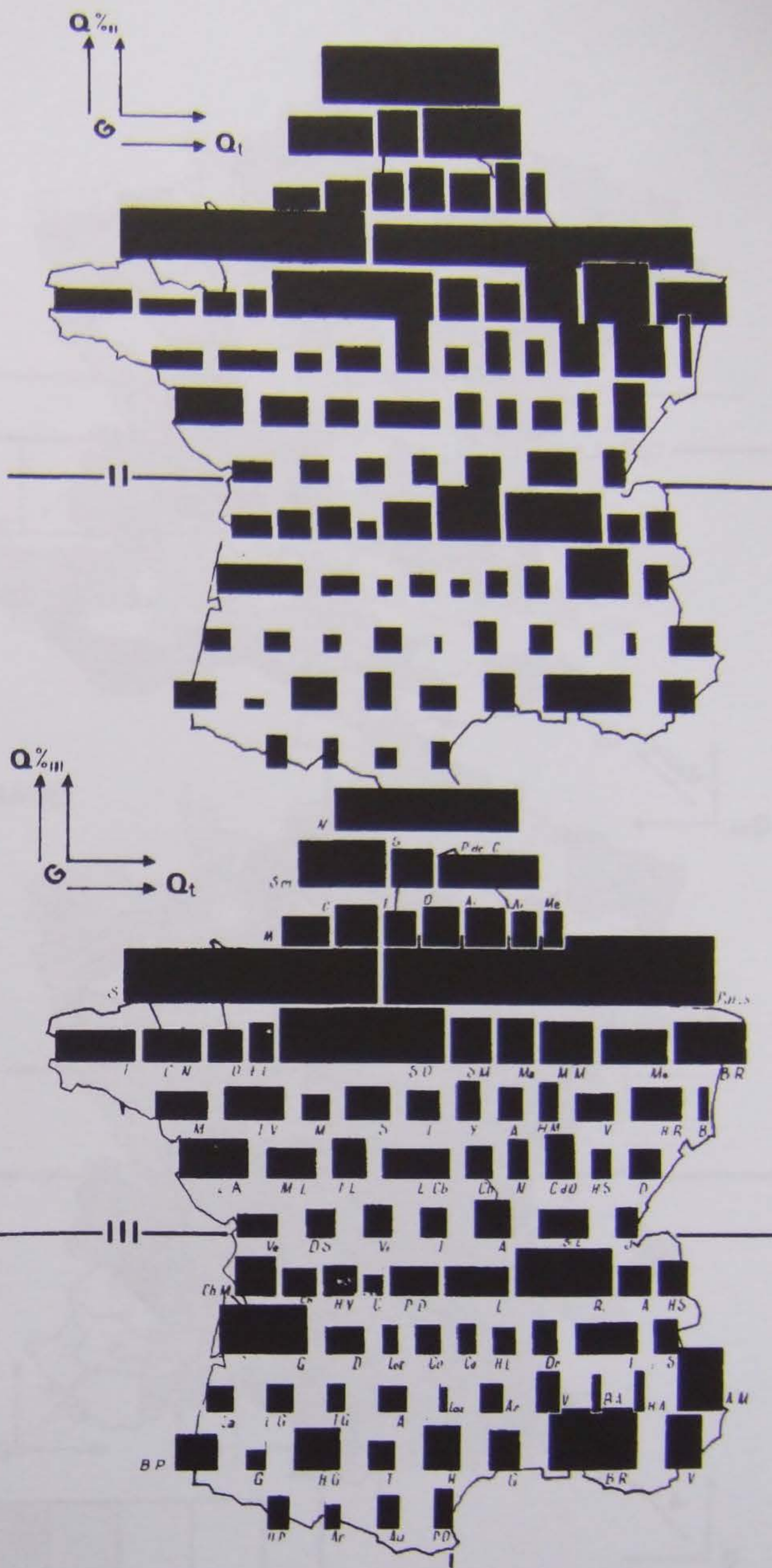
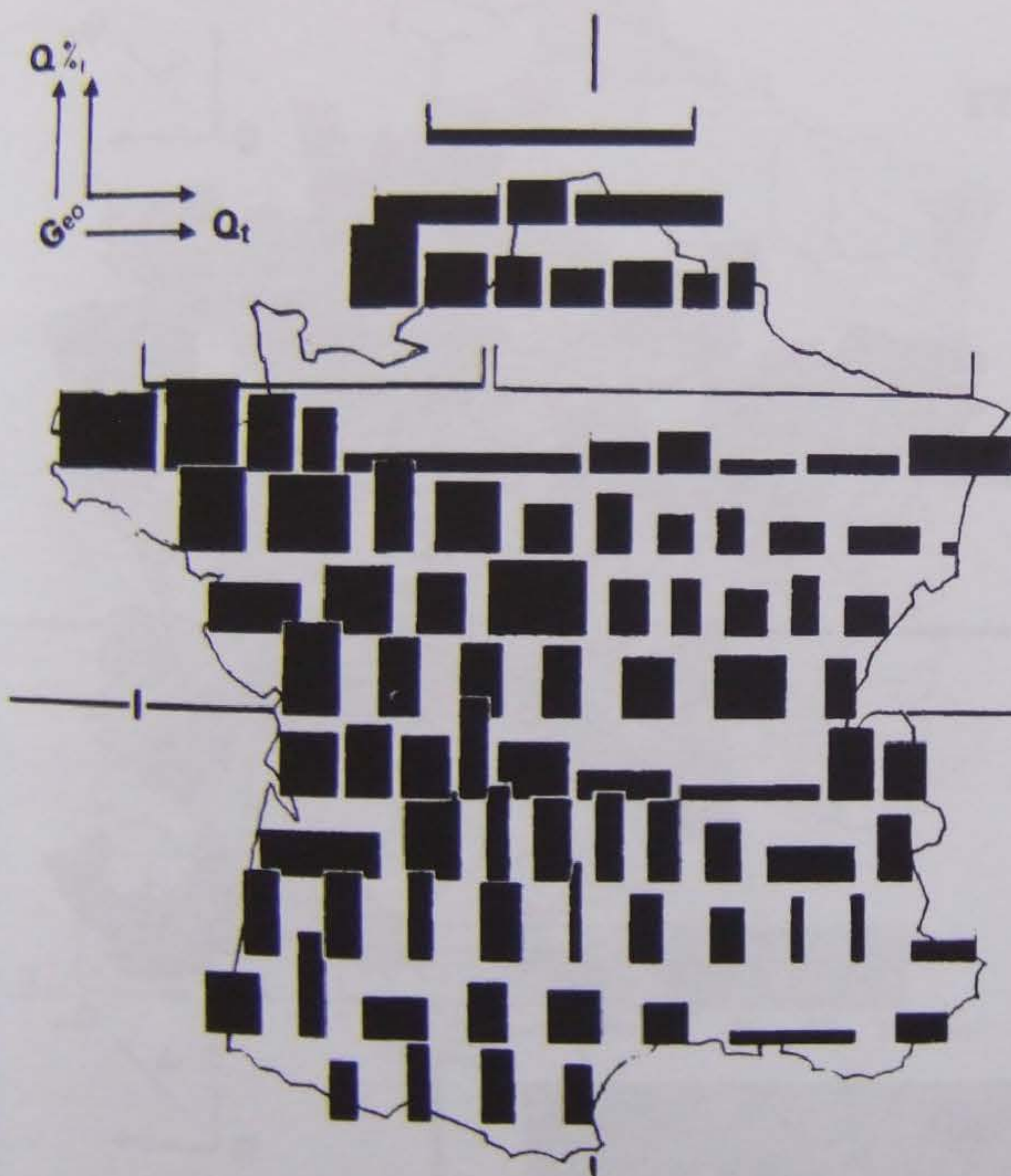
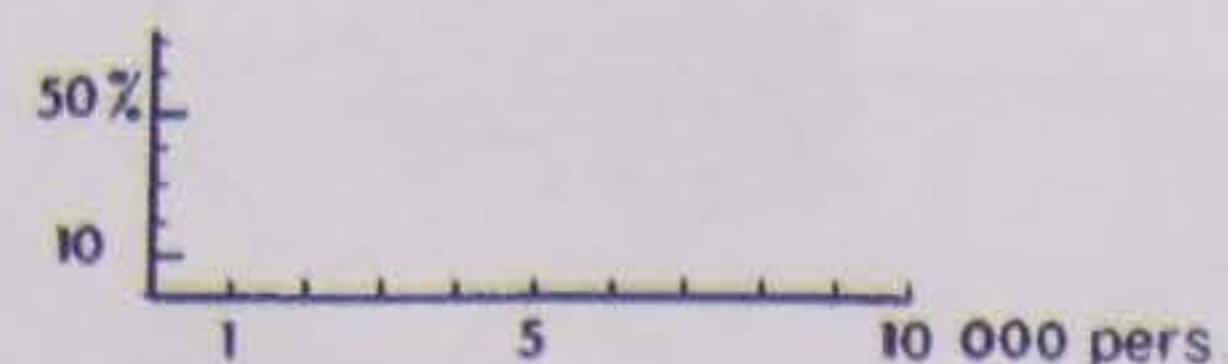


# POURCENTAGE



De même nature quantitative que la précédente, la construction ci-dessus distribue dans chaque département une quantité de noir sensiblement proportionnelle aux nombres de l'information. Il faut noter que cette formule ne peut s'appliquer qu'à l'expression des pourcentages, la largeur constante de la bande correspond à un total constant. La construction est difficile à réaliser.



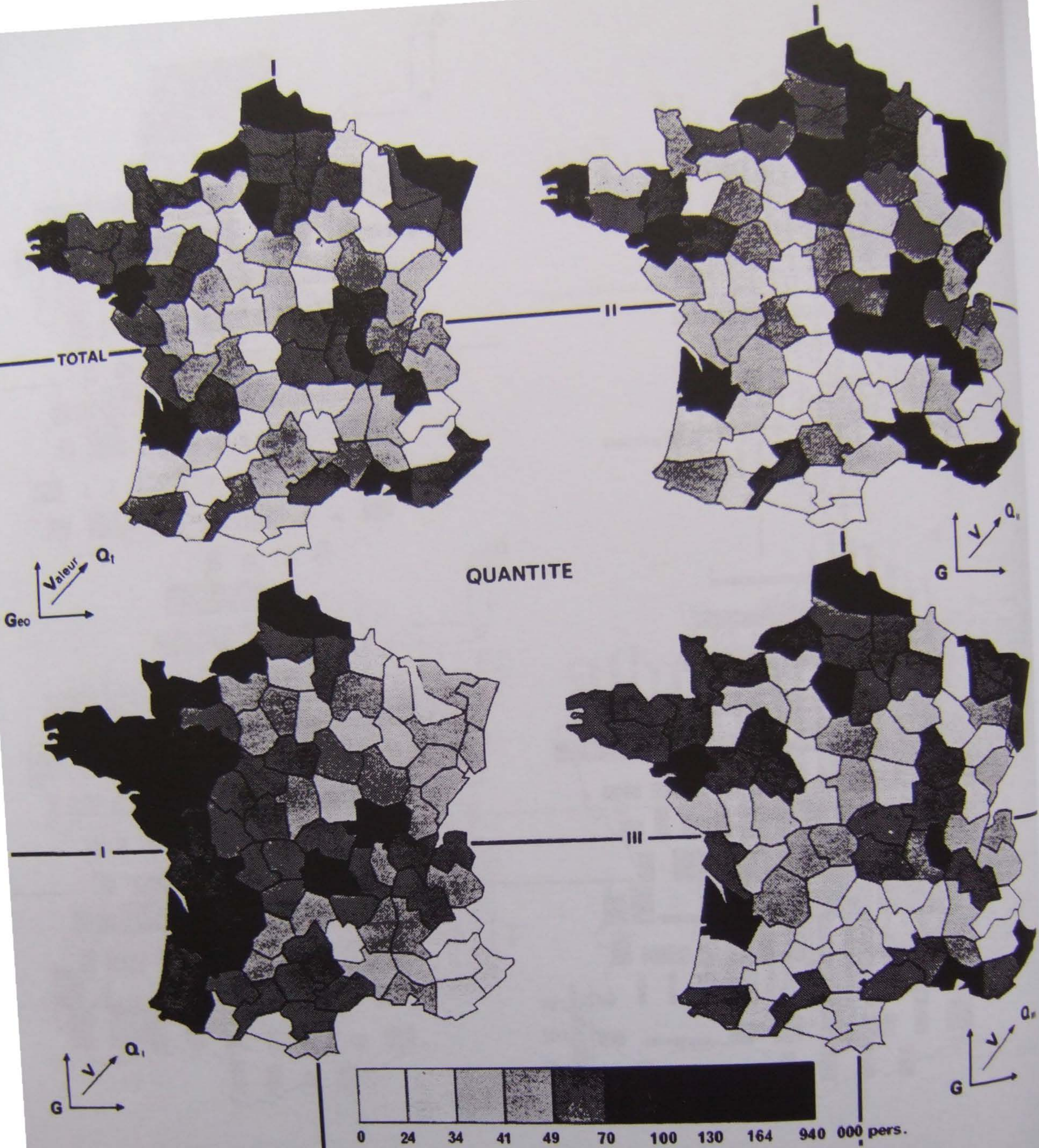


**Cartogrammes**  
Dans les constructions en trois images séparées les quantités absolues n'ont pas encore été représentées. Elles sont sensibles ici, ainsi que les pourcentages. A chaque département correspond un rectangle. Mais les rectangles ont été alignés. Ils ont une *base proportionnelle à la population* active totale, et sont remplis de noir jusqu'à une *hauteur proportionnelle aux pourcentages* respectifs.

La surface du rectangle noir est donc une expression des quantités absolues et la variation en hauteur, une expression du pourcentage. La méthode implique des déplacements par rapport à la position géographique et la région parisienne par exemple mobilise à elle seule une ligne entière.

On notera l'apparition d'une ressemblance entre (II) et (III).





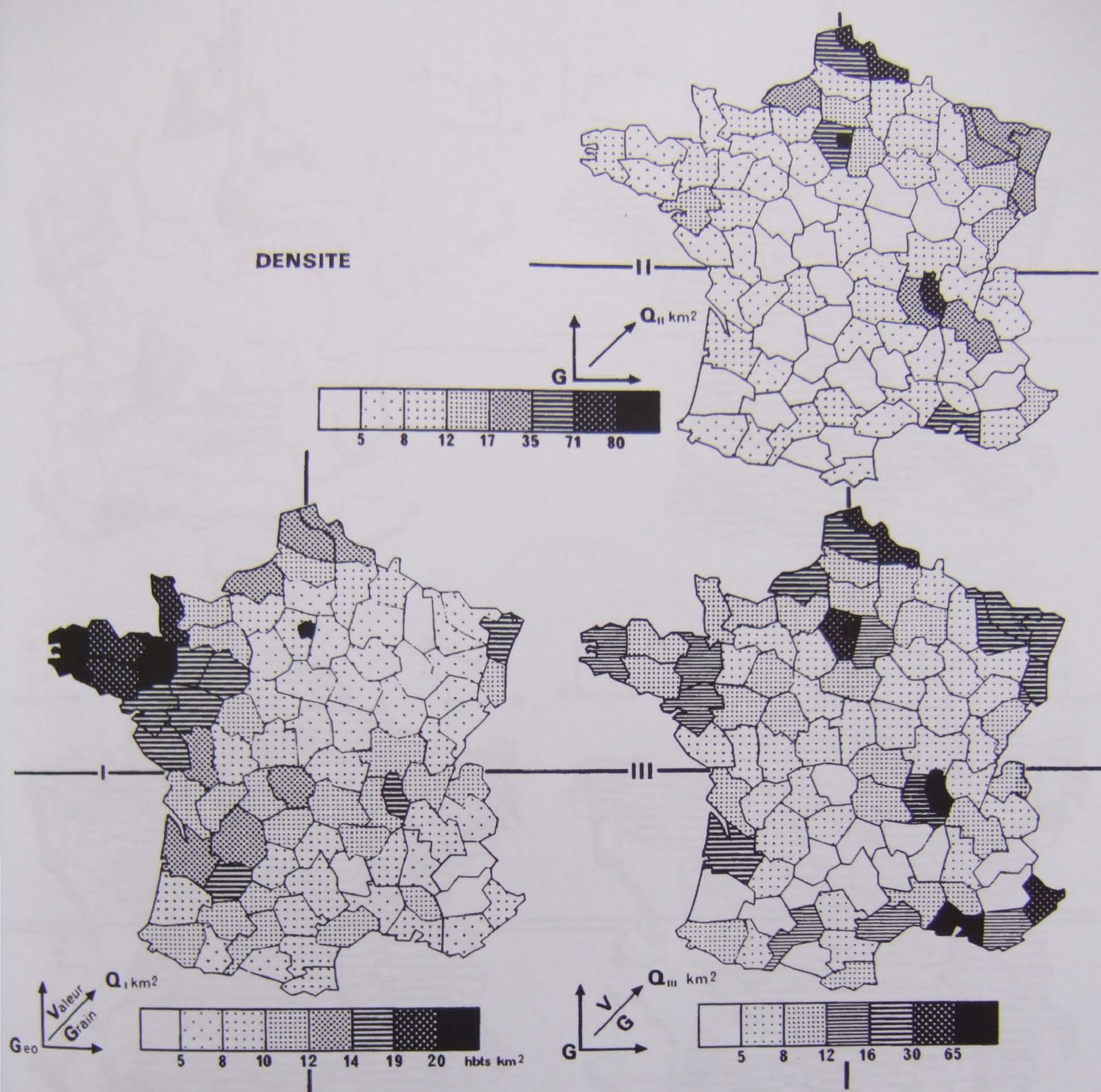
#### Valeurs croissantes

Des paliers de valeur croissante, appliqués à des quantités absolues, aboutissent à des images tout à fait erronées. Il suffit de les comparer à l'expression rigoureuse des quantités (p. 137) pour en juger. Non seulement, les valeurs ne sont pas quantitatives, mais de plus elles s'inscrivent dans des surfaces départementales variables, cette variation étant déjà inscrite dans les nombres à exprimer, puisqu'ils sont de la forme

QS (p. 38). Dans cette formule, il faut faire deux cartes, une pour les quantités, une pour les densités (ci-contre) pour tirer quelque parti de l'information. On notera qu'ici, la valeur seule est employée, il n'y a pas de redondance d'autres variations visuelles. D'où la difficulté de reconnaître exactement tel ou tel palier sensible. Noter aussi la transformation des valeurs de la gamme à la suite des opérations de reproduction.



## DENSITE



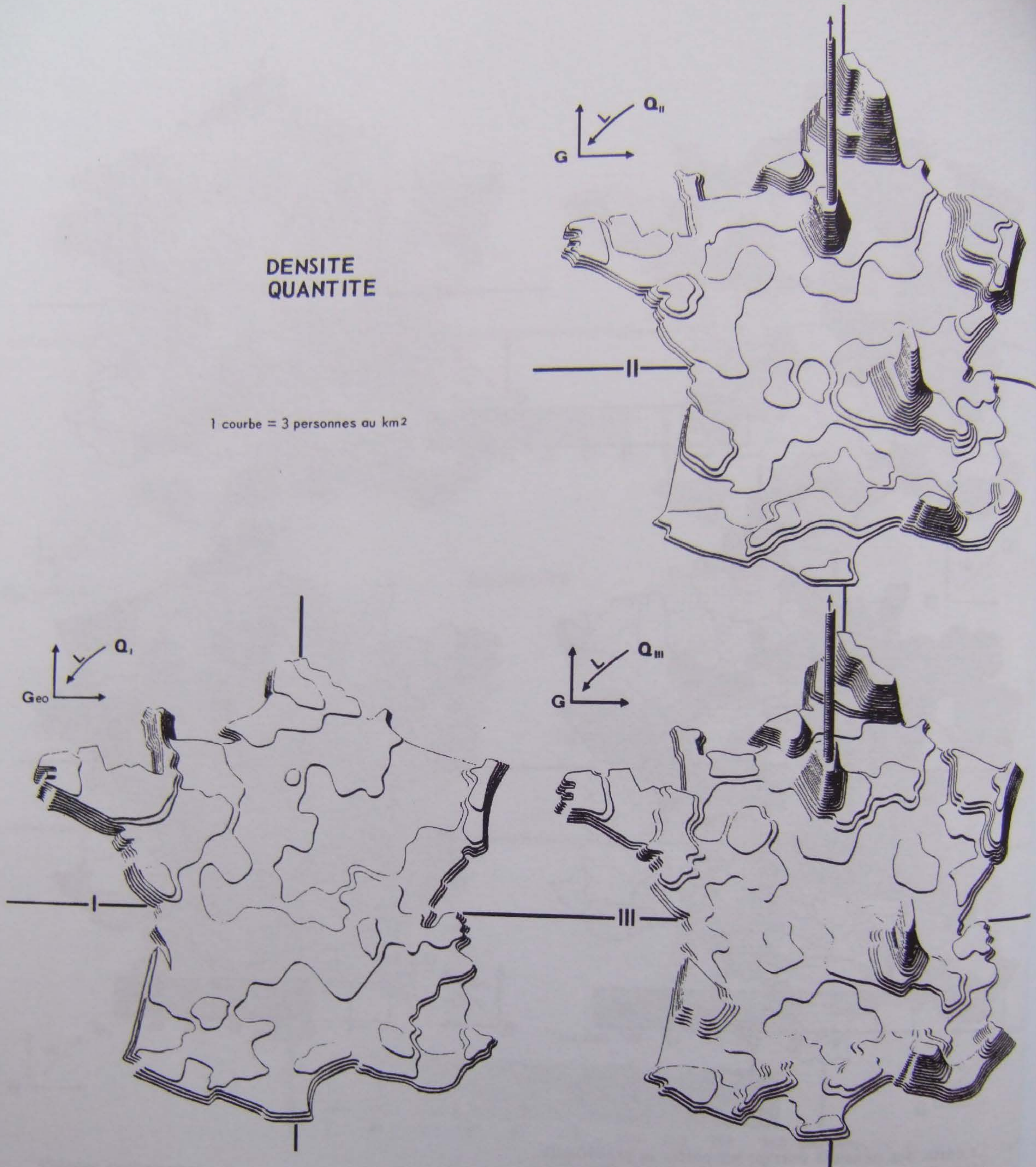
La carte des densités corrige en partie la précédente. Mais elle apparaît comme un autre aspect, différent en tout point et qui nécessite un long effort d'imagination.

La comparaison de toutes les cartes à base de paliers de valeur avec les cartes suivantes souligne largement les défauts de cette formule, qui n'est utilisable que dans la perspective d'un message simplifié et très interprété et est incompatible avec l'inventaire exhaustif et l'image expérimentale.



## DENSITE QUANTITE

1 courbe = 3 personnes au km<sup>2</sup>



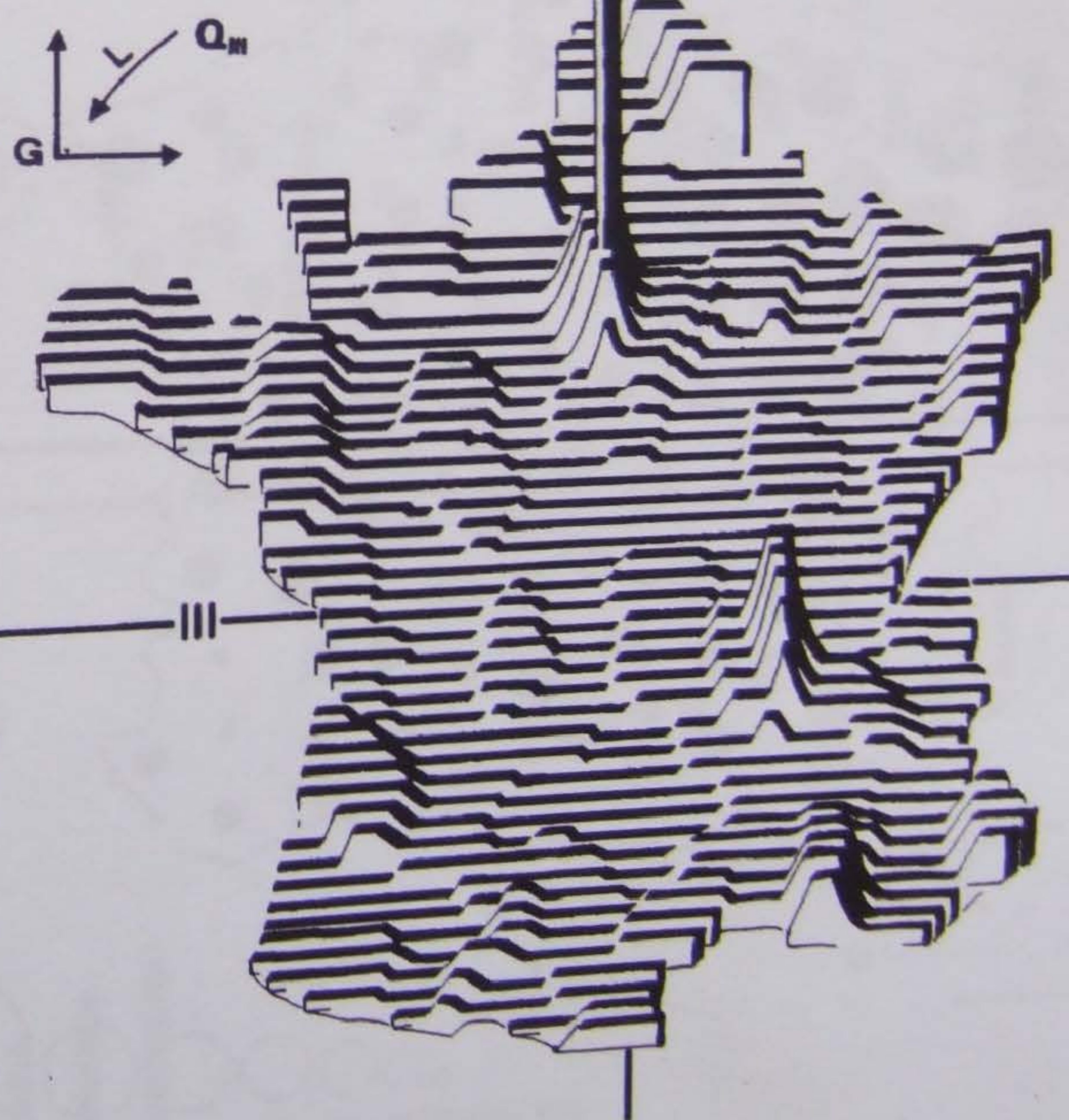
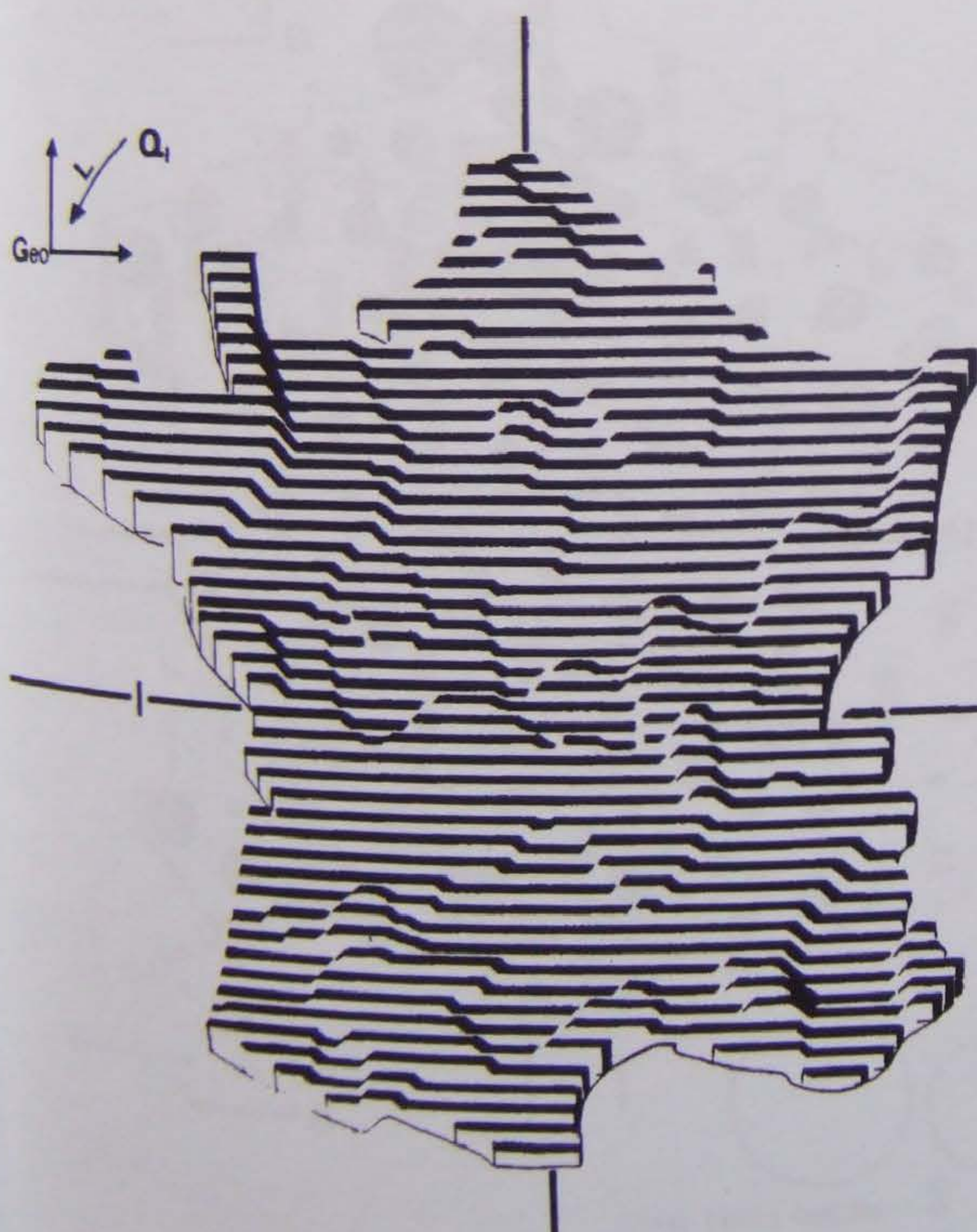
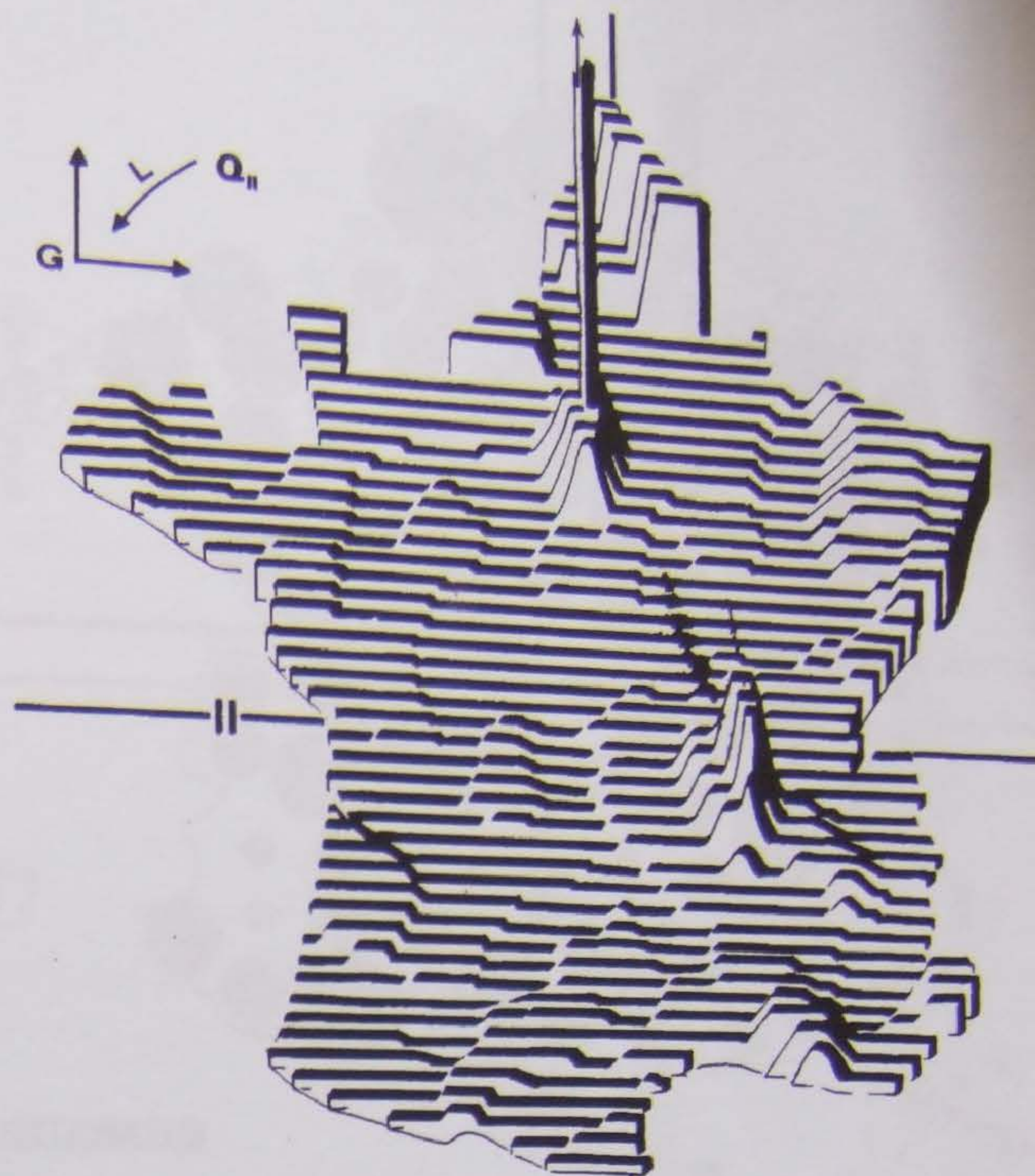
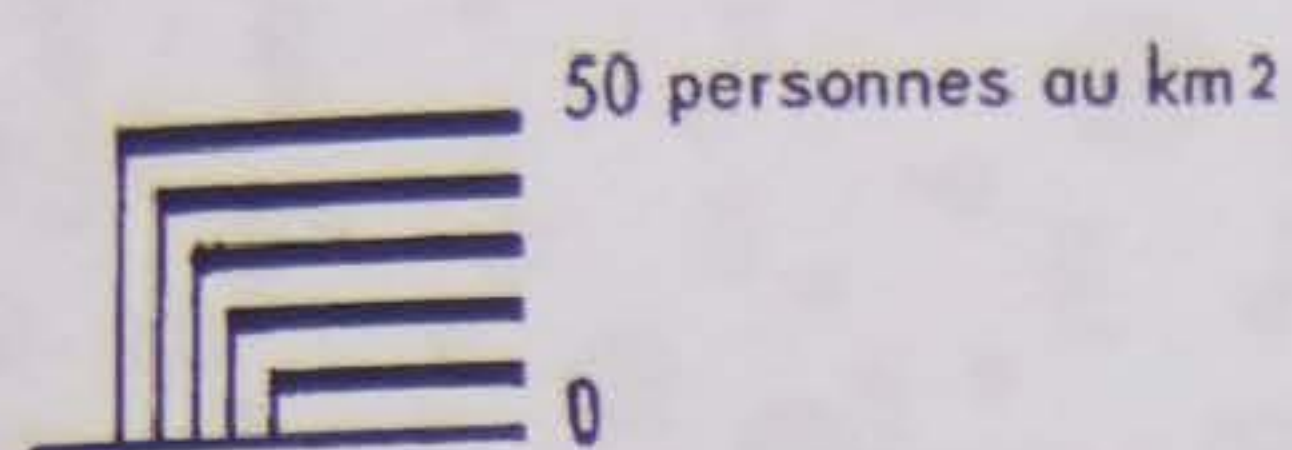
### Stéréogrammes

La courbe d'égalité, appliquée aux densités, conduit aux constructions ci-dessus. Lorsque les quantités sont, comme ici, très étendues (de 2 à 3104), seule la construction en perspective permet de rendre les différences visibles.

La figure évoque alors un volume proportionnel à la quantité totale (densité au km<sup>2</sup> × nombre de km<sup>2</sup>).

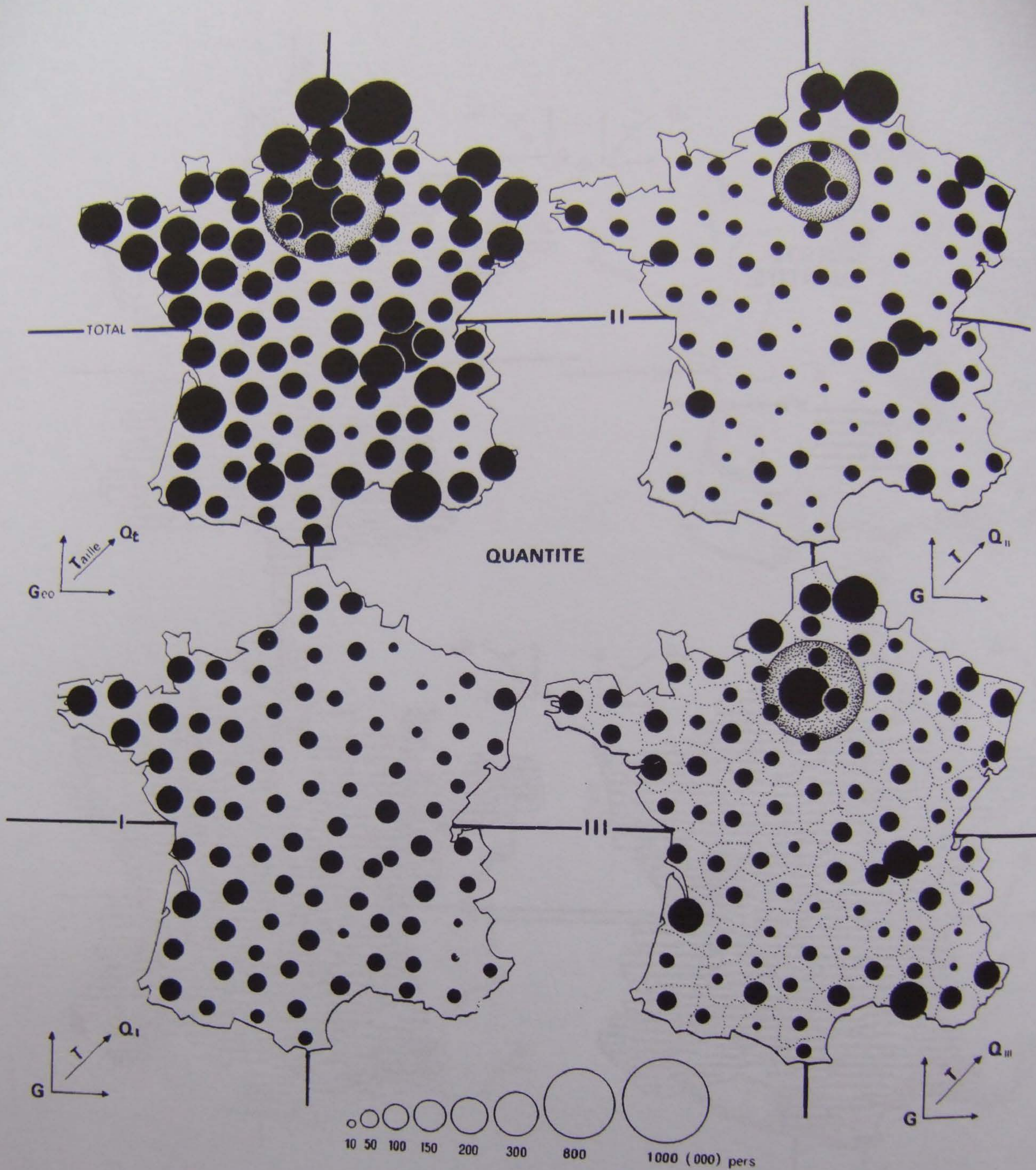


# DENSITE QUANTITE



Ces constructions sont toujours difficiles à réaliser. De même qu'à la p. 125, le volume peut être défini par une série de plans verticaux. Mais ici ils ne permettent pas le pochage de chacune des coupes visibles. Un effet d'éclairage rend cette formule assez spectaculaire. Mais son dessin est très difficile à réaliser.



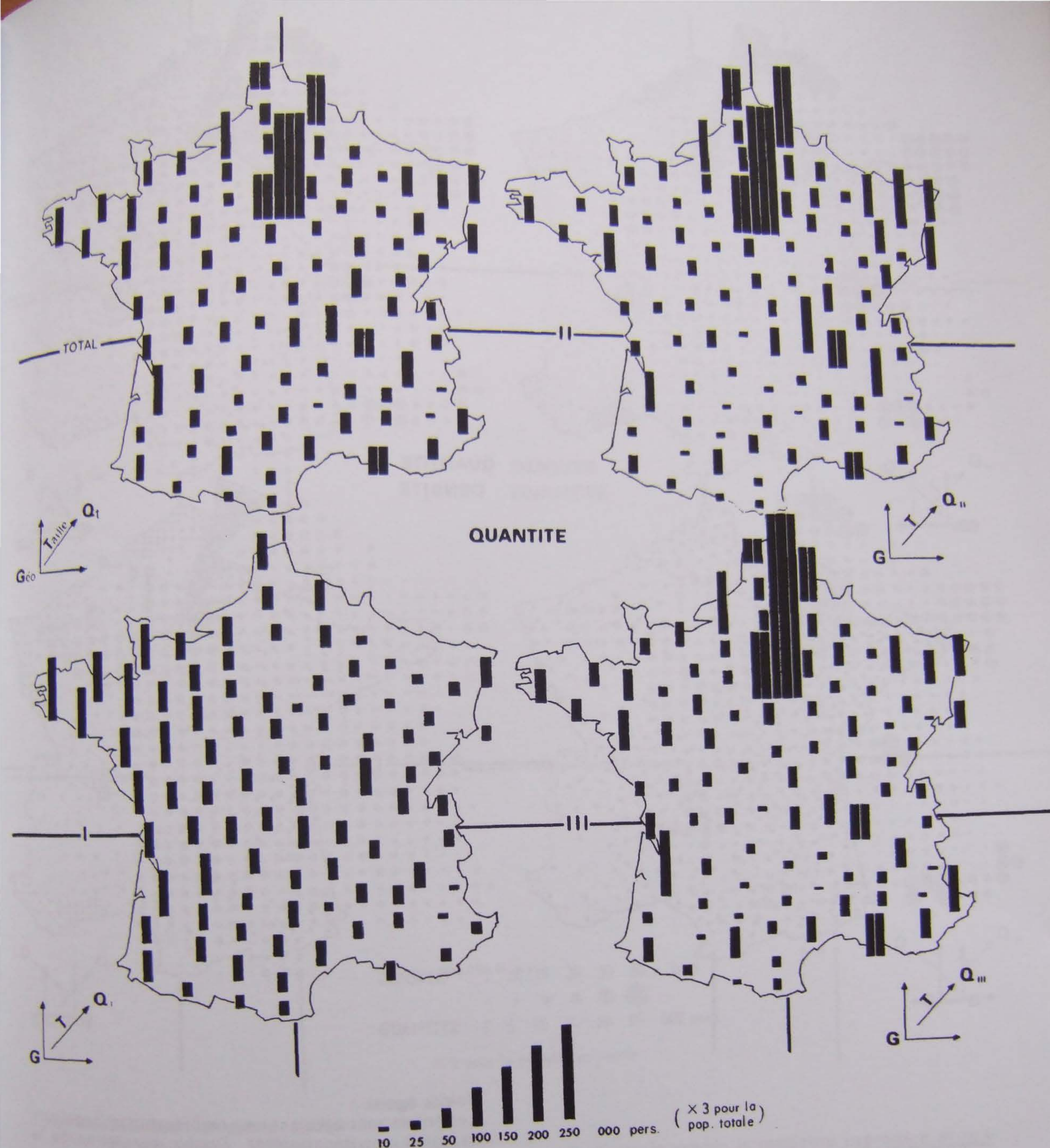


### Tailles ponctuelles

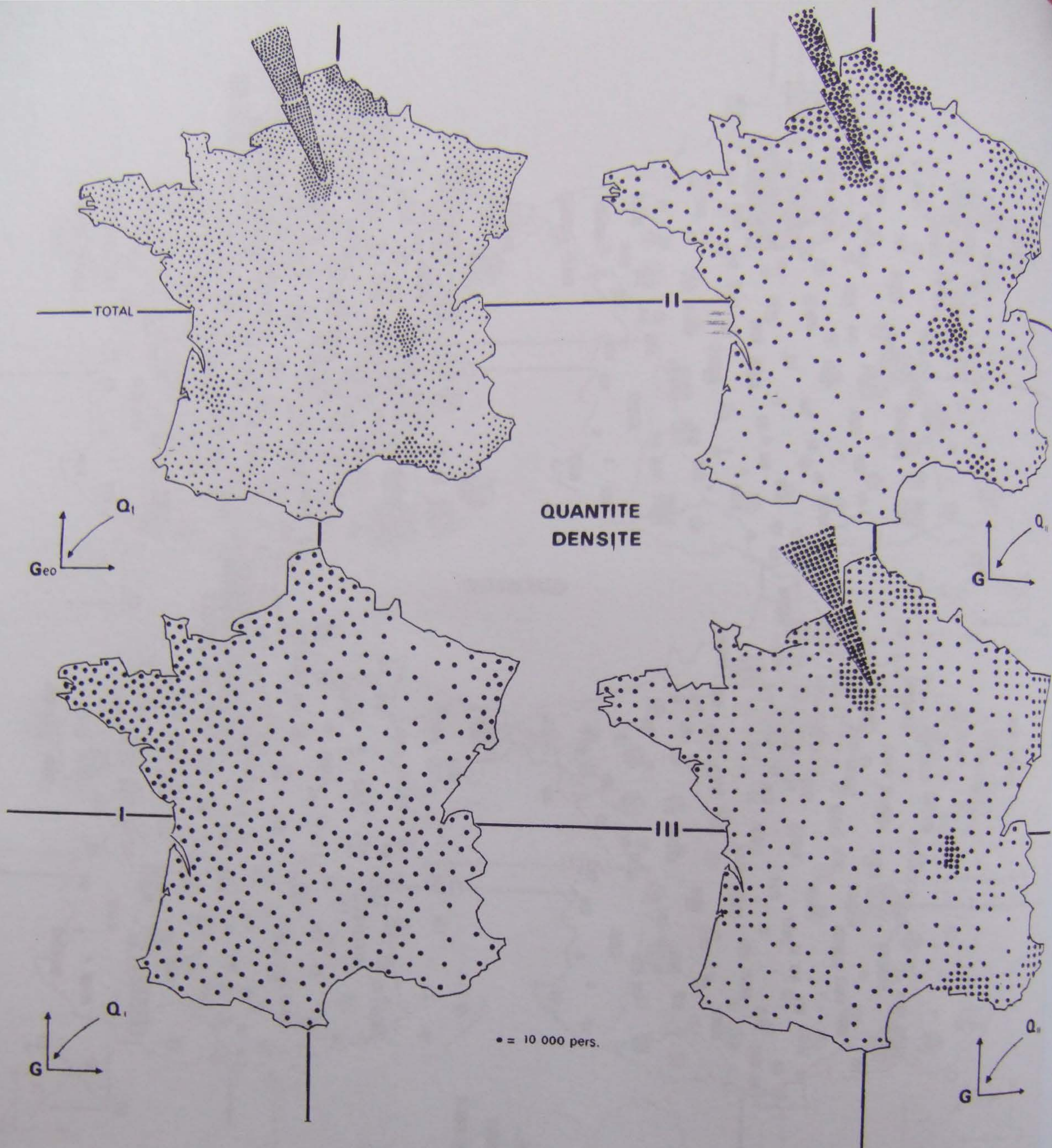
Représentation des quantités par la *taille d'un cercle* départemental. Pour la région parisienne le cercle est "transparent". Construction facile, immédiatement sensible, sans paliers préalables. Mais la perception des densités est pratiquement exclue. Elle serait plus dif-

ficile encore si la taille des départements français n'était pas relativement constante. La population totale apparaît comme le total des trois autres, ce qui est exact mais interdit des comparaisons de distribution avec les secteurs (I), (II) et (III).





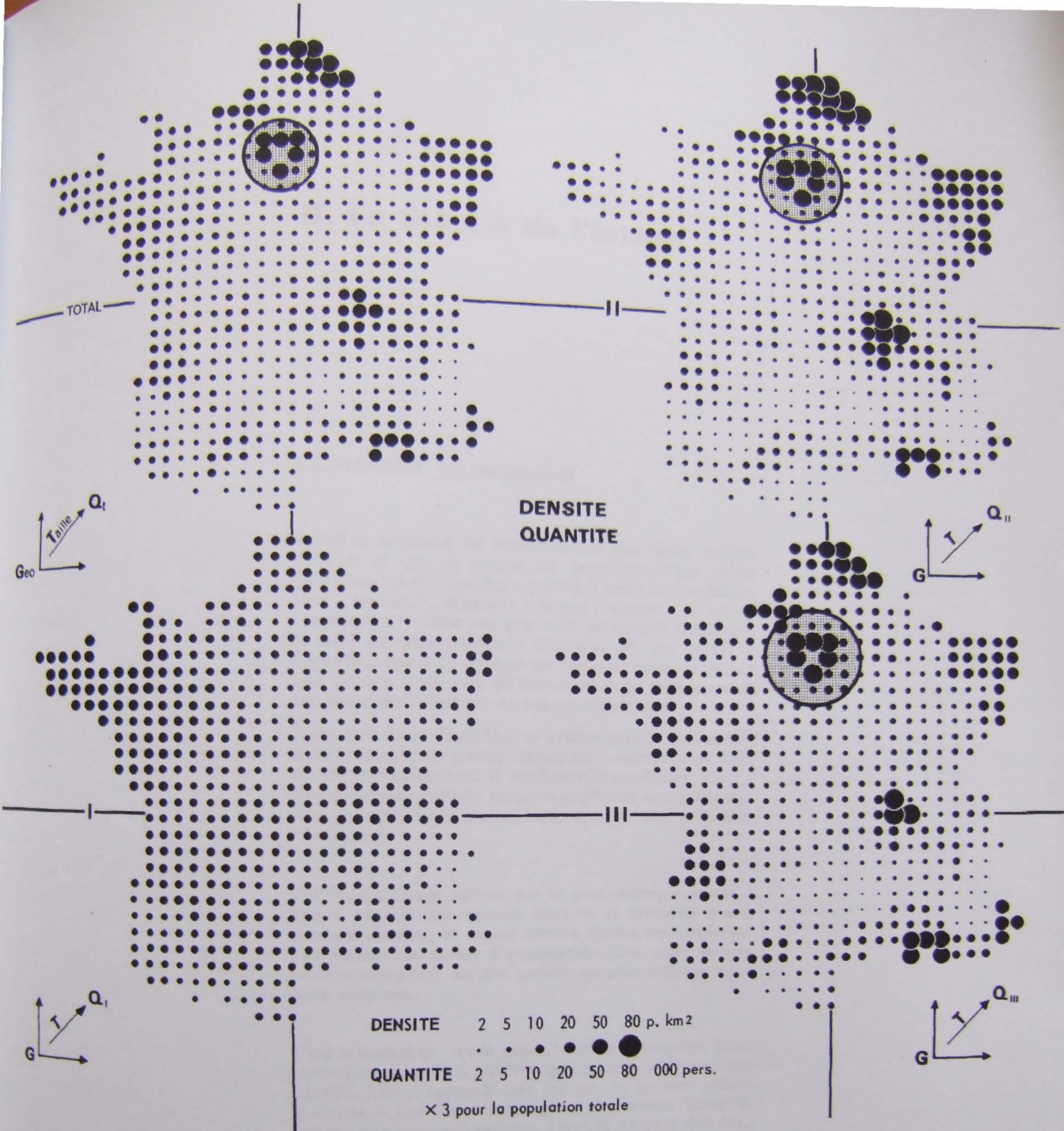




### Points égaux

Les points sont égaux et en nombre proportionnel aux quantités par département. Double perception de la densité (rapport noir/blanc), et de la quantité dans la mesure où les points peuvent être visuellement additionnés. La dimension des points, leur nombre et leur valeur (ici 10 000 personnes) sont entièrement liés. Les points sont trois fois plus petits pour la population totale, ce qui rend la carte comparable aux autres. La représentation de la population parisienne pose un problème, résolu ici par la méthode du "cornet", qui suggère une élévation dans le plan.





#### Tailles croissantes en semis régulier

Même formule que p. 127 appliquée aux quantités absolues.

On remarque que la légende est double. Chaque point exprime à la fois une densité et une quantité. Ainsi, que l'attention se fixe sur la valeur d'un point, ou sur un ensemble de points, l'on perçoit une quantité totale, une densité d'ensemble ou une quantité partielle et une densité élémentaire. Lorsque la surface déterminée par un carré de 4 points représente 1 000 km<sup>2</sup> (ou 100 ou 10...) les mêmes chiffres expriment densité et quantité.

Cette formule semble la meilleure expression géographique de l'information considérée. Si on lui ajoute l'expression des pourcentages (p. 127) l'observateur dispose, en 7 images, du contenu total de l'information sans aucune interprétation. Et les comparaisons deviennent extrêmement aisées, tant sur l'ensemble de la France, que dans toutes les nuances régionales. La corrélation, découverte par les diagrammes, est ici particulièrement spectaculaire.



## **B. La théorie de l'image**

### **L'EFFICACITÉ (ou prégnance)**

Parmi la centaine de constructions que nous venons de voir et que la notion de correspondance entre composantes et variables a permis d'analyser, certaines sont "bonnes", d'autres "moins bonnes", d'autres "mauvaises". Mais ces avis sont purement subjectifs. Il suffit de soumettre une douzaine de ces cartes à l'appréciation d'un groupe de lecteurs pour constater que chacun a un avis différent, basé le plus souvent sur des considérations de nature esthétique.

Il importe donc de définir un critère précis, mesurable, à partir duquel on puisse classer les constructions, définir incontestablement la meilleure et expliquer, s'il y a lieu, pourquoi certains lecteurs préfèrent une construction et certains une autre. Nous appellerons ce critère "l'efficacité".

**L'EFFICACITÉ est définie par la proposition suivante :**  
**Si pour obtenir une réponse correcte et complète à une question donnée, et toutes choses égales, une construction requiert un temps d'observation plus court qu'une autre construction, on dira qu'elle est plus efficace pour cette question.**

C'est la notion de "coût mental" de la perception mise en évidence par G.K. ZIPF\* appliquée à la perception visuelle. Elle n'apparaît que lorsque le lecteur utilise le dessin à des fins sémantiques c'est-à-dire lorsqu'il se pose une question précise. Dans la plupart des cas, la différence entre une construction efficace et une inefficace est extrêmement nette et peut dépasser l'heure. Nous en verrons plusieurs exemples.

L'efficacité est liée à la facilité que rencontre le lecteur à chacune des opérations mentales groupées dans ce que l'on appelle la lecture d'un dessin. L'ensemble des observations qui facilite la lecture forme la "théorie de l'image". Elle conduit aux règles de construction et est développée en cinq points.

\* Georges Kingsley ZIPF. The psycho-biology of language. Mifflin 1935 et divers (Harvard University).



# 1. LES ÉTAPES DU PROCESSUS DE LECTURE

Lire un dessin, c'est procéder plus ou moins rapidement à diverses opérations successives :

## L'IDENTIFICATION EXTERNE.

Nous avons vu, p. 19, qu'avant toute chose le lecteur doit concrétiser, *dans sa pensée* les composantes et l'invariant mis en œuvre dans un dessin. Le dessin (2) n'a évidemment aucune signification si l'on n'a d'abord compris (1). L'identification externe repose sur les habitudes acquises, sur la reconnaissance de mots, de formes ou de couleurs. Elle permet de découper dans le monde des connaissances le domaine précis traité par la figure, et l'on peut dire qu'une information n'est que la constatation de relations nouvelles entre des concepts déjà connus.

## L'IDENTIFICATION INTERNE.

Le lecteur doit ensuite reconnaître *dans le dessin* par quelles variables visuelles chacune des composantes est représentée (p. 24). Dans de nombreux diagrammes, la disposition des mots permet de lier les deux opérations. Le nom de chaque composante est inscrit sur la dimension du plan qui la représente (1). Mais dès qu'une variable rétinienne s'impose, il faut une légende pour en préciser sans ambiguïté la signification.

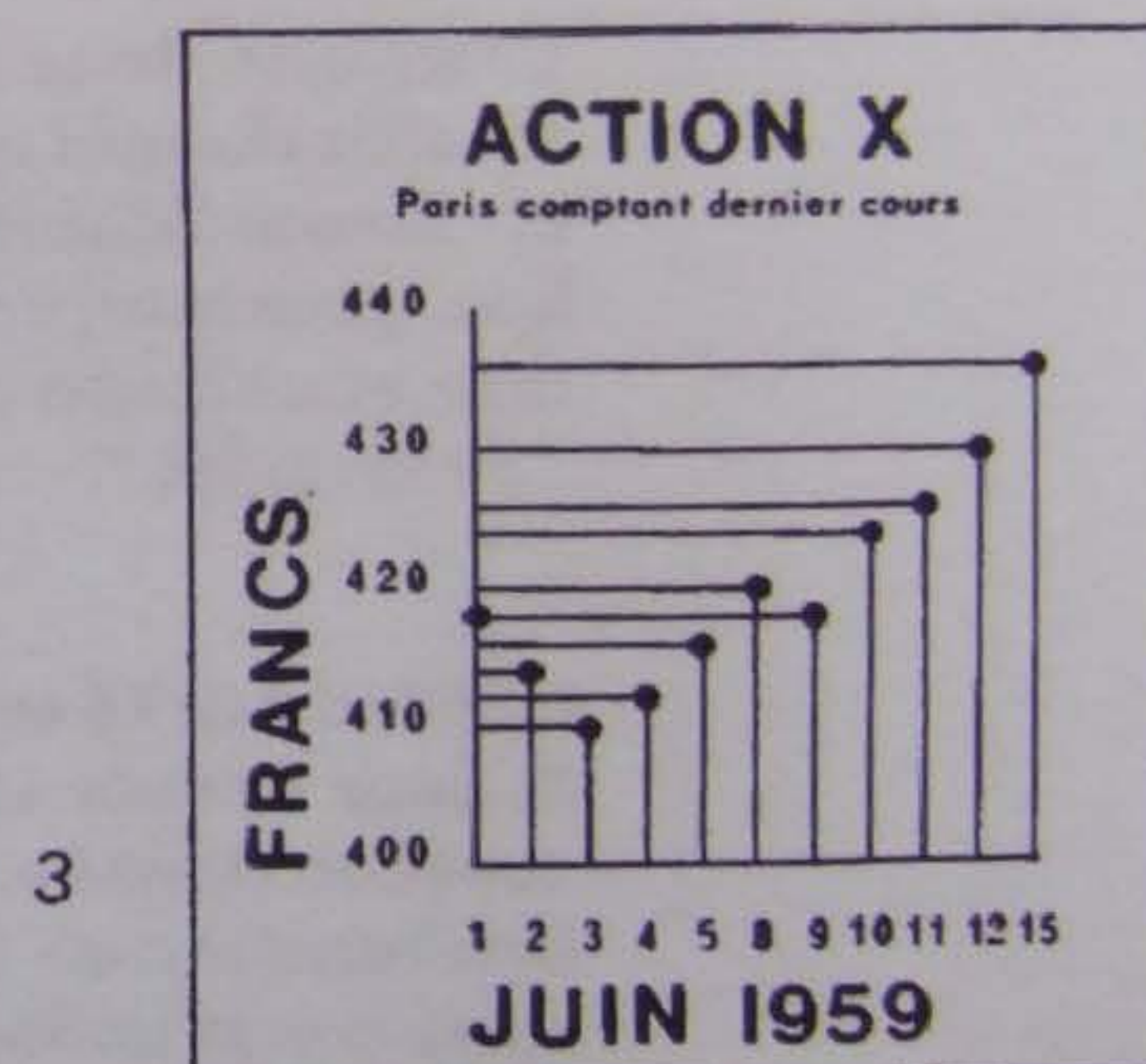
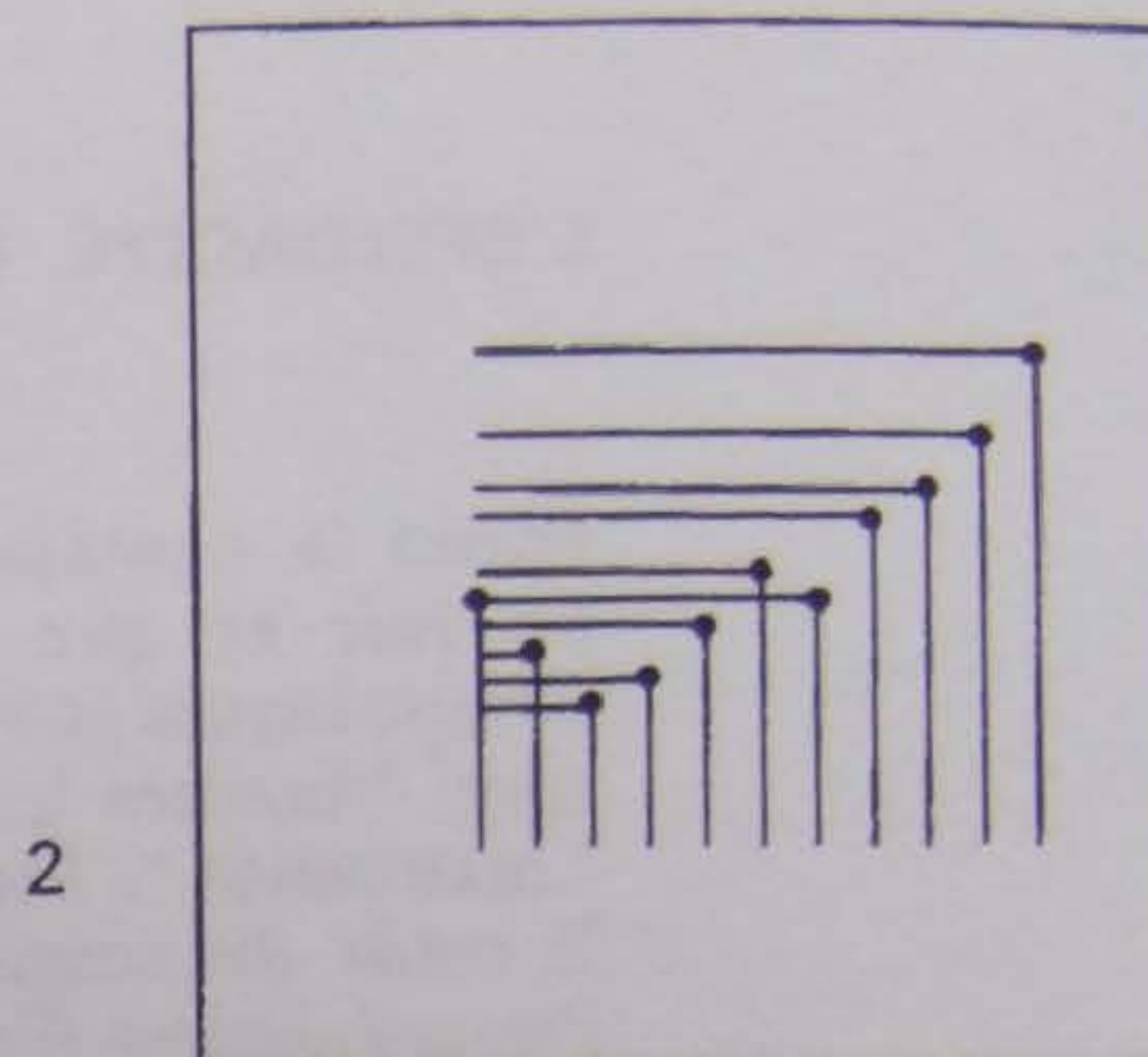
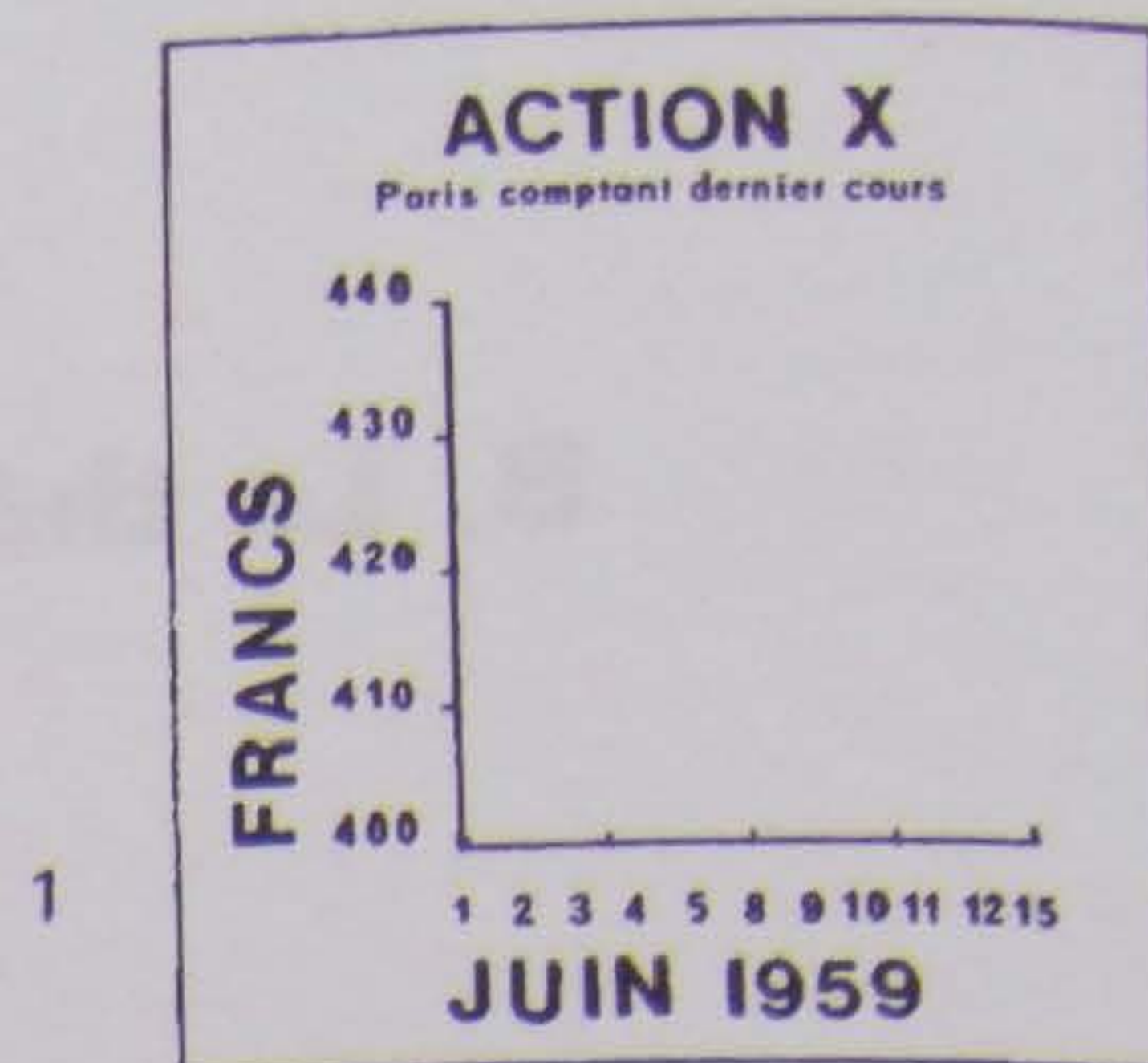
Ces deux étapes d'identification, qui peuvent être plus ou moins rapidement franchies (la prise de connaissance complète et définitive de la légende de la p. 156 demande plusieurs heures) précèdent toujours la préhension de l'information proprement dite, c'est-à-dire :

## LA PERCEPTION DES CORRESPONDANCES ORIGINALES.

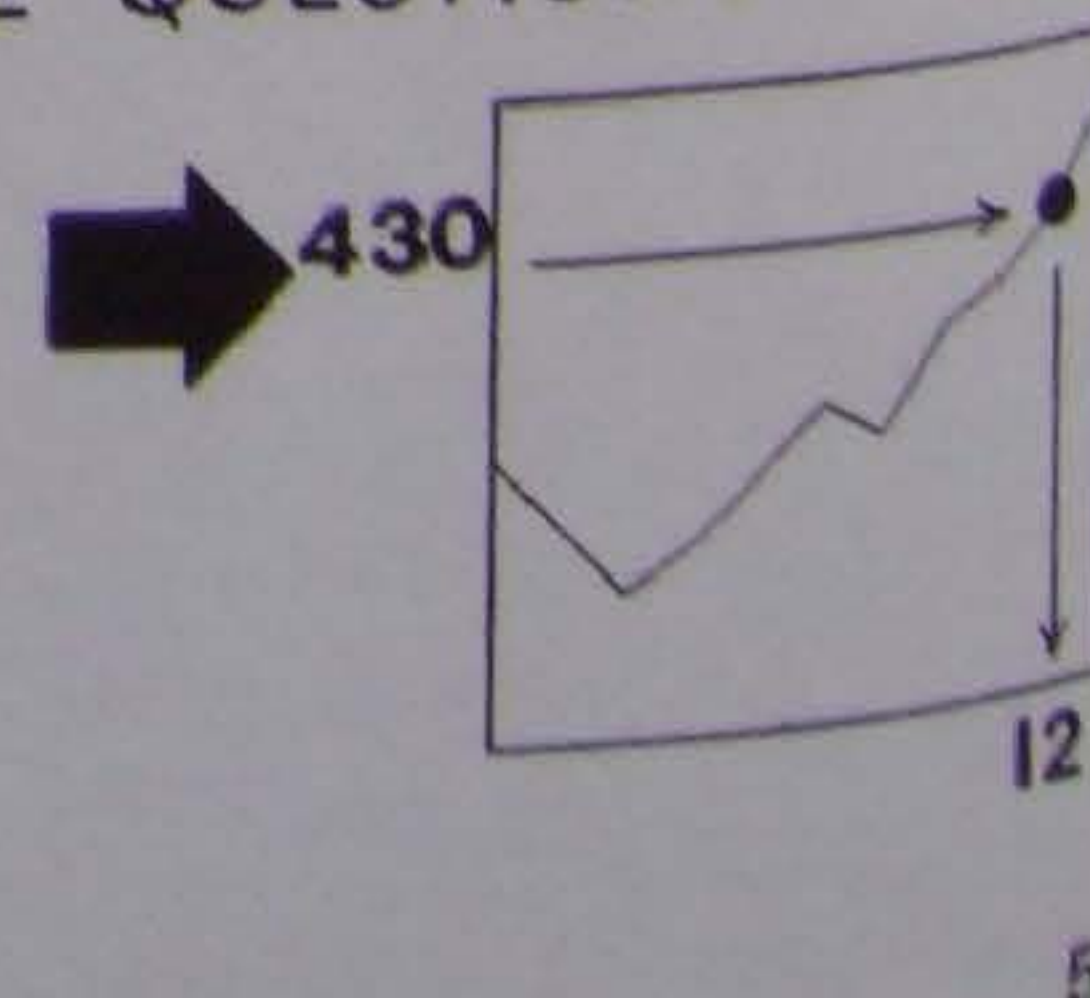
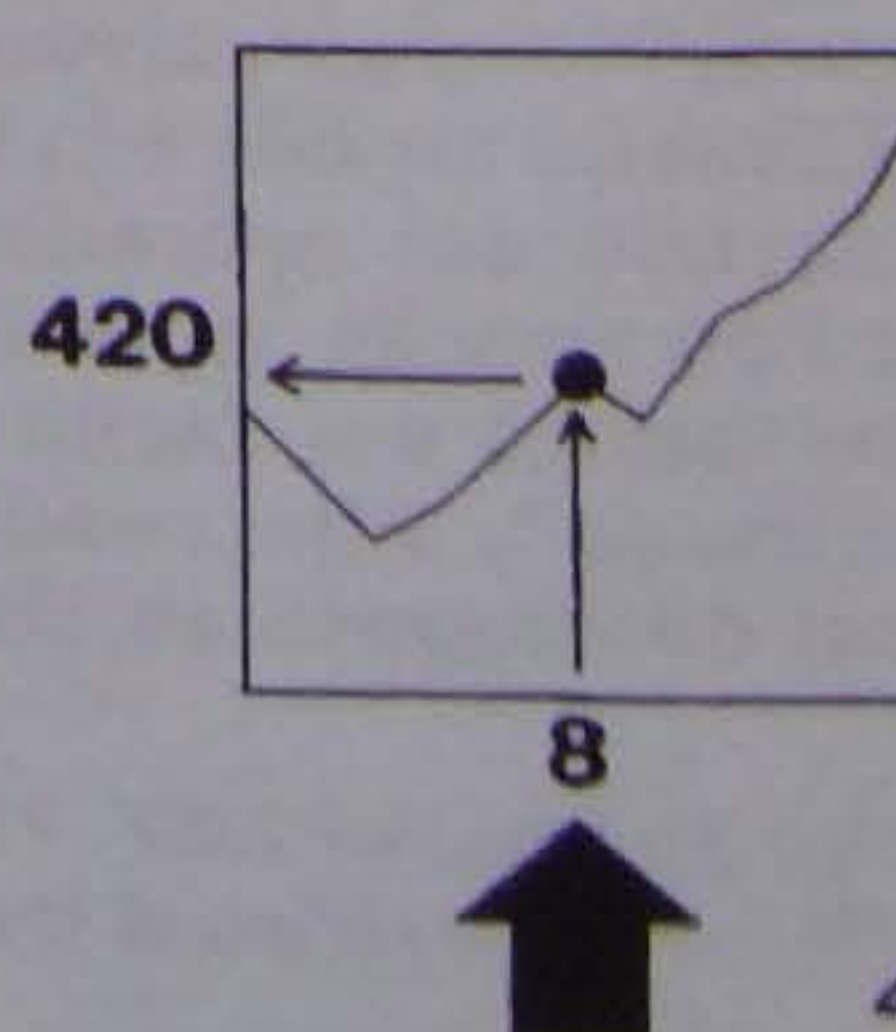
L'identification terminée, d'après les mots et la disposition des composantes, le lecteur est prêt à percevoir la série des correspondances originales (2) que le dessin dégage de toutes les correspondances possibles. (1) et (2) sont évidemment toujours superposés et forment (3). S'informer, percevoir des correspondances originales consiste en fait à formuler une question, consciente ou non :

"A telle date, quel est le cours de l'action X ?"

Les questions peuvent être très différentes. Mais pour chaque information elles sont en *nombre fini* et peuvent être toutes rigoureusement définies.



## TYPES DE QUESTIONS





## 2. LES QUESTIONS POSSIBLES

### LES TYPES DE QUESTIONS.

Devant le diagramme (3) deux types de questions peuvent être formulés :

"Tel jour (le 8), quel est le cours de l'action X ?"

Réponse : 420 F (4).

"Tel cours (430 F), quel jour a-t-il été atteint ?"

Réponse : le 12 juin (5).

Il y a autant de types de questions que de composantes dans une information. Chaque composante fournit un type de question.

### LE NIVEAU DES QUESTIONS OU NIVEAU DE LECTURE.

Mais une autre distinction s'impose. En effet dans un type donné de questions il faut distinguer entre :

a) **Les questions introduites par un seul élément** de la composante et aboutissant à une seule correspondance.

Exemple : "à telle date, quel est le cours de l'action X".

Il n'y a qu'une date d'entrée, et à cette date il n'y a qu'une correspondance originale, un seul point. (6)

C'est le *niveau élémentaire de lecture*.

Ces questions tendent à sortir de la représentation, à utiliser celle-ci comme un réservoir d'information dont on extrait un renseignement élémentaire pour le transcrire dans un autre langage ou dans une autre image.

b) **Les questions introduites par un groupe d'éléments** ou de catégories, et aboutissant à un groupe de correspondances. Exemple : "Dans les trois premiers jours, quelle a été l'évolution du cours ?"

Réponse : baisse du cours (7).

Ces questions sont très nombreuses puisque l'on peut former tous les groupes résultant de la combinaison des catégories de la composante d'entrée.

Ce sont les *niveaux moyens de lecture*.

Ces questions tendent à "réduire" la longueur de la composante, à découvrir, en fonction de l'information, des groupes d'éléments ou de catégories homogènes, moins nombreux que les catégories originales et par

conséquent plus facile à comprendre et à mémoriser. C'est le processus interne du "traitement de l'information".

c) **La question introduite par l'ensemble de la composante.** Exemple : "durant toute la période, quelle a été l'évolution du cours ?" Réponse : montée du cours (8). C'est le *niveau supérieur ou lecture d'ensemble*.

Cette question tend à réduire toute l'information à une unique relation d'ordre entre les composantes. Elle permet de mémoriser l'ensemble de l'information et de le comparer à une information nouvelle. C'est le processus externe du traitement de l'information.

On peut donc dire :

- devant une information il y a autant de types de questions que de composantes.

- dans un type de questions il y a trois niveaux de lecture :

- le niveau élémentaire

- les niveaux moyens

- le niveau supérieur ou lecture d'ensemble

- toute question peut être définie par son type et par son niveau.

Ainsi, à partir du moment où les composantes d'une information sont définies et leur longueur connue, et avant tout essai de représentation, il est possible d'établir la liste de toutes les questions qu'un lecteur peut pertinemment poser, ce qui revient à dire :

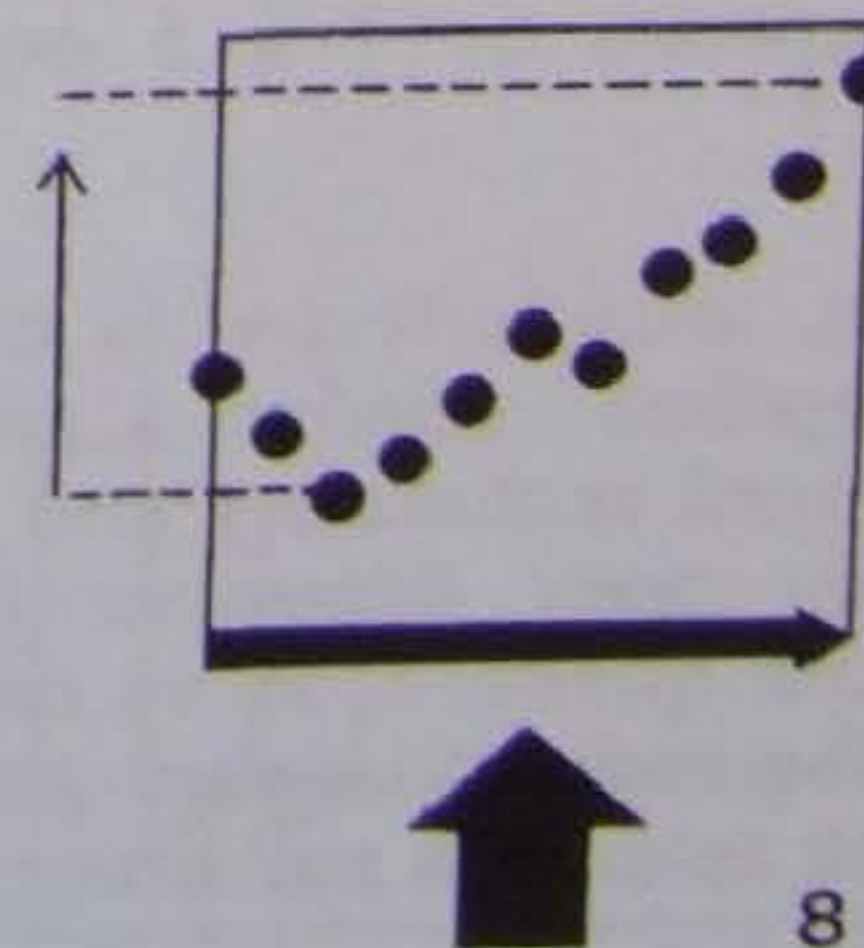
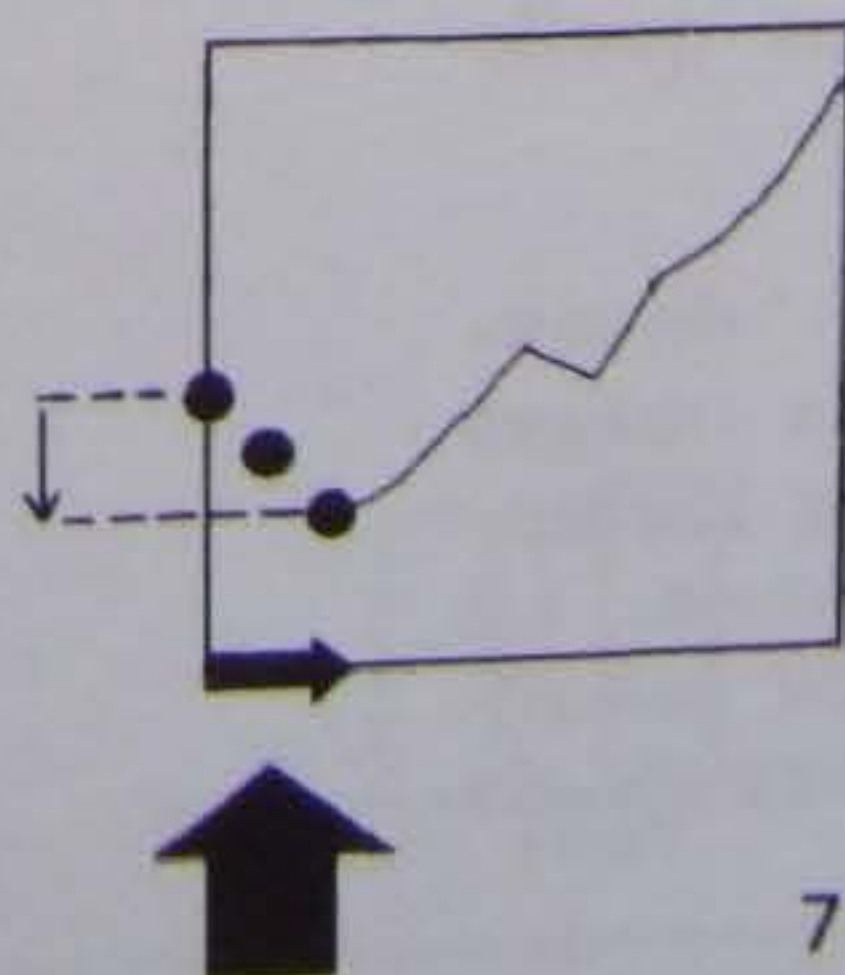
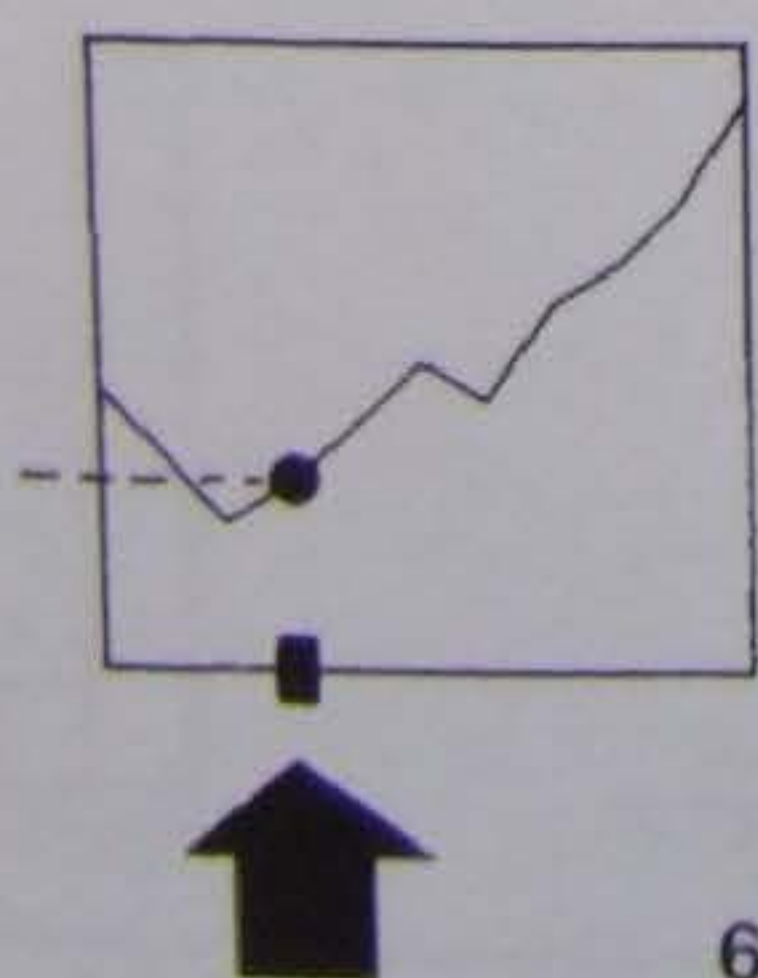
**Il est possible de définir en termes de composantes, de variables et de longueur, tous les objectifs qu'une information peut viser.**

Cette analyse permet d'établir, si besoin est, la liste réduite des questions qui auront une réponse instantanée, c'est-à-dire de construire un dessin en fonction d'un objectif précis.

Elle permet aussi d'expliquer pourquoi, devant un dessin donné, les avis peuvent être partagés, les uns se posant des questions qui entrent dans la liste des réponses instantanées, les autres se posant des questions dont la réponse ne peut résulter que d'une série d'observations élémentaires.

Mais qu'est-ce qu'une réponse instantanée, qu'est-ce qu'une image ?

### NIVEAUX DE LECTURE





### 3. DÉFINITION DE L'IMAGE

La perception d'une correspondance originale définie par une question comporte :

- a) une identification d'entrée (à telle date);
- b) une correspondance (un point);
- c) une identification de sortie (la réponse tant de francs).

Cette perception implique que l'œil puisse isoler la date d'entrée de toutes les autres dates et **PENDANT UN INSTANT DE PERCEPTION ne plus voir que la ou les correspondances définies par cette identification d'entrée, mais LES VOIR TOUTES.**

Pendant cet instant l'œil doit pouvoir faire abstraction de toutes les autres correspondances. C'est la *sélection visuelle*.

On constate que dans certaines constructions, l'œil est capable d'englober toutes les correspondances définies par toute identification d'entrée dans un "seul coup d'œil", dans un seul instant de perception. Les correspondances se voient en une seule *forme* visuelle.

Nous appellerons **IMAGE** la forme *significative* perceptible dans l'instant minimum de vision.

La courbe du cours de l'action X est construite en une image et toute question reçoit une réponse instantanée.

Mais dans d'autres constructions la réponse à certaines questions ne peut résulter que de l'accumulation dans la mémoire de plusieurs images successives. Soit l'information : masse des salaires répartie suivant les branches d'activité et la dimension des entreprises

INV. - Masse des salaires distribués par les entreprises

COM. -  $\neq$  cinq branches d'activité

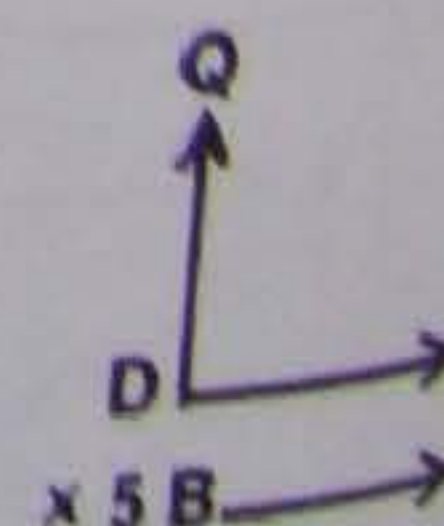
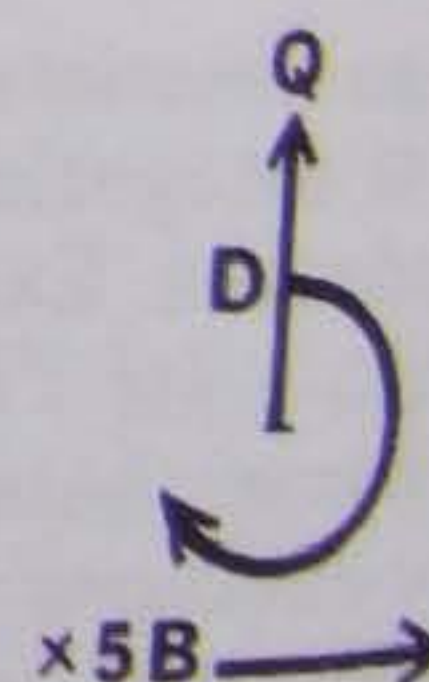
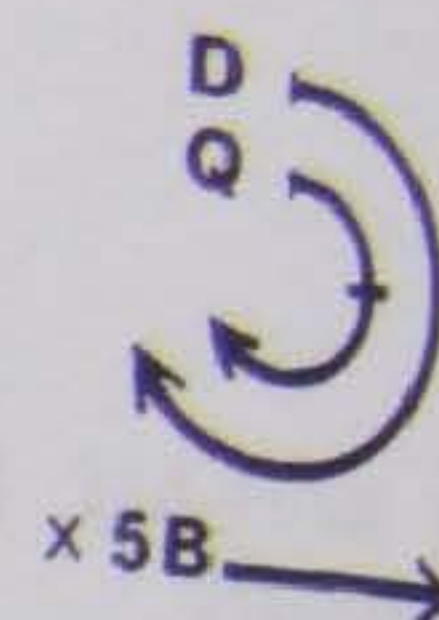
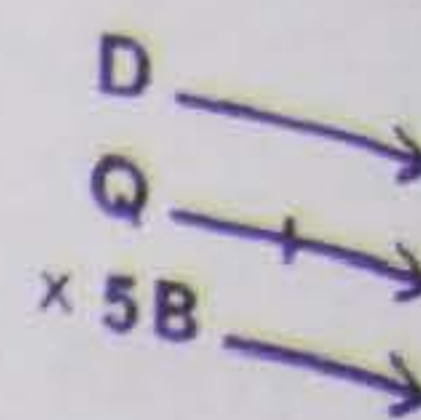
Q pour 100 par branche, suivant

O cinq catégories de dimension d'entreprise.

Cette information peut donner lieu aux diverses constructions classiques ci-contre.

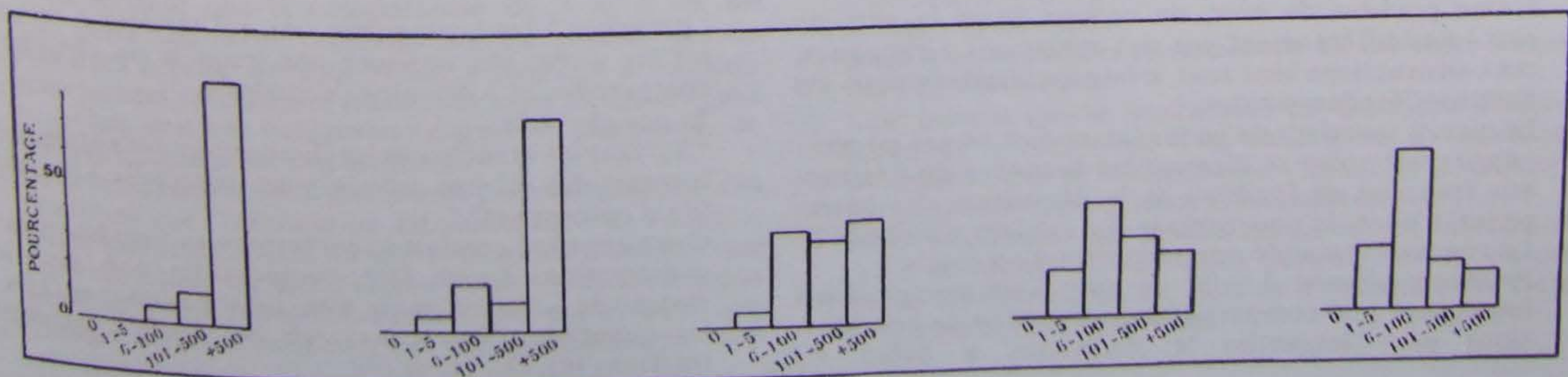
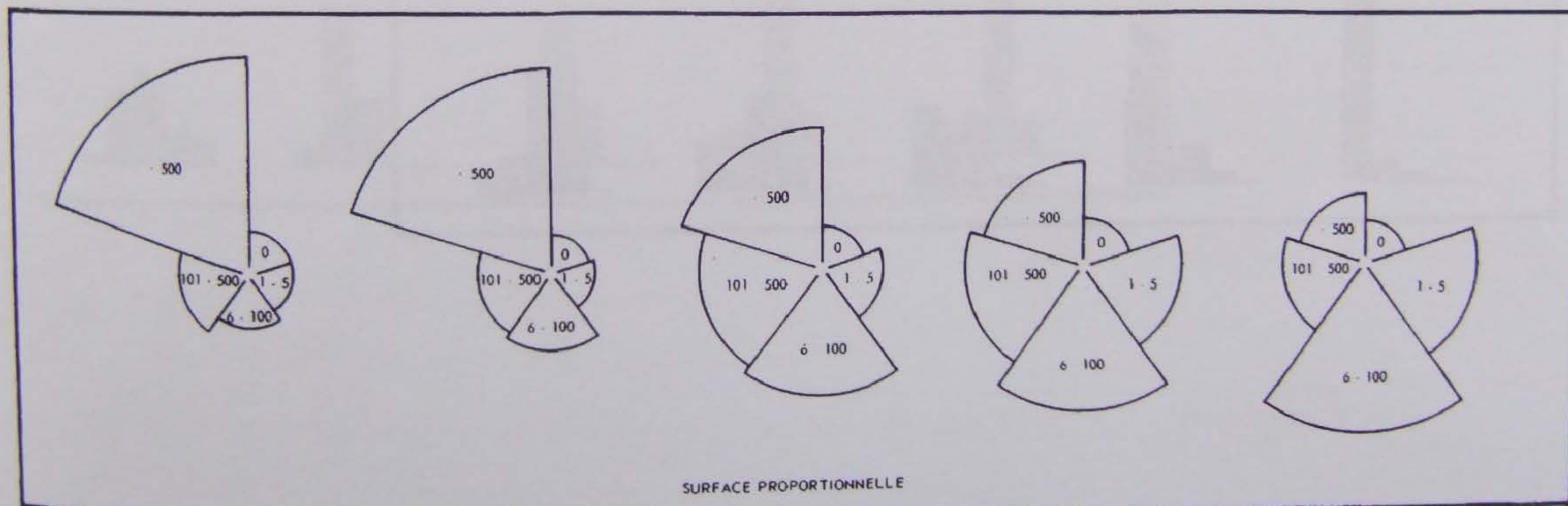
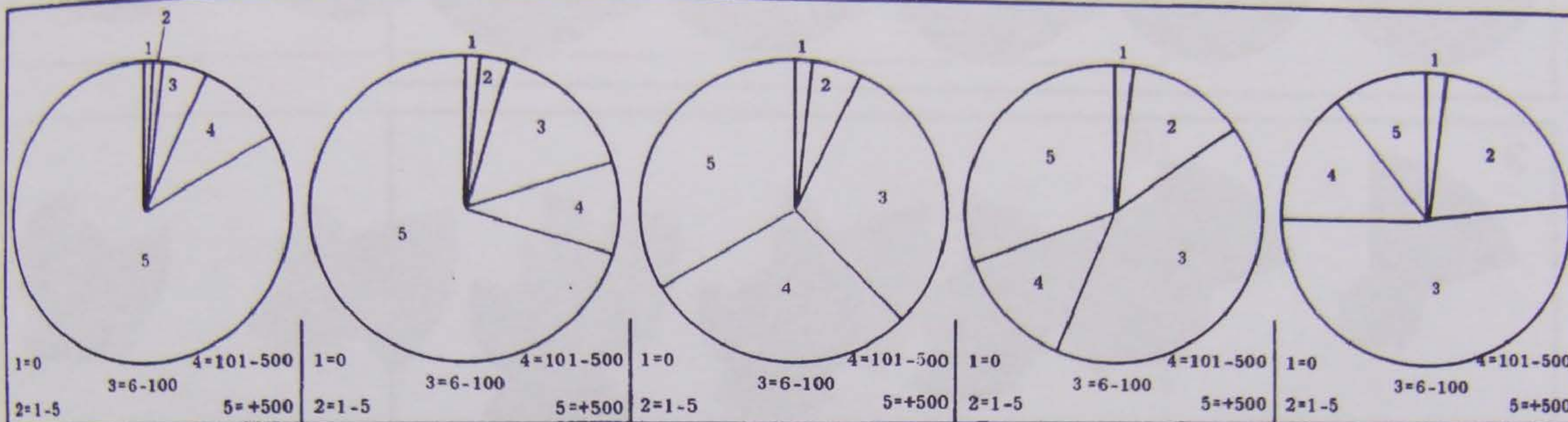
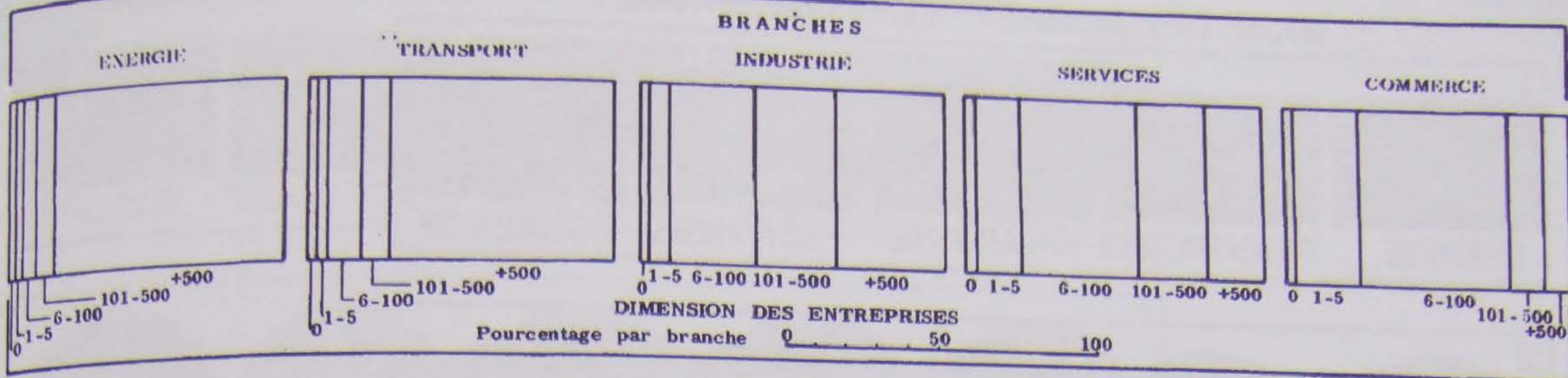
Soit la question : " Dans quelle catégorie d'entreprise trouve-t-on la plus grande masse de salaires distribués dans la branche du commerce ? " Toutes les constructions permettent de trouver assez rapidement la réponse. Soit maintenant la question " Dans quelle branche d'activité trouve-t-on le plus fort pourcentage distribué dans les entreprises de 1 à 5 ouvriers ? " ce qui peut aussi se dire : " le plus fort pourcentage distribué dans les entreprises de 1 à 5 ouvriers, dans quelle branche est-il ? "

Cette question, introduite par la composante " dimension des entreprises " conduit à comparer des images qu'il faut d'abord rechercher une à une, puis mémoriser et classer pour découvrir la plus grande. La réponse à toute question de ce type n'est pas instantanée, elle demande plusieurs instants successifs de perception, au moins un par branche.



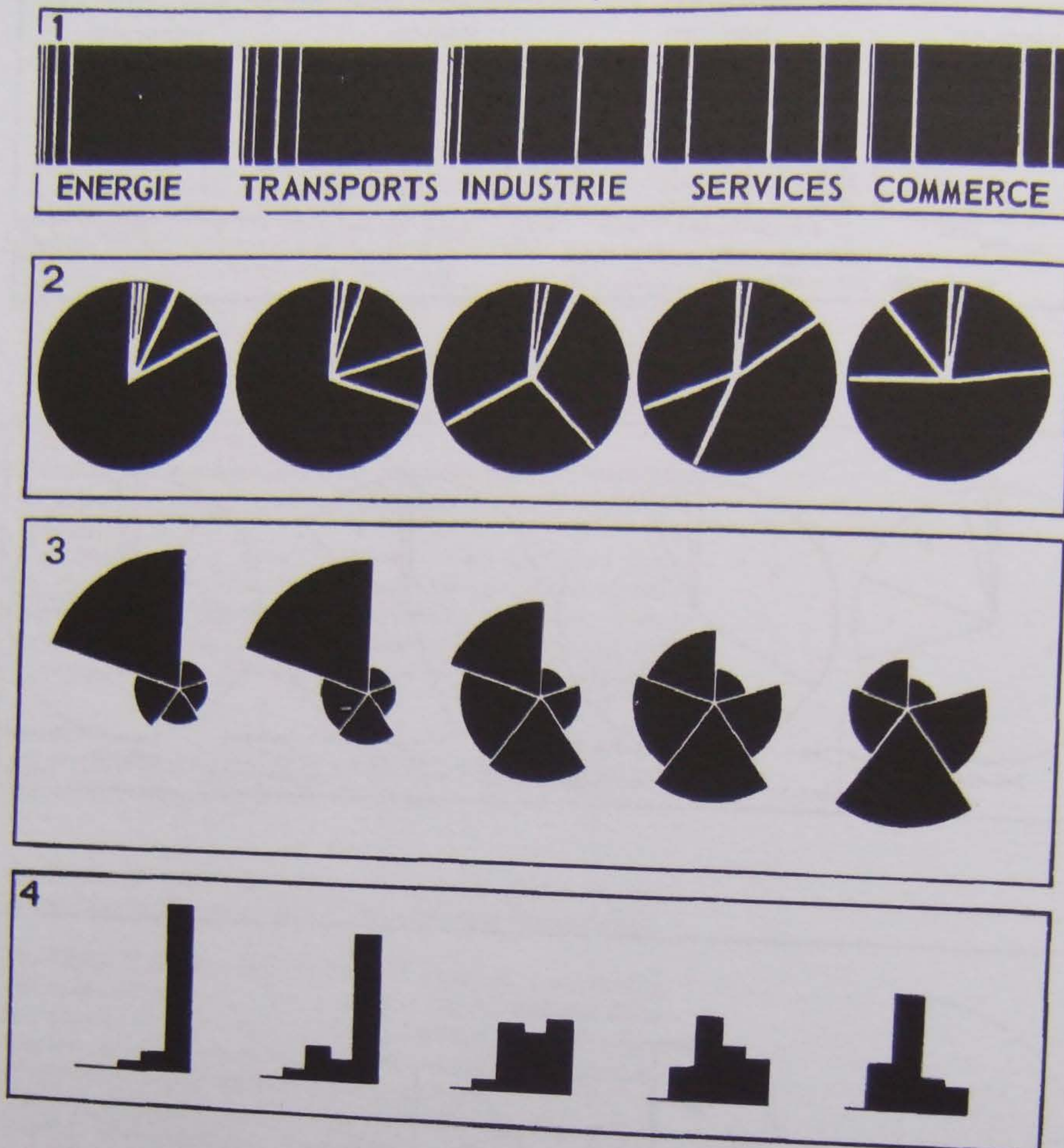


# MASSE DES SALAIRES EN %





## MASSE DES SALAIRES ( EN POURCENTAGE )



### L'inefficacité des figurations

Même pochées de noir, ou comme nous le verrons plus loin, différenciées par des variations rétinienne, ces constructions sont tout à fait inutilisables pour les questions fondamentales.

Le niveau supérieur de lecture se traduit en ces termes : "dans quel ordre se classent les branches de l'économie française en fonction de la dimension des entreprises, d'après le pourcentage des salaires distribués ?" La réponse demande une reconstruction totale.

Pour le souligner, il suffit de concevoir une question impliquant une comparaison externe, une de ces questions pour lesquelles le statisticien a défini les

"branches", les "catégories" et qui tendent à comparer les divers témoignages par lesquels on cherche à comprendre et à orienter l'économie.

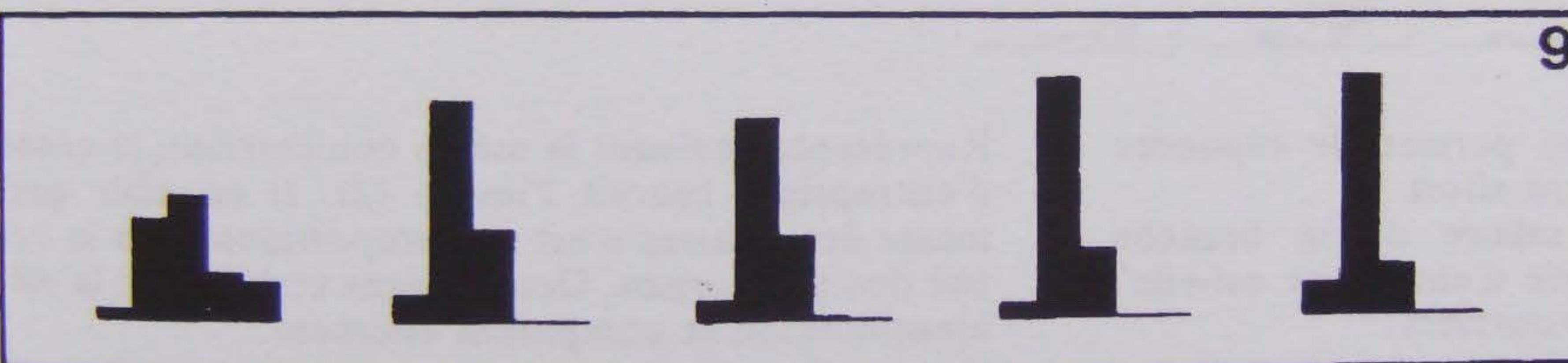
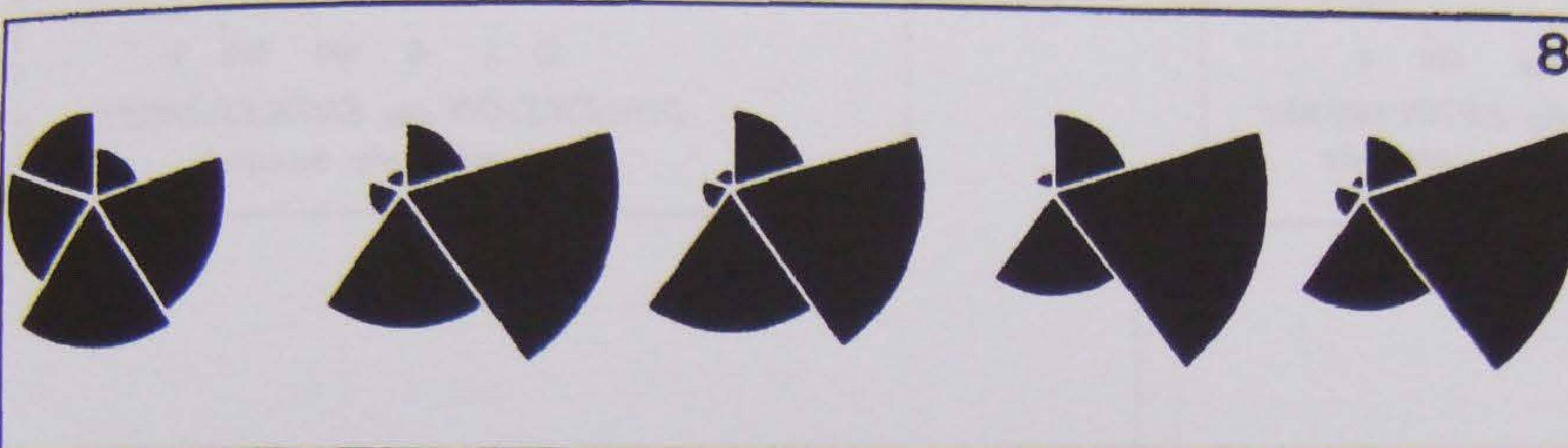
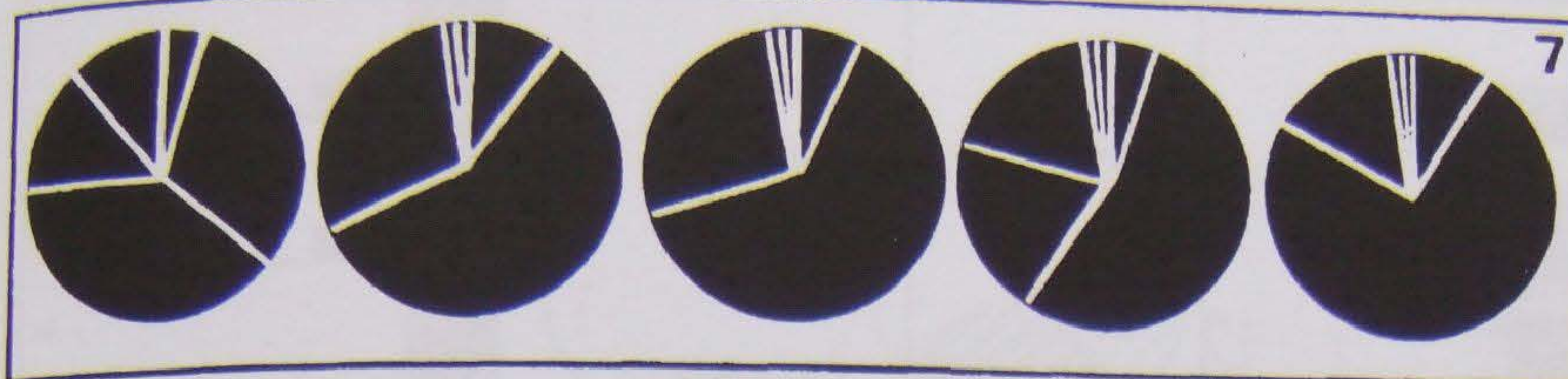
Et par exemple :

"Suivant les branches et les dimensions des entreprises la masse des salaires est-elle proportionnelle à la quantité d'entreprises ?"

Cette question conduit à représenter, suivant les mêmes constructions (pour être comparable) non plus les masses de salaires, mais une information nouvelle : les quantités d'entreprises, ce qui fournit les constructions (6), (7), (8) et (9).



# NOMBRE D'ENTREPRISES ( EN POURCENTAGE )



Il est évident que la comparaison de 1 et 6 ou de tout autre couple de constructions ne permet pas de répondre à cette question. Pour y parvenir il faudrait sélectionner et ordonner successivement 50 images (par branches puis par catégories) classer et comparer, ce qui est visuellement impossible.

Ces constructions sont inefficaces pour la majorité des questions que l'information est susceptible de susciter. Cette inefficacité tient au grand nombre d'images que l'œil est obligé de sélectionner et de mémoriser pour parvenir à une réponse correcte, et il est évident que l'image d'ensemble d'une de ces constructions, que

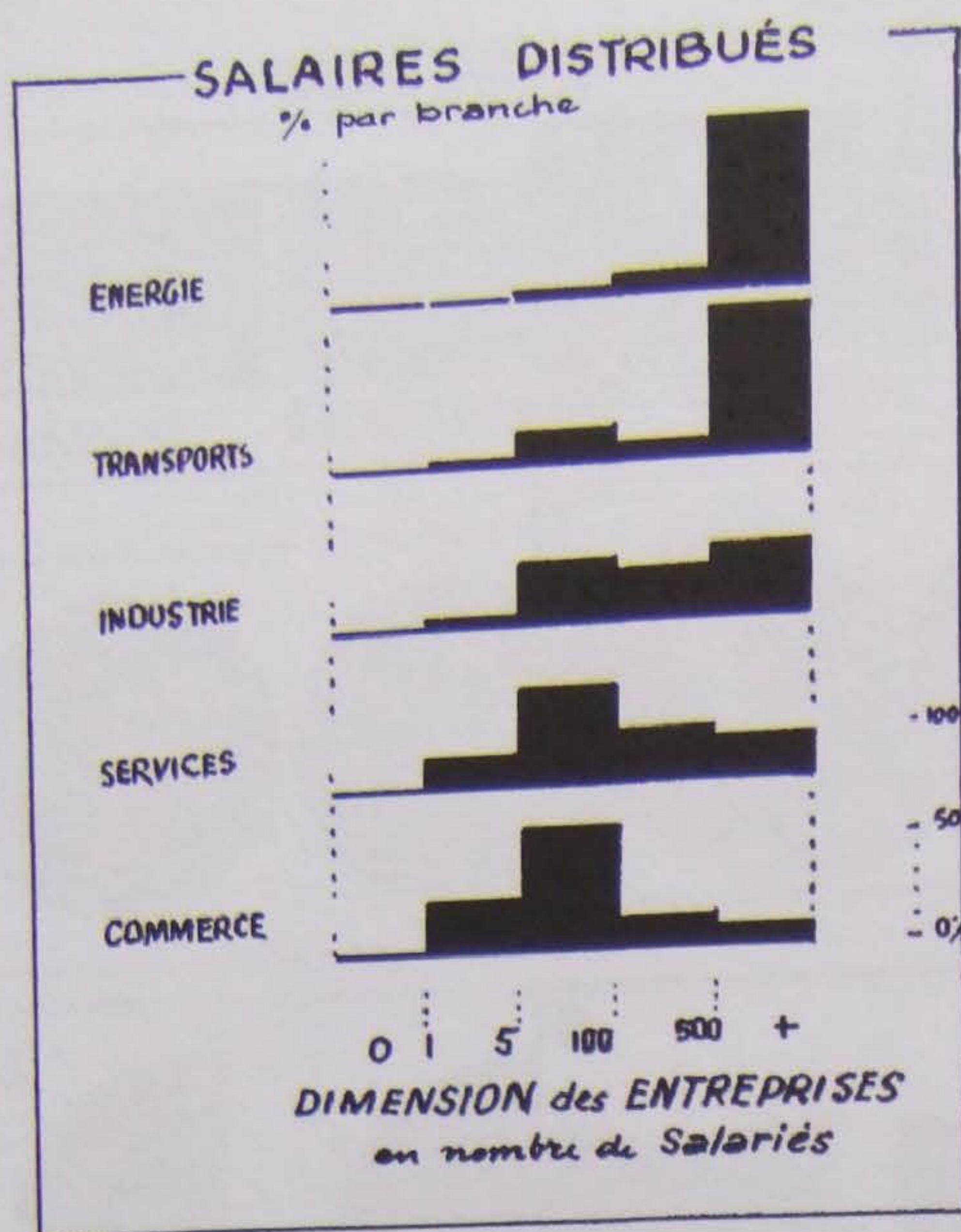
l'œil pourrait enregistrer, est parfaitement inutile. Elle est sans signification.

**Nous appellerons ces constructions en multiples images des FIGURATIONS.**

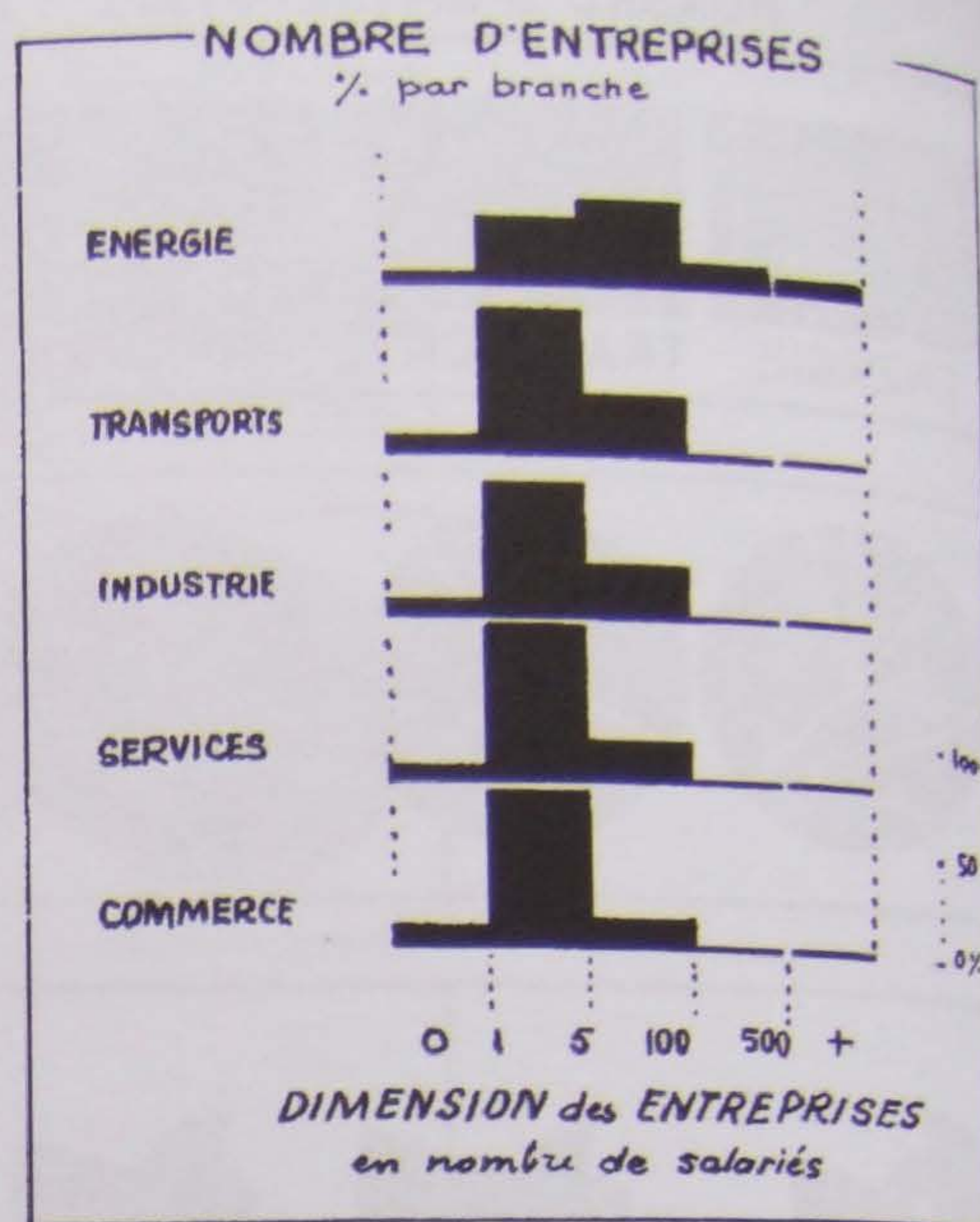
Tout lecteur qui se contentera de questions élémentaires, de la recherche d'un chiffre, ou de questions introduites par la composante "branche d'activité" trouvera ces constructions satisfaisantes.

Mais tout lecteur qui posera des questions introduites par la composante "dimension des entreprises" ou des questions de niveaux moyens ou d'ensemble trouvera ces constructions mauvaises.





1



2

### Efficacité de l'image

La construction (1) par contre permet de répondre à toutes les questions sans aucun effort.

"La plus grande masse de salaire de la branche commerce, dans quelle catégorie d'entreprise est-elle?  
- Dans la catégorie de 6 à 100 ouvriers!"

"Le plus fort pourcentage distribué dans les entreprises de 1 à 5 ouvriers, dans quelle autre branche est-il?"

- Dans la branche commerce!"

"Dans quel ordre se classent les branches en fonction de la dimension des entreprises, et d'après le pourcentage de salaires distribués?"

- Dans l'ordre Énergie, Transports, Industrie, Services, Commerce" (ceci grâce à la mise en ordre du dessin, à la diagonalisation, que nous verrons plus loin).

La totalité des questions que peut susciter l'information (1) reçoit une réponse en un instant de perception. Il est évident que

**Les constructions les plus efficaces sont celles dans lesquelles toute question, quel qu'en soit le type et le niveau, obtient une réponse dans un seul instant de perception, une réponse PERCEPTIBLE EN UNE SEULE IMAGE.**

La construction (1) est une image. Aucun effort n'est requis pour lire l'information. La mémoire est totalement disponible pour enregistrer une image d'ensemble significative, qui de ce fait peut être utilement comparée à une autre image.

Représentée suivant la même construction, la quantité d'entreprises fournit l'image (2). Il est clair que la masse des salaires n'est pas proportionnelle à la quantité des entreprises. Deux images établies sur la même identification se comparent aisément.

### L'efficacité de la représentation graphique

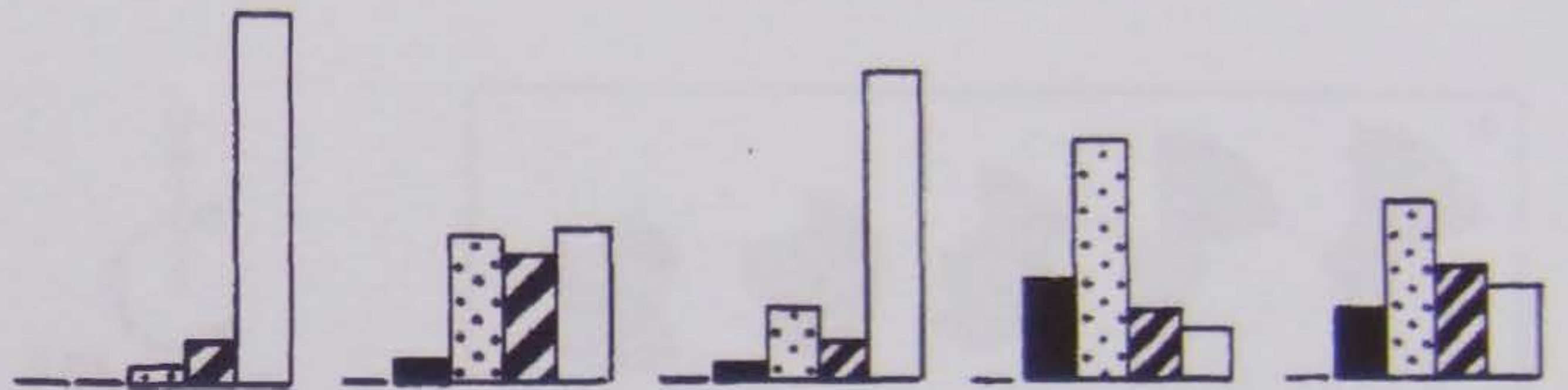
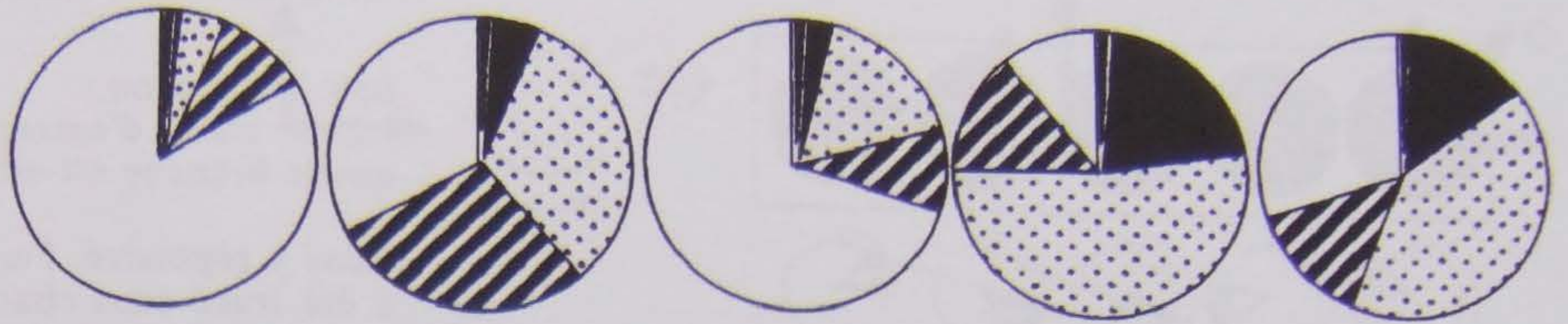
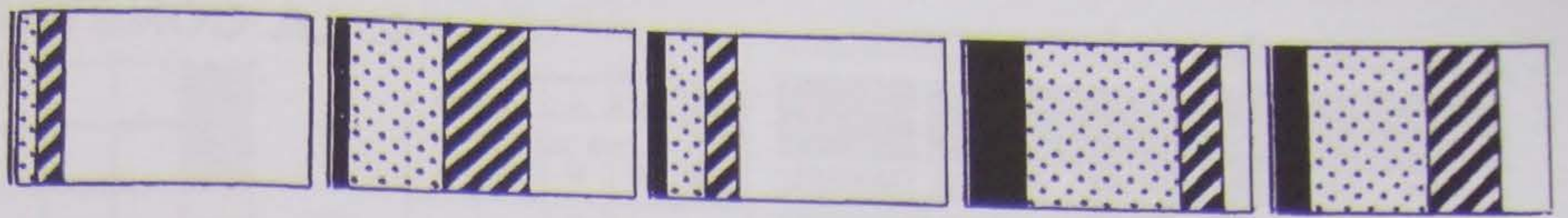
La réponse négative à la dernière question peut être nuancée dans le détail des branches et des catégories et l'on remarque que les chiffres exacts, indispensables à la construction du diagramme, cèdent alors de leur intérêt, qui devient anecdotique, devant l'ordre et la proportionnalité des éléments qu'ils ont permis de construire.

Les propriétés de l'image, efficacité et mémorisation apparaissent ici de façon frappante. Comment par exemple faire état des informations contenues dans ces deux images, avec toutes leurs nuances, dans un autre système d'expression, dans le langage verbal par exemple, sans l'aide de la représentation graphique?

**Seul le système graphique de signes, à condition d'utiliser le minimum d'images, permet à l'homme d'intégrer en quelques instants des relations complexes entre quatre composantes.**

C'est lui qui apporte la meilleure solution au problème des relations entre l'homme et les calculatrices, tant à l'entrée qu'à la sortie des ordinateurs.

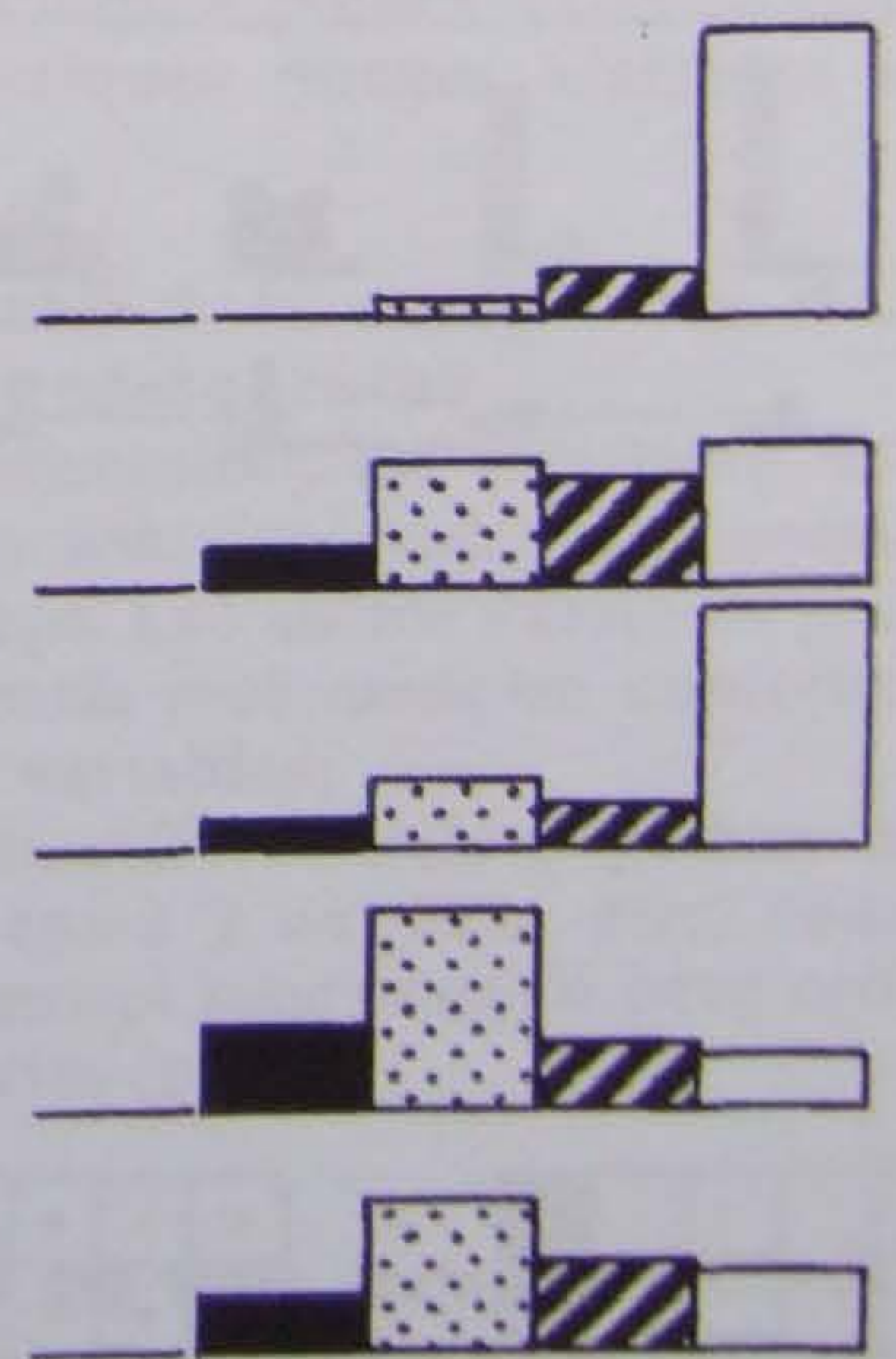




Ce n'est que dans une situation sémantique, lorsque le lecteur recherche dans le dessin la réponse à une question précise, qu'apparaît l'inefficacité des constructions des pages précédentes. Pour répondre, il faut d'abord isoler les éléments définis par la question. Après quoi on peut les comparer.

C'est à quoi tendent les signalisations rétinienne ci-contre que le dessinateur superpose aux constructions inefficaces. Elles améliorent sensiblement les trois premières constructions et permettent d'identifier assez rapidement tous les éléments d'une classe donnée, à travers les images.

Ces signalisations n'ajoutent rien à la dernière construction, à l'IMAGE. Elles soulignent au contraire la simplicité de toute opération visuelle d'identification, lorsque celle-ci s'opère suivant les deux dimensions du plan.

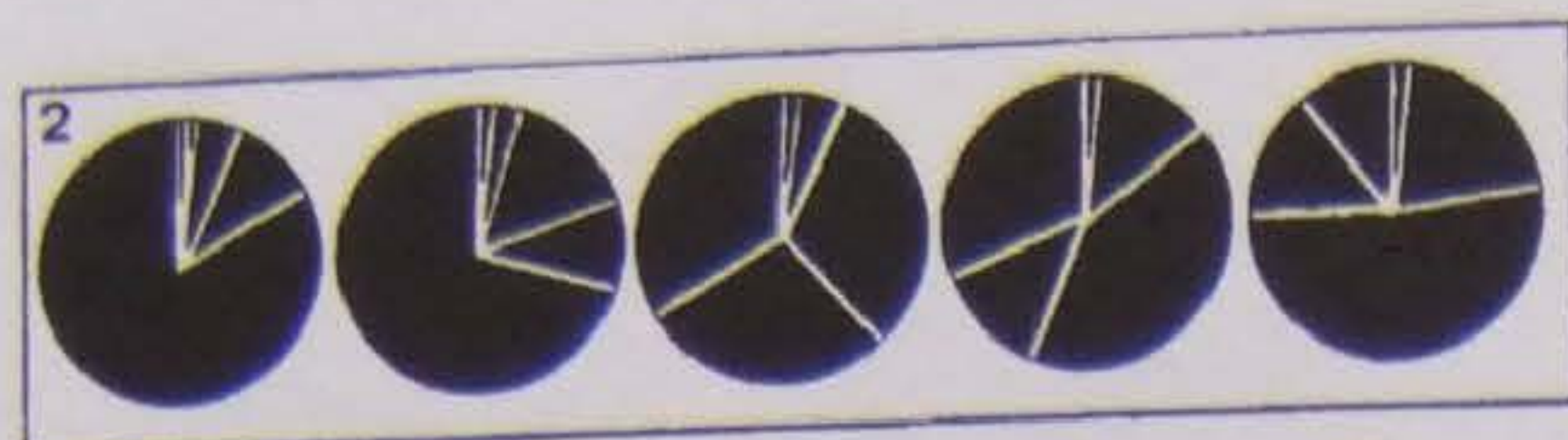


On entrevoit ainsi la possibilité de définir les caractéristiques de l'image et d'en déduire des règles de construction.

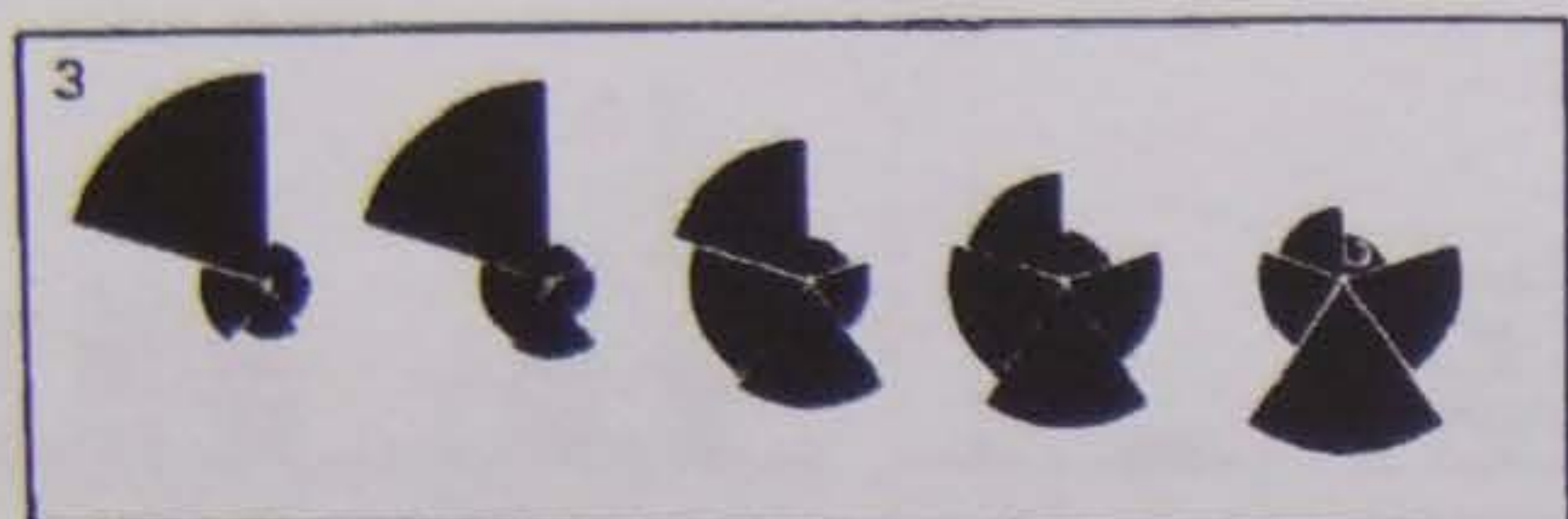




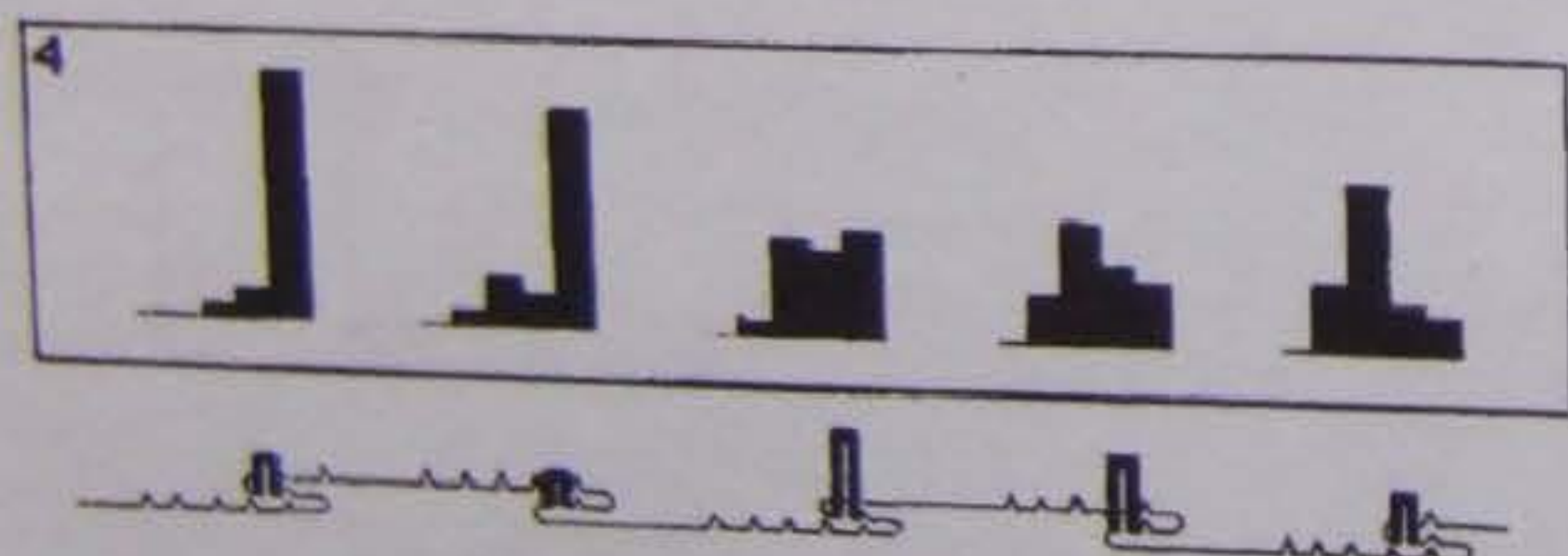
D →  
Q →  
x 5B →



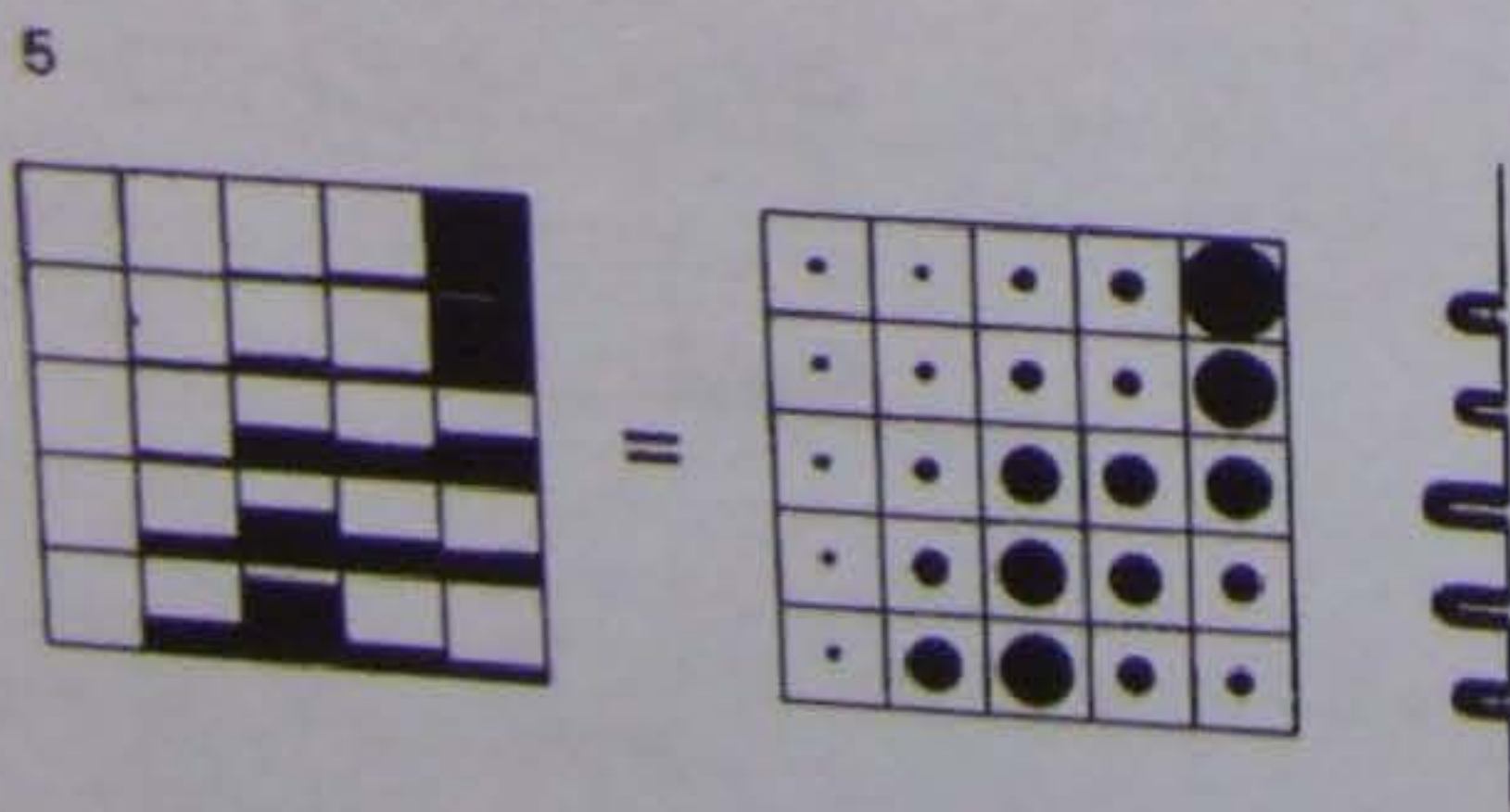
D →  
Q →  
x 5B →



Q ↑  
D →  
x 5B →



Q ↑  
D →  
x 5B →



Q ↑  
D →  
B →

## 4. LA CONSTRUCTION DE L'IMAGE

### L'IMPOSITION (utilisation des dimensions du plan)

Soit la question :

"La 4<sup>e</sup> classe d'entreprises (100 à 500 ouvriers), – dans quelle branche est-elle la plus importante?"

Pour y répondre, l'œil est astreint à un parcours qui a été tracé sous chacune des constructions. La partie fine de chaque tracé correspond aux recherches d'identification, les dentelures aux perturbations, la partie noire à la perception des correspondances originales. Lès quatre premières constructions accumulent les difficultés visuelles : retours en arrière, catégories irrégulièrement espacées, chevauchement d'identifications différentes sur une même ligne, parcours brisés...

Dans l'image (5) par contre,

– Tout parcours **RECTILIGNE**, suggéré par le dessin, regroupe les éléments d'une seule catégorie dans une seule composante, c'est-à-dire des éléments **HOMOGÈNES**.

– Les deux systèmes d'identification sont séparés de la meilleure manière par la construction **ORTHOGONALE** (en effet, la nécessité de cette séparation conduit naturellement l'œil vers la construction dans laquelle il risque le moins de confusion, et l'angle droit trouve ici une définition psychologique : angle limite fourni par deux systèmes-plan d'identification qui tendent à se séparer).

**L'IMAGE** se crée dans un **CHAMP HOMOGÈNE**, dans lequel tout **PARCOURS RECTILIGNE**, suggéré par la construction, regroupe des éléments identiques. La séparation normale entre deux systèmes d'identification-plan est la **SÉPARATION ORTHOGONALE**.

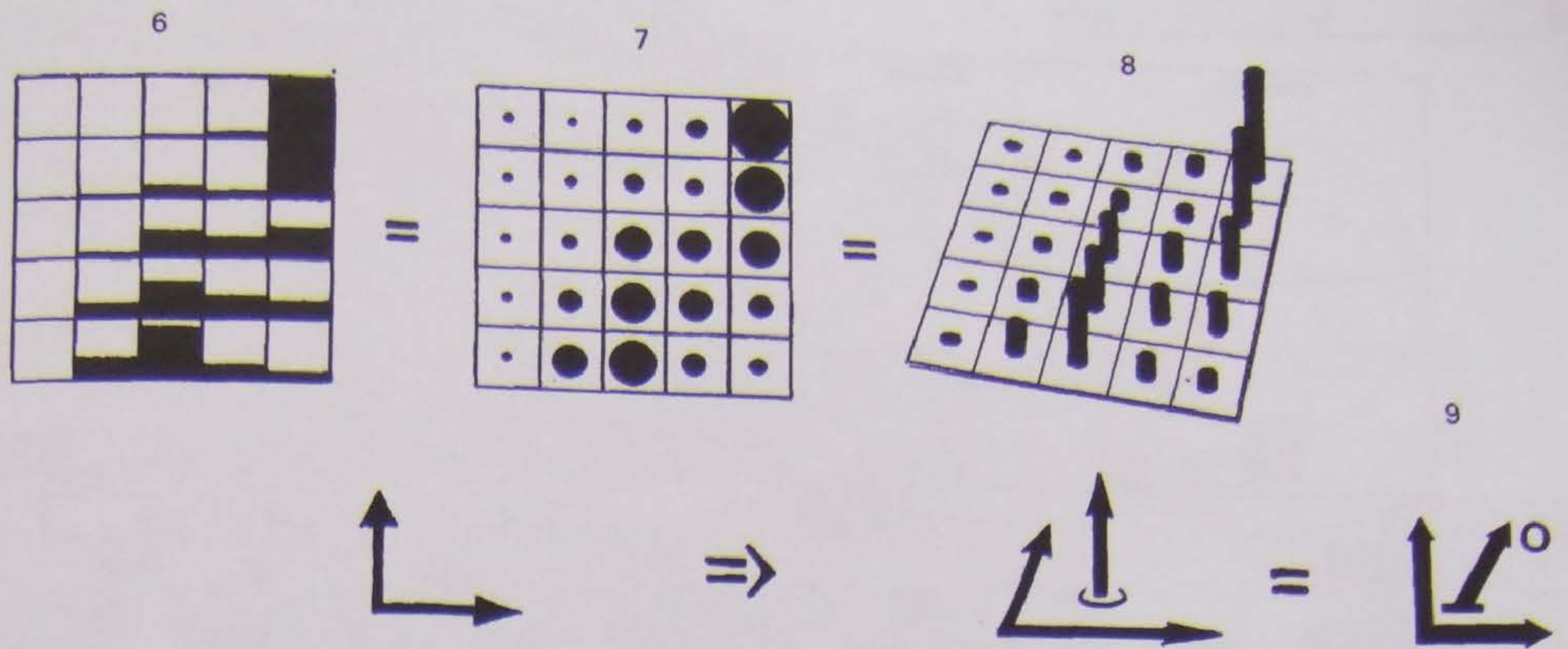
Cette constatation peut se traduire par un schéma et une règle :

Tout problème graphique nécessitant deux variables visuelles a comme construction de base le schéma



Ce schéma ne souffre que quelques exceptions, introduites par des composantes très courtes. Son idée apparaît dès le 14<sup>e</sup> siècle chez Nicolas Oresme, dans son traité "de latitudinibus formarum", écrit en 1361, et que l'auteur ne présente pas comme sa propre invention. La notion paraît avoir son origine dans les milieux scientifiques d'Oxford (J. ITARD : Mathématiciens et Mathématiciens, Paris, 1959).





### L'ÉLEVATION EN 3<sup>e</sup> DIMENSION VISUELLE. L'IMAGE ADMET TROIS VARIABLES.

Les dessins de la p. 62 montrent qu'il ne suffit pas de mobiliser le plan suivant le schéma de base pour obtenir une construction efficace. De même toute représentation cartographique est par définition construite sur un plan homogène, cependant l'exemple p. 34 montre qu'une carte peut n'être qu'une figuration nécessitant la perception de nombreuses images successives, avant d'être appréhendée d'une manière satisfaisante. La même information est pourtant appréhendée en une image p. 35! Mais dans cette représentation la variable rétinienne est **VISUELLEMENT ORDONNÉE**.

Comme les dimensions du plan, qui sont naturellement ordonnées, la 3<sup>e</sup> dimension visuelle doit être **VISUELLEMENT ORDONNÉE** pour construire une image.

Tel est par exemple le cas de l'image télévisée. Elle nous permet de comprendre la construction de toute image. Le balayage de l'écran par le spot lumineux se définit suivant les deux dimensions du plan et la modulation d'intensité du spot crée une variation ordonnée du blanc au noir, sensible en troisième dimension et indépendante des deux autres variables. L'image (6) se voit comme une image télévisée (7) c'est-à-dire comme un système à trois dimensions (8). On traduira cette constatation par un schéma (9) et une règle :

Tout problème graphique nécessitant trois variables visuelles a comme construction de base le schéma



La lettre O appliquée au symbole "variable rétinienne" signifie que celle-ci doit être ordonnée.

Comme le précédent, ce schéma ne souffre que les exceptions introduites par des composantes très courtes ou par des distributions planes extrêmement simples ne créant que quelques images aisément séparables dans le plan.

L'ordre indispensable à la composante de troisième dimension a deux conséquences :

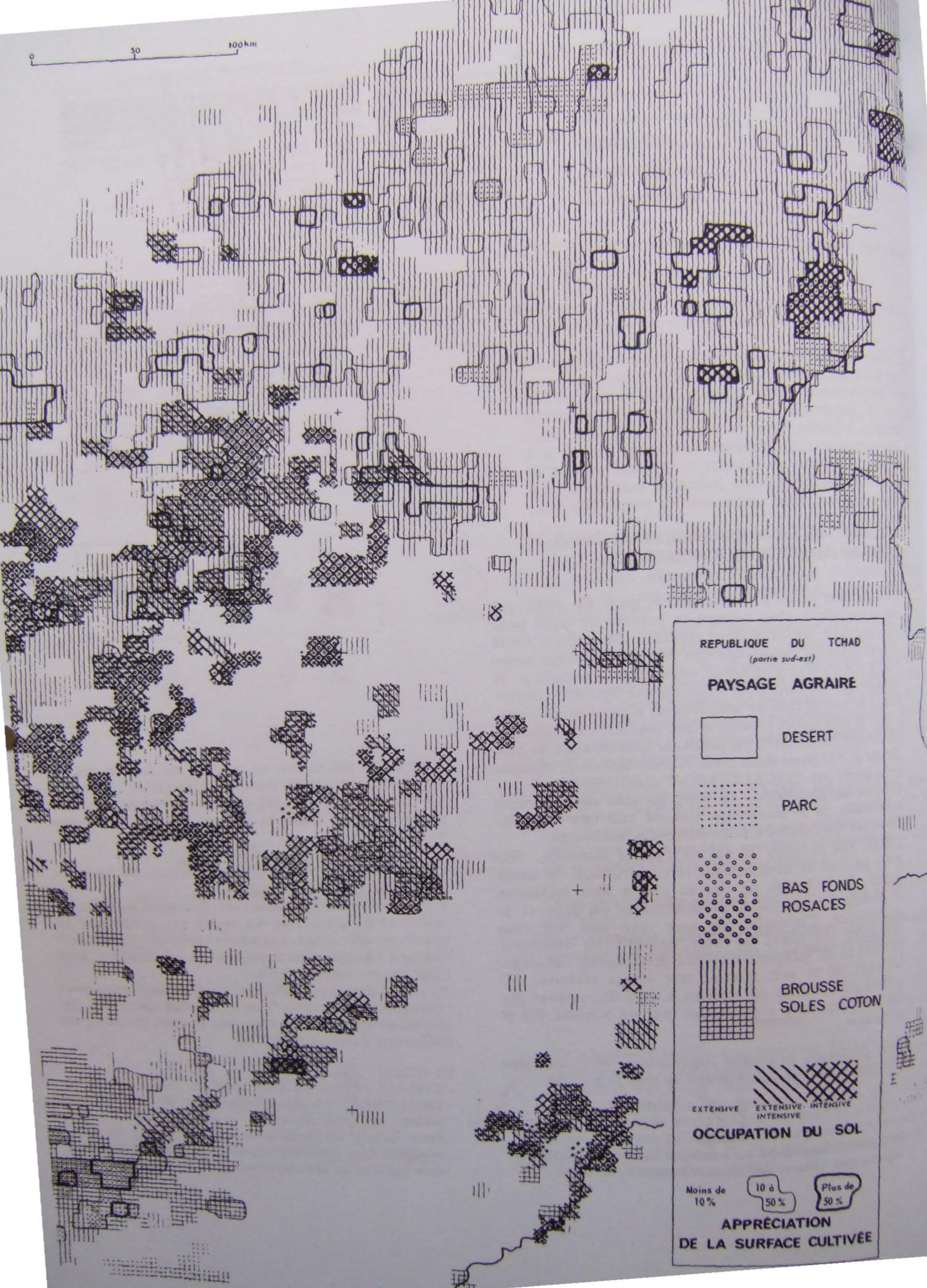
- 1<sup>o</sup>) en troisième dimension, les variations de taille, de valeur et de grain *sont les seules* qui permettent de construire une image. Les autres variables peuvent participer à l'image, mais seulement en combinaison avec l'une de ces trois variables;
- 2<sup>o</sup>) une composante différentielle (signifiant seulement "catégories différentes") ne peut être construite en une image si un concept supérieur ne peut ordonner ses différentes catégories (p. 156).

En résumé

- L'IMAGE se crée sur trois variables **HOMOGÈNES** et **ORDONNÉES**, les deux dimensions du plan et une variable de 3<sup>e</sup> dimension.
- Pour qu'une information soit transcritible en une image, il faut que chacune de ses composantes soit homogène et qu'elle corresponde à un concept ordonné.

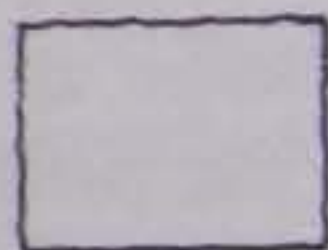


0 50 100 km

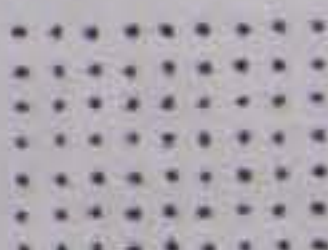


REPUBLIQUE DU TCHAD  
(partie sud-est)

**PAYSAGE AGRAIRE**



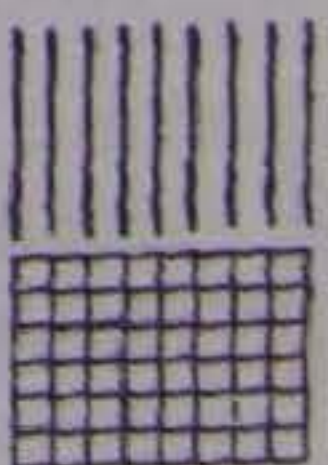
DESERT



PARC



BAS FONDS  
ROSACES



BROUSSE  
SOLES COTON

EXTENSIVE



EXTENSIVE-INTENSIVE  
INTENSIVE

**OCCUPATION DU SOL**

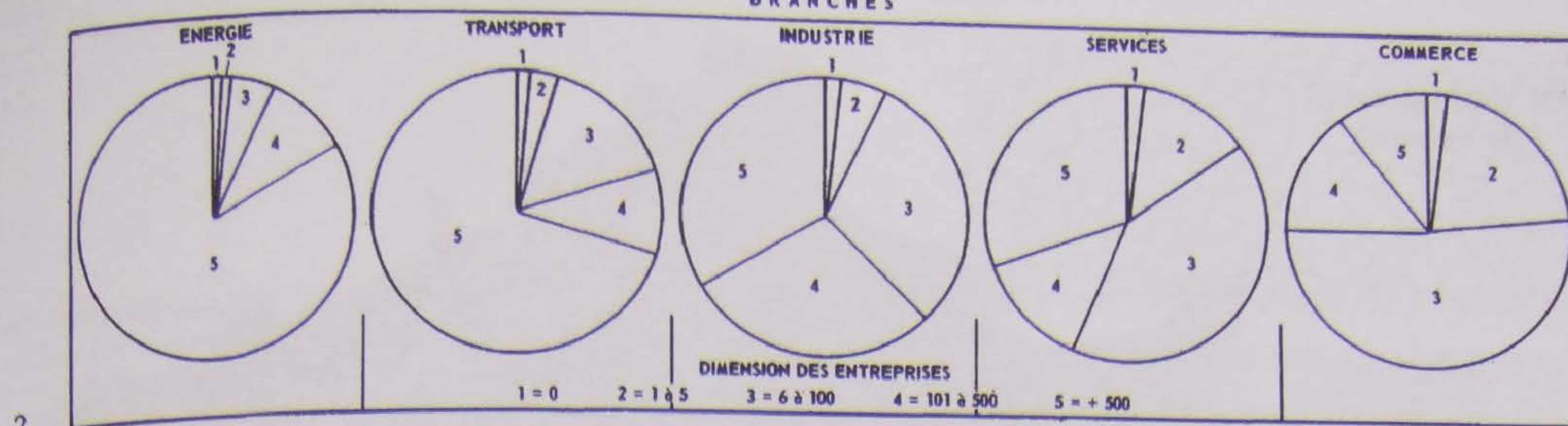
Moins de  
10 %

10 à  
50 %

Plus de  
50 %

**APPRECIATION  
DE LA SURFACE CULTIVÉE**





## IMAGE ET FIGURATION

Nous appellerons **IMAGE** la *forme significative perceptible dans l'instant minimum de vision, perceptible spontanément*.

On ne confondra pas l'**IMAGE** avec la **FIGURATION**, unité apparente et illusoire définie par la feuille de papier, par un cadre linéaire ou géographique.

La figure (2) n'est faite ni d'une image ni de cinq images car le cercle ici n'est pas significatif et la mémorisation de cinq cercles ne nous apprend rien. Cette figure est faite de 25 images, une par secteur car seul le secteur nous apprend quelque chose de nouveau. C'est la seule *forme significative* de cette FIGURATION.

La carte (1) (Paysage agricole dans la République du Tchad - Interprétation de la couverture photographique par J. LETARTE - Laboratoire de Cartographie de l'EPHE - Paris 1964) n'est pas une image, c'est une FIGURATION. On ne peut appréhender l'*intégralité* de son contenu sans procéder à de multiples opérations, percevoir dans le temps une multitude d'images, que l'on peut construire soit sur un point soit sur de petites zones.

La forme d'ensemble est comparable à celle d'une autre carte mais ne témoigne que de la surface cultivée, toutes catégories confondues, c'est-à-dire d'une faible partie de l'information transcrite.

Comparer le "parc", régions où de grands arbres parsèment le paysage, avec divers phénomènes susceptibles de l'expliquer exige que l'on perçoive de multiples images partielles, qu'il faut détourner ou reporter sur un calque car la mémoire est incapable de retenir toutes ces observations et de construire l'image d'ensemble nécessaire à la comparaison. (Qu'on ne croit pas que la couleur puisse résoudre le pro-

blème. Elle réduirait le temps d'analyse mais n'introduirait pas la spontanéité. Dans un mélange de confetti multicolores on ne peut comparer l'image d'ensemble fournie par les rouges à celle fournie par les verts.)

## LES NIVEAUX DE LECTURE DE L'IMAGE

La figure (4) est une **IMAGE**. On peut adopter le *niveau supérieur* de lecture, voir l'image d'ensemble et la comparer à une autre (3). Cette comparaison porte sur l'intégralité de l'information.

Mais on peut aussi s'installer aux *niveaux moyens* de lecture, isoler les images partielles (5), (6), (7)... et les comparer entre elles. Enfin on peut n'isoler qu'un seul élément, créer l'image sur la plus petite forme significative (8). C'est la *lecture élémentaire*.

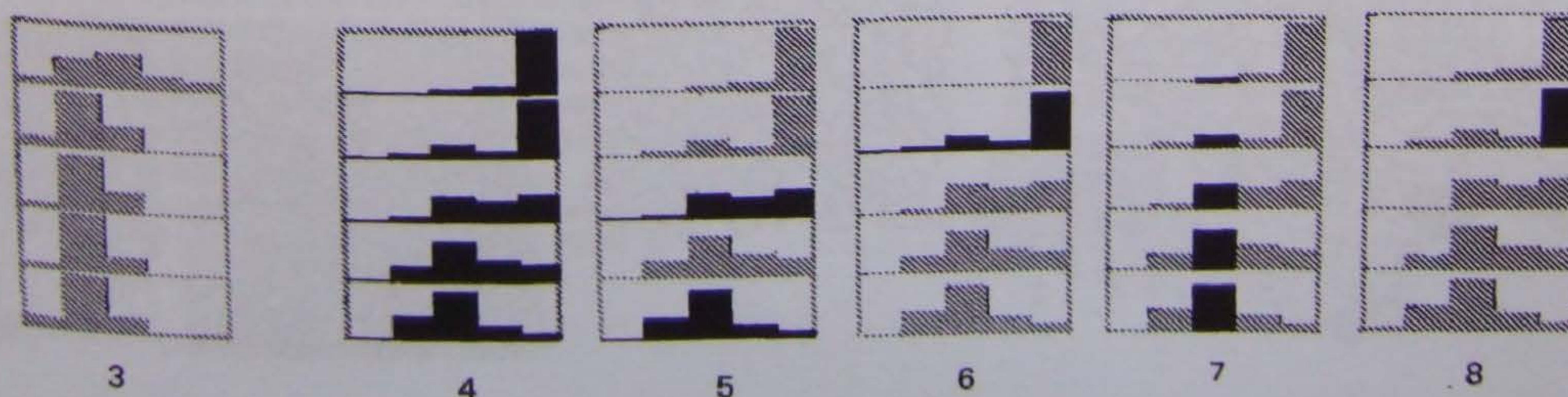
Dans l'**IMAGE** (4) on peut isoler à volonté soit 25 images élémentaires, soit 10 images moyennes, soit résoudre l'information en une image.

L'information construite en une image accepte tous les niveaux de lecture.

Dans la carte (1) on ne peut qu'isoler des *images élémentaires* ou des *images moyennes* (petites zones homogènes). L'image d'ensemble reflète un certain total mais non l'intégralité de l'information.

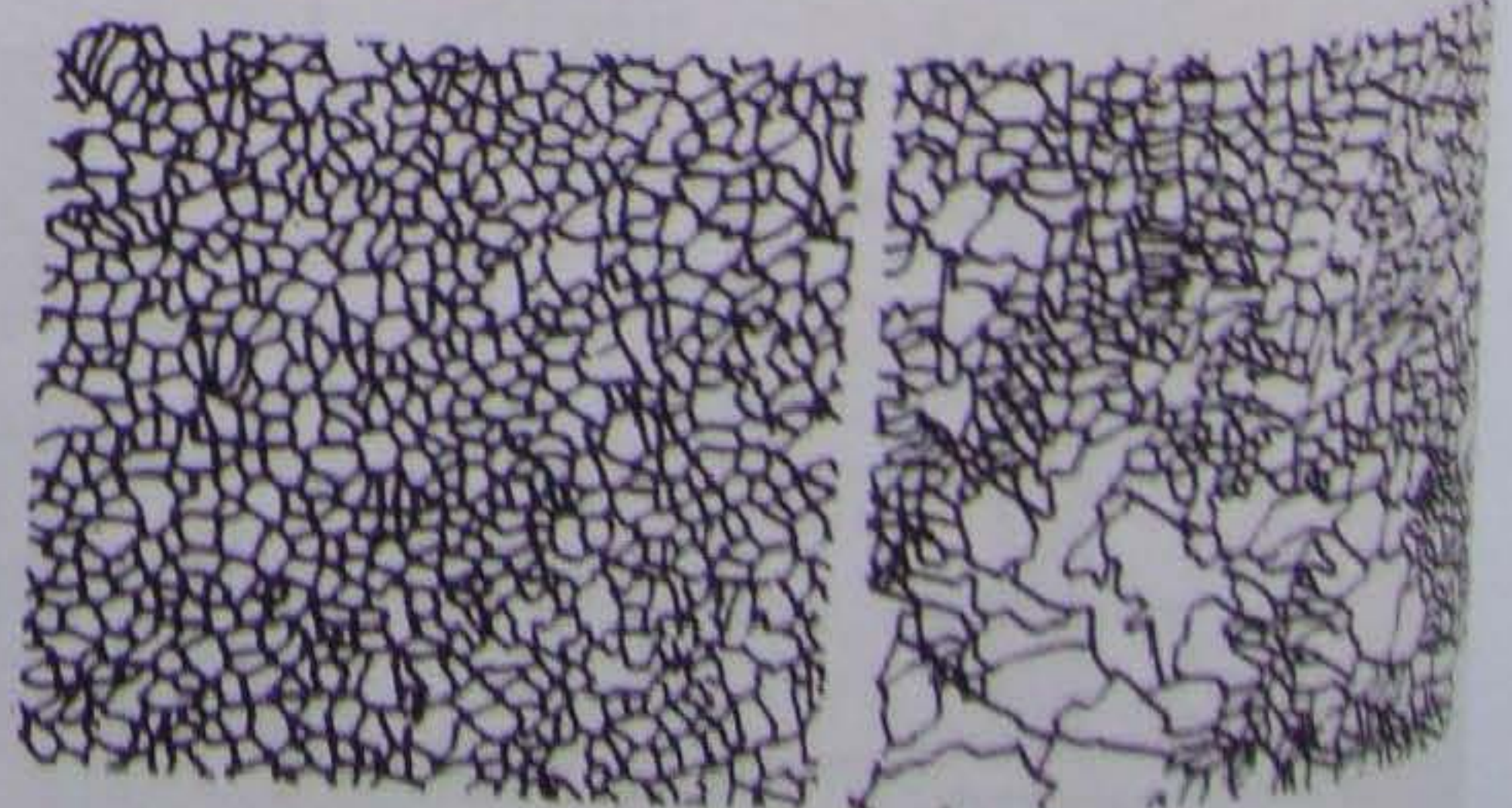
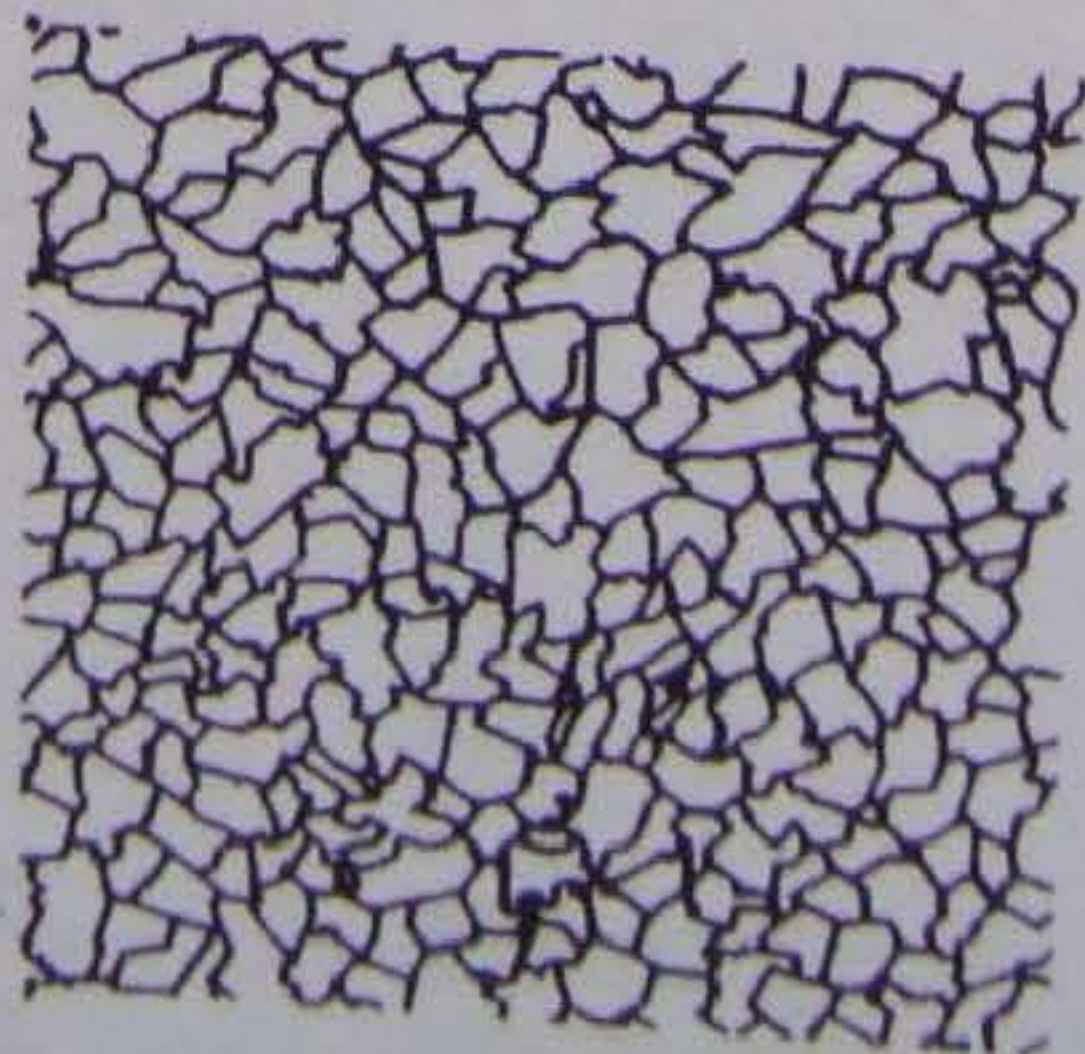
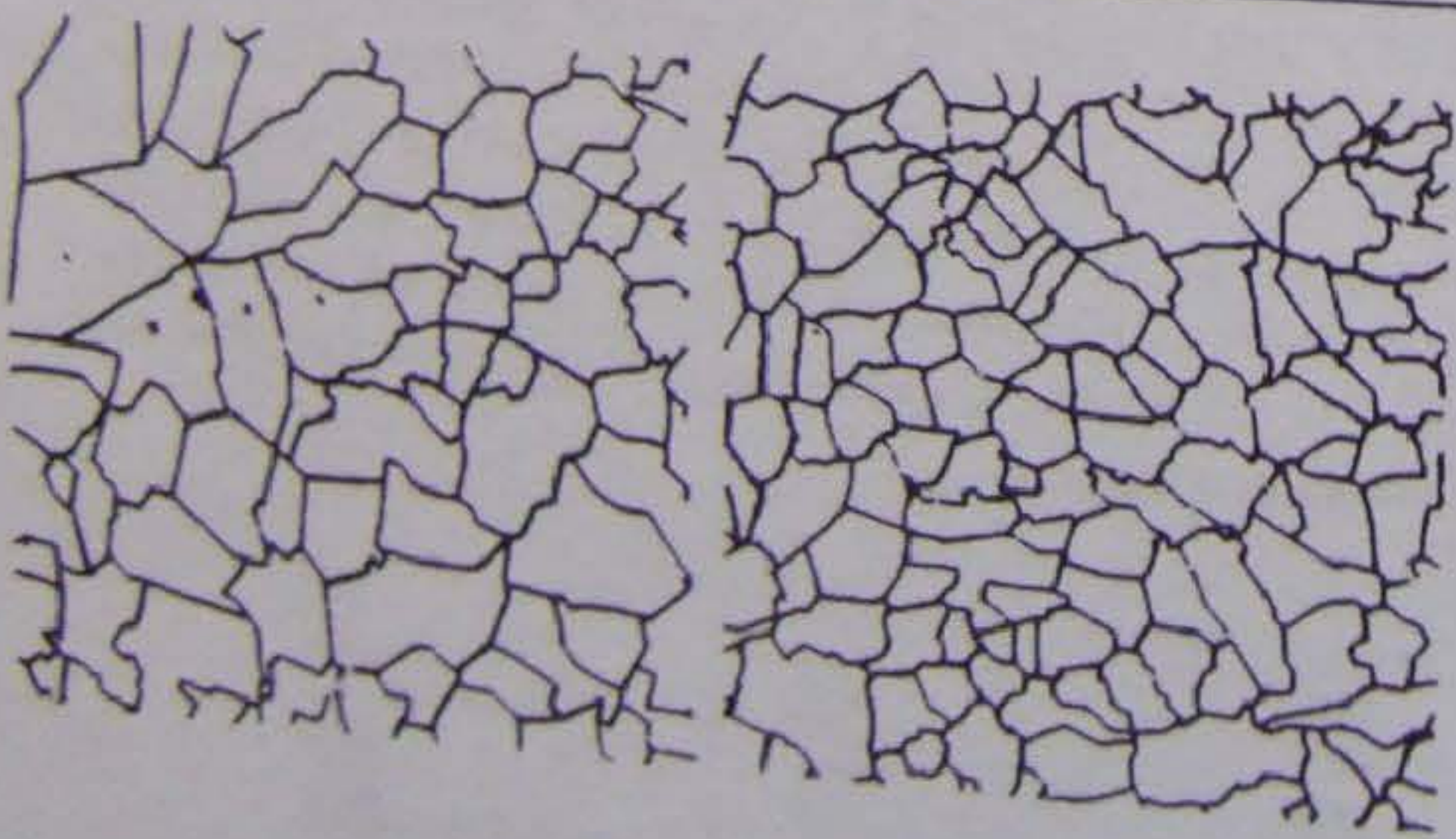
La construction (1) est une *figuration* dans laquelle l'information ne peut se résoudre qu'en un très grand nombre d'images élémentaires ou moyennes. Mais une autre construction peut la résoudre en 6 images (p. 165).

Dans la figuration (2) on ne peut créer que des *images élémentaires*. Les formes aux niveaux moyens (cercles) ou au niveau de l'ensemble (les cinq cercles) ne sont pas significatives et la lecture à ces niveaux est inutile. Dans la figuration (2) l'information ne peut se résoudre en moins de 25 images. L'information est construite en 25 images élémentaires.





# LES COMMUNES de France





## APPRENDRE A LIRE UNE IMAGE

La carte (1) ci-contre, malgré sa complexité apparente, est une image. Elle présente le tissu que construisent les 30 000 communes de France. Elle est lisible à tous les niveaux.

**Au niveau élémentaire**, pour lequel d'ailleurs elle n'a pas été construite, mais qui permet de s'intéresser à telle commune que le lecteur connaît et qu'il souhaite pouvoir identifier, à telle autre qui se détache nettement du tissu. Si le lecteur reste à ce niveau, la carte paraîtra un jeu gratuit et inexact, car l'exactitude n'est qu'un rapport et n'existe jamais au niveau de l'information élémentaire.

**Aux niveaux moyens**, objet de la représentation, le lecteur verra dans la carte un document offert à différents types d'analyse. Le caractère le plus évident, la dimension des communes, se prête à une typologie (2)\* et peut conduire à un découpage du territoire, d'autant plus intéressant que l'inverse de "dimension" correspond ici à "quantité de communes".

Un autre caractère indépendant de la dimension : l'homogénéité (3) ou l'hétérogénéité (4) du tissu soulève de nombreux problèmes et divise le territoire d'une nouvelle manière.

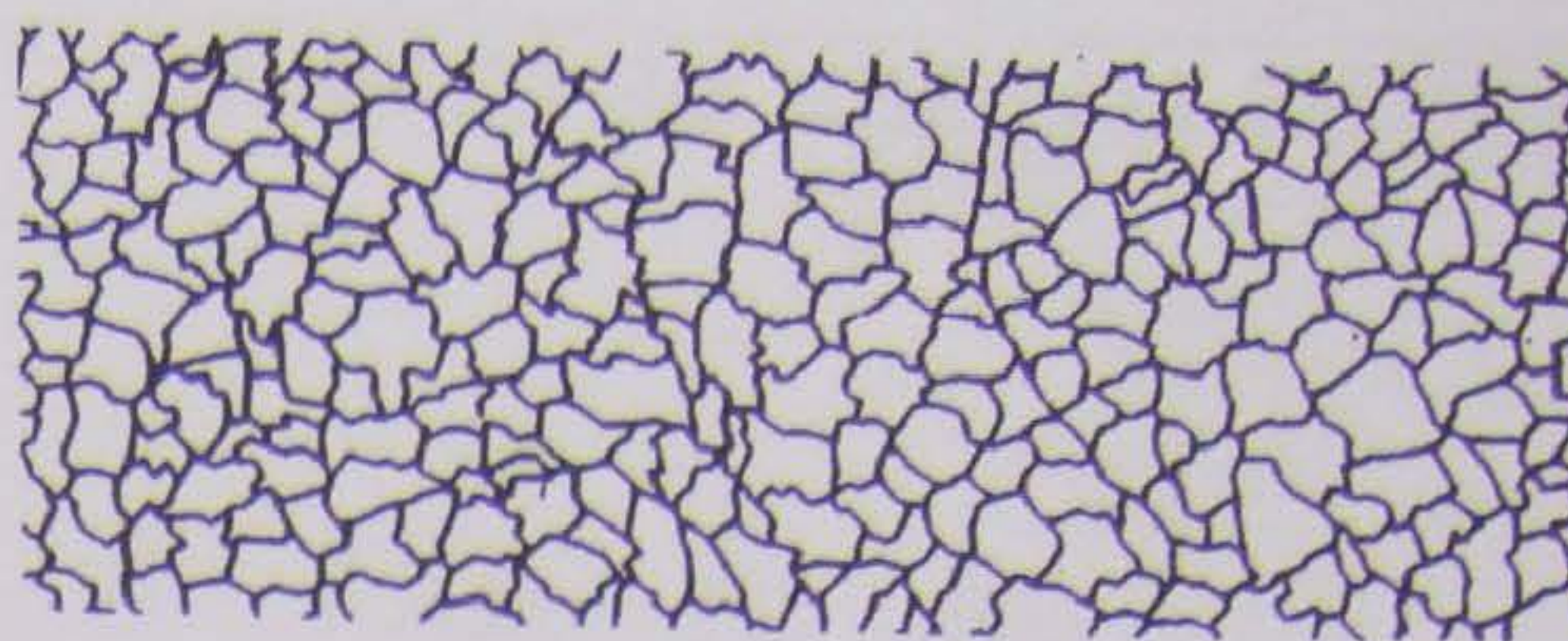
Des ensembles régionaux, forêts vosgiennes et alsaciennes (5), volcan du Cantal (6) par exemple, conduisent à de multiples comparaisons. Le but de cette carte est de solliciter des comparaisons internes, et à cet effet un système de repérage figure au verso de l'édition originale et peut, à tout moment, être rendu visible par un éclairage en transparence.

**Au niveau de l'ensemble** la comparaison est possible avec d'autres distributions (le réseau hydrographique (7) par exemple). Comparée à d'autres pays, la carte soulève le problème de la partition régionale minimum, de son origine et de son avenir.

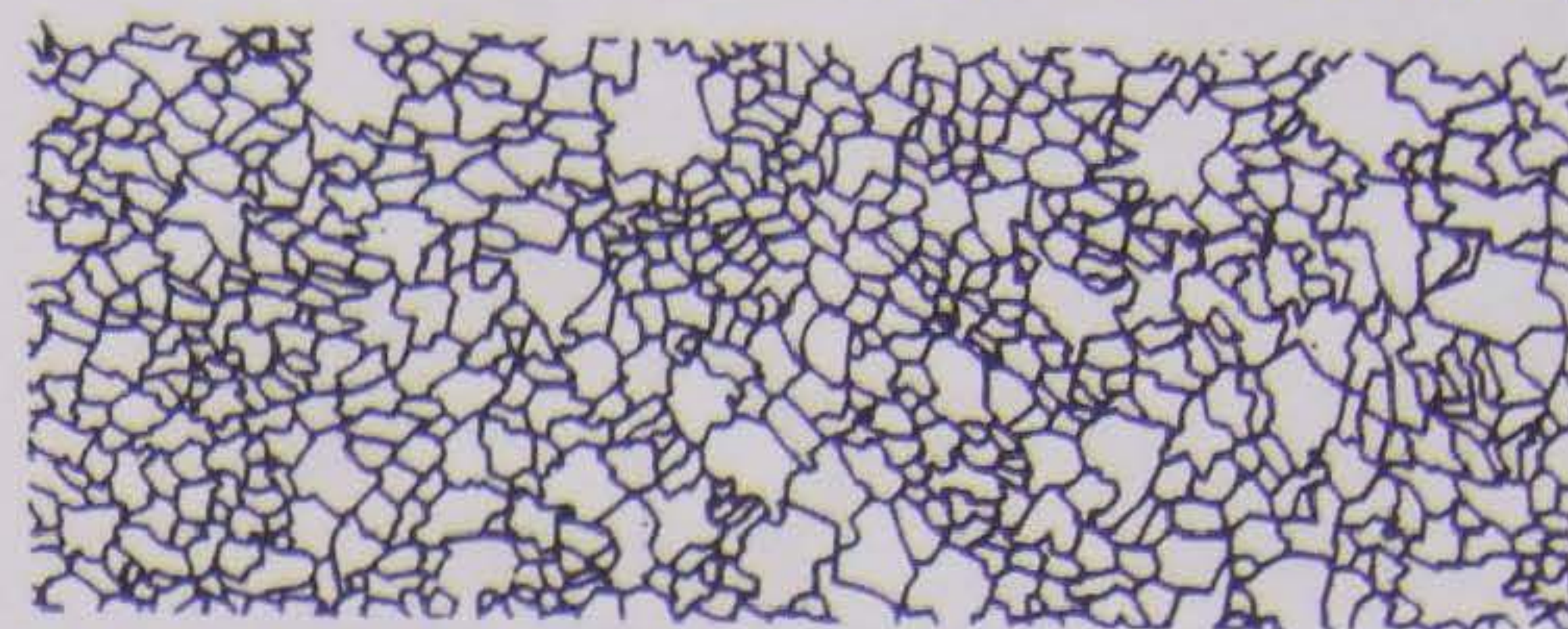
De nombreuses observations montrent que le lecteur s'installe le plus souvent au niveau élémentaire de lecture et qu'il éprouve des difficultés à adopter les niveaux moyens et plus encore le niveau d'ensemble. Les rédacteurs graphiques contribuent à cette habitude en livrant encore à la consommation publique un trop grand nombre de figurations qui contraignent le lecteur à adopter la perception élémentaire. (Courbes en vrac, cartographie encyclopédique... jeu des 7 erreurs!). Mais au fur et à mesure que les constructions en une image se multiplieront, que les rédacteurs observeront combien les figurations sont inefficaces ou installent l'information au niveau anecdotique, le lecteur apprendra à mieux utiliser les moyens perceptifs dont il est doté.

\* Les exemples sont au 1/2 000 000 (1 mm = 2 km).

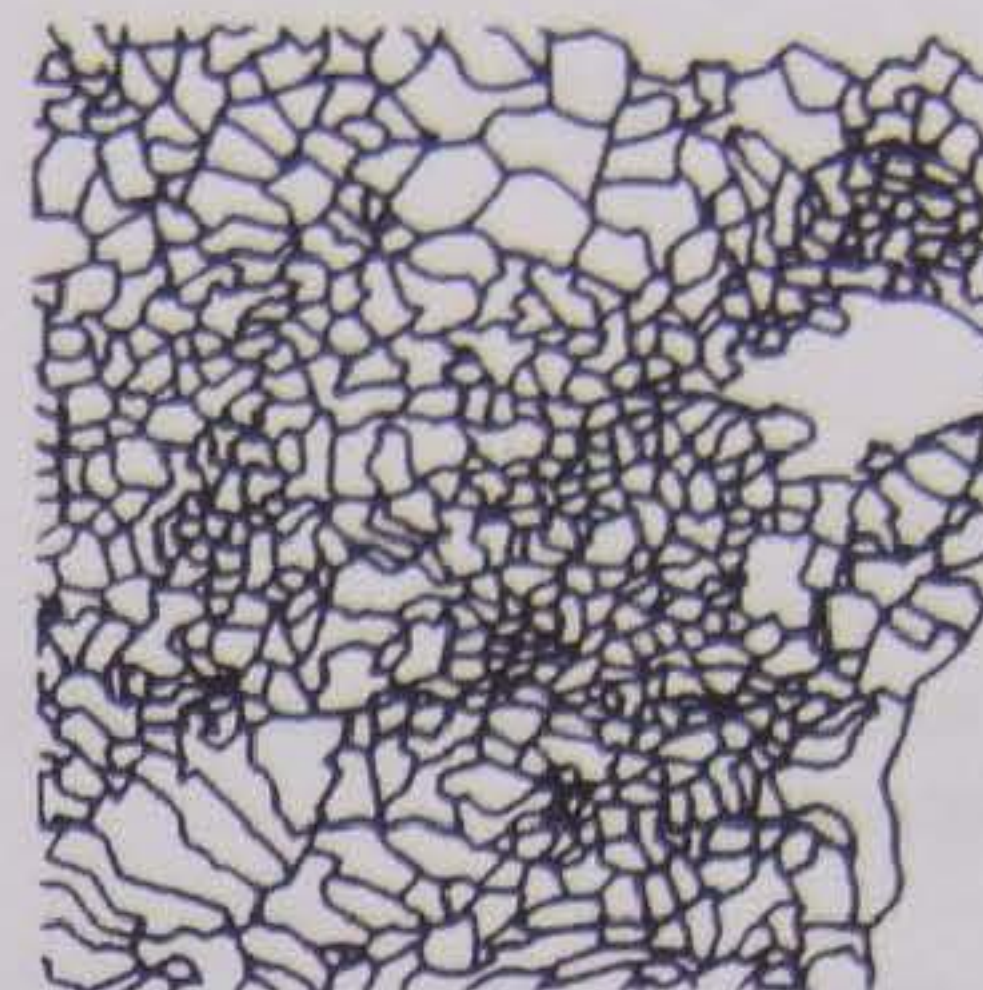
3



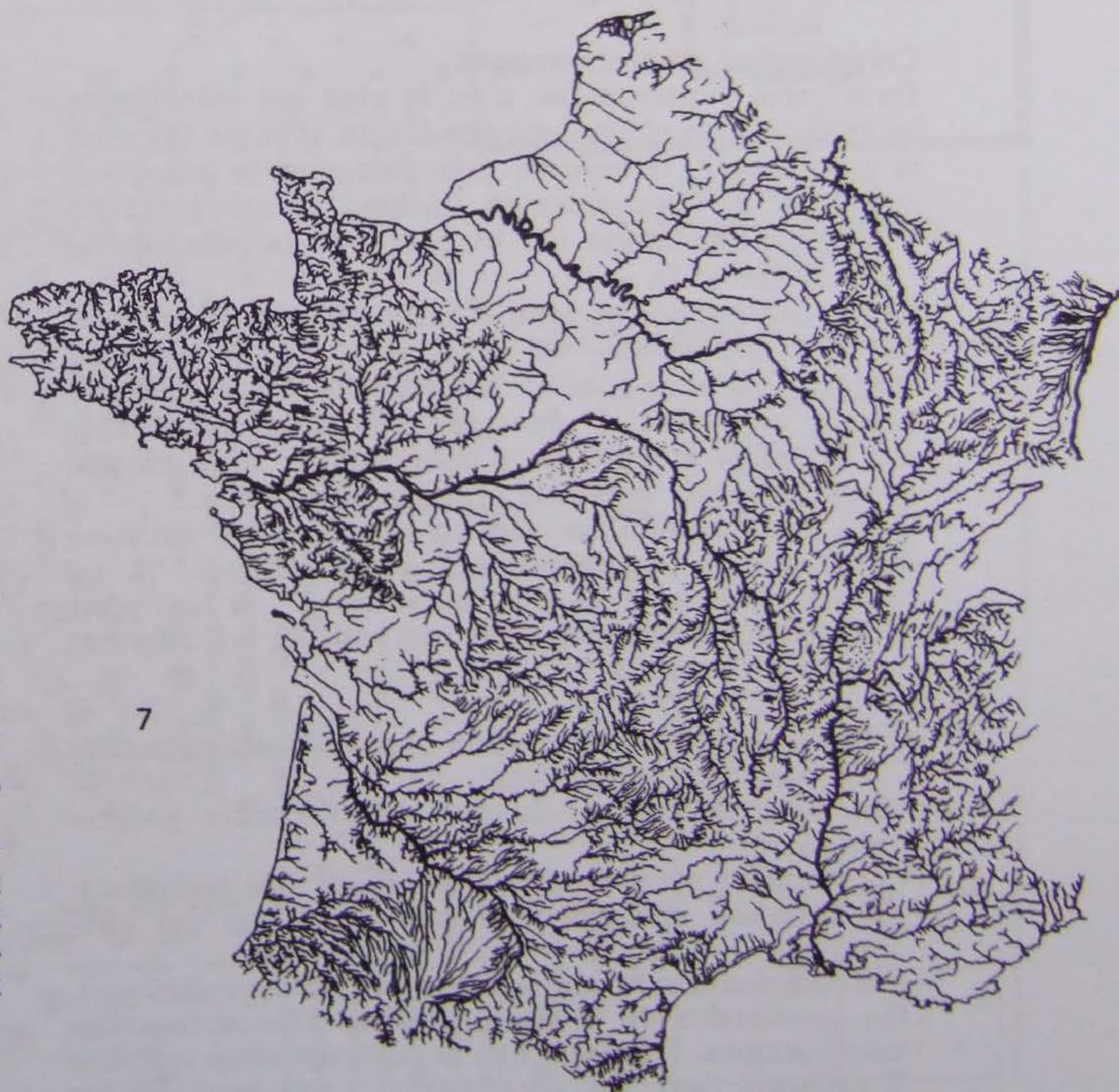
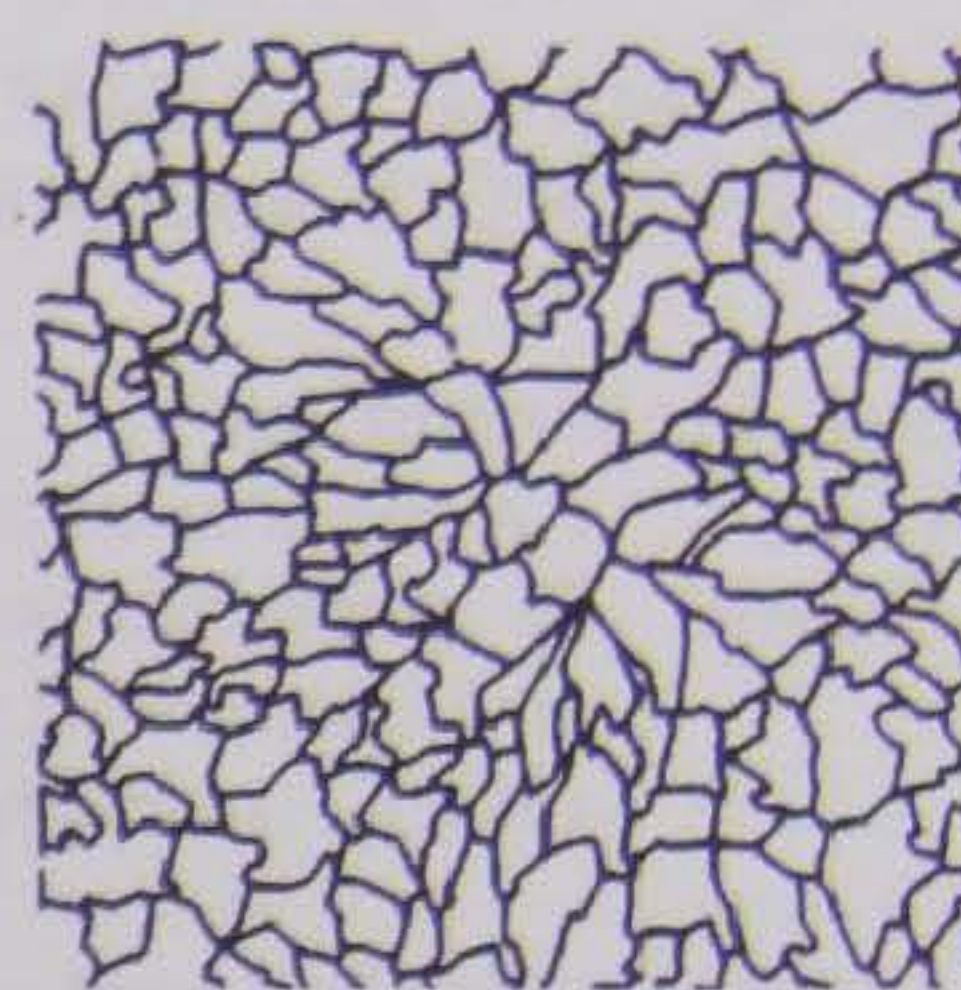
4



5



6





## 5. LES LIMITES DE L'IMAGE

### a. L'IMAGE N'ADMET PAS PLUS DE TROIS VARIABLES

Soit l'information :

INV. *Caractères anthropométriques*

COM. *Q quantités (ou ordre) suivant*  
*≠ 3 caractères (taille, couleur, indice céphalique)*

GEO *l'ordre géographique*

Quatre variables sont nécessaires puisque l'ordre géographique mobilise les deux dimensions du plan. Cette information peut être construite en trois images (1), (2), (3) ou en une figuration à multiples images (5). Quelles sont les propriétés de chaque construction ?

#### Construction de trois images

Dans cette construction, c'est le plan qui sélectionne les trois images et l'on conviendra du schéma (4) pour la représenter. Il indique à la fois que la représentation est à 4 variables (4 flèches) et se résout en 3 images : une image par catégorie de la composante "≠ caractères" ( $n = 3$ ).

Cette construction répond à toute question introduite par la composante "≠ caractères" : "Les couleurs foncées, où sont-elles ?" La réponse est spontanée. Chaque caractère est dans son ensemble comparable aux autres et à toute autre distribution : zone montagneuse, densité, industrie, caractères sociaux...

Cette construction ne répond pas à toute question introduite par la composante géographique : "à tel endroit, quels sont les trois caractères ?". Il faut pour y répondre additionner pour cet endroit les informations de trois cartes.

#### Construction d'une figuration à multiples images (5)

Cette construction mobilise :

- les deux dimensions du plan (pour l'ordre géographique);
- la variation rétinienne de taille (taille des individus);
- la variation rétinienne de valeur (couleur des cheveux);
- la combinaison forme-orientation (indice céphalique).

On conviendra du schéma (6) pour définir de telles constructions. Il montre que la représentation mobilise 5 variables (une par caractère et deux pour l'ordre



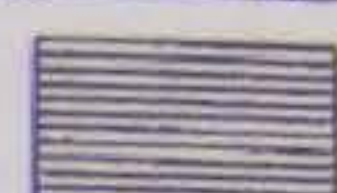
1



CLAIR PRÉDOMINANT



CLAIR FAIBLEMENT PRÉDOMINANT



CLAIR ET FONCE



FONCE FAIBLEMENT PRÉDOMINANT

● COULEUR DES CHEVEUX

géographique) que l'on peut préciser par des lettres. Cette construction répond à toute question introduite par la composante géographique "A tel endroit, quels sont les trois caractères ?" moyennant cependant une forte diminution de l'information car la représentation n'est plus continue.

Elle ne répond pas aux questions introduites par la composante "≠ caractères" : "où sont les plus forts indices céphaliques ?"

Devant cette question la construction en trois images est infiniment plus efficace et fournit une réponse immédiatement mémorisable.

On peut donc dire :

**Lorsque l'information nécessite plus de trois variables on ne peut construire une figure qui réponde spontanément à tous les types de questions.**

**L'image n'admet pas une quatrième variable significative.**

Et il en résulte que :

**Pour répondre efficacement à tous les types de questions que peuvent susciter les informations :**

- à plus de trois composantes (dans les diagrammes);
- à plus de deux composantes (dans les réseaux et les cartes)

deux constructions graphiques sont nécessaires, qui ont comme schéma général (4) et (6).

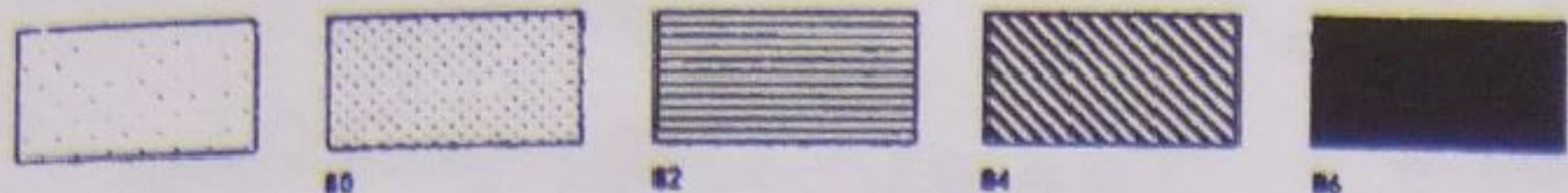
Tout rédacteur qui se borne à une seule construction choisit, consciemment ou non, de répondre efficacement à certains types de questions (questions préférentielles) et d'être inefficace pour les autres types.

Il choisit en fait, de remplir l'une des trois fonctions de la représentation graphique.

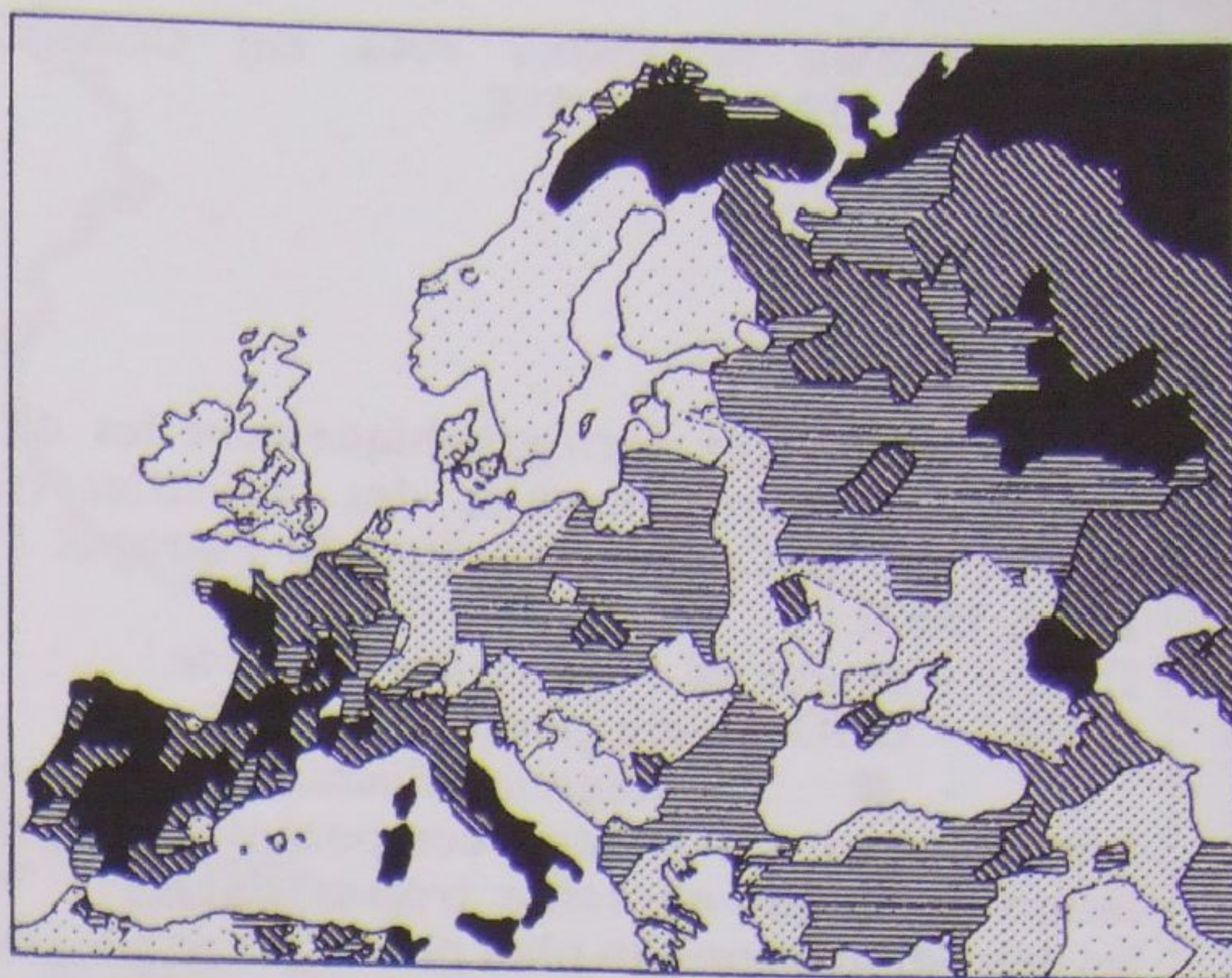




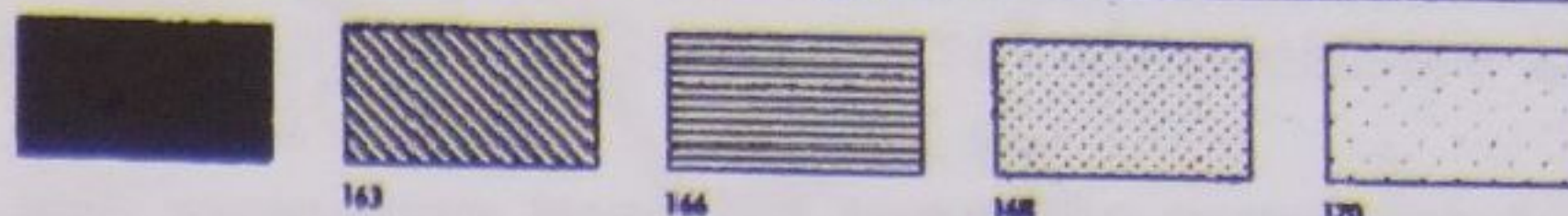
2



● INDICE CÉPHALIQUE

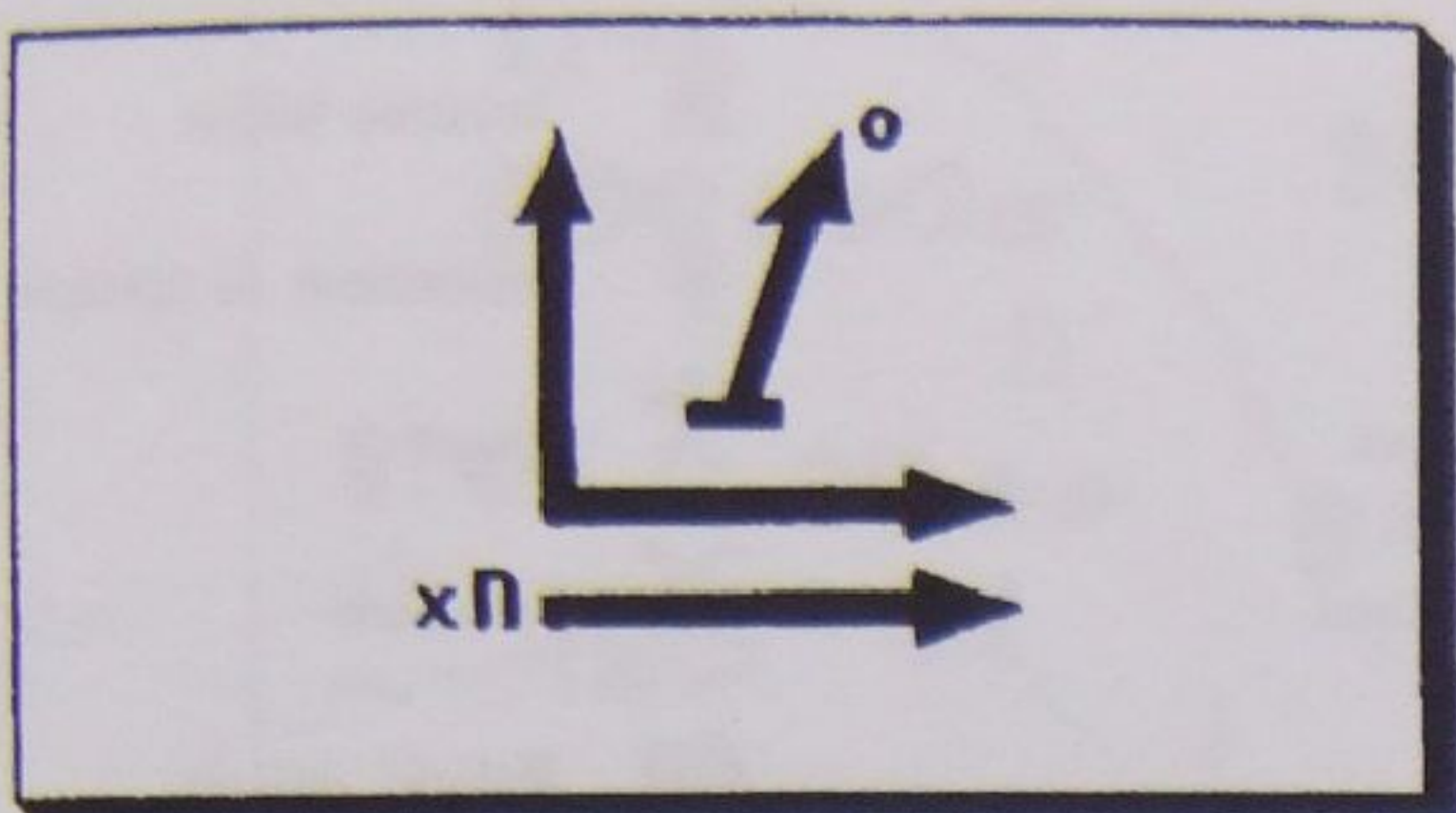


3

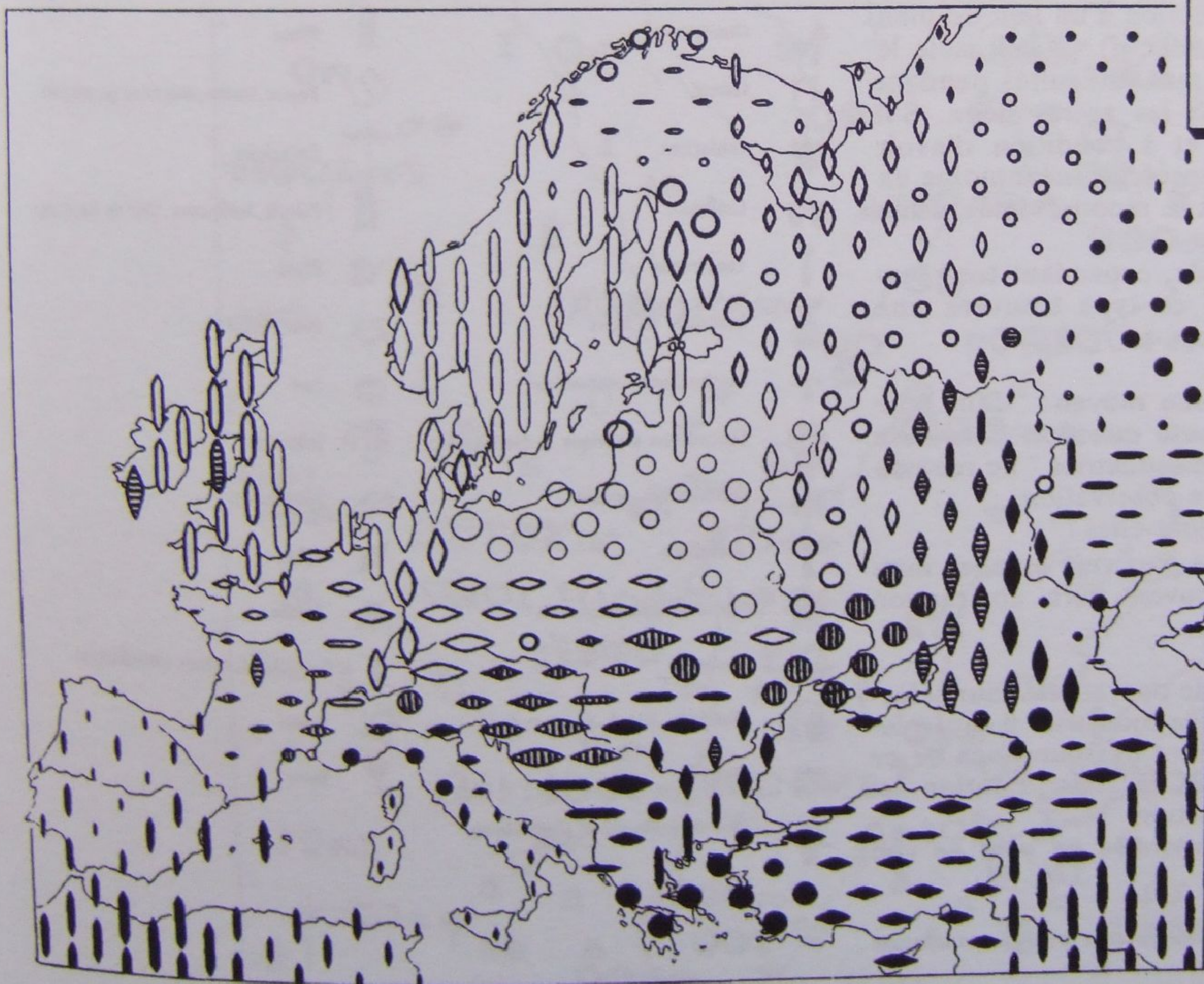


● TAILLE

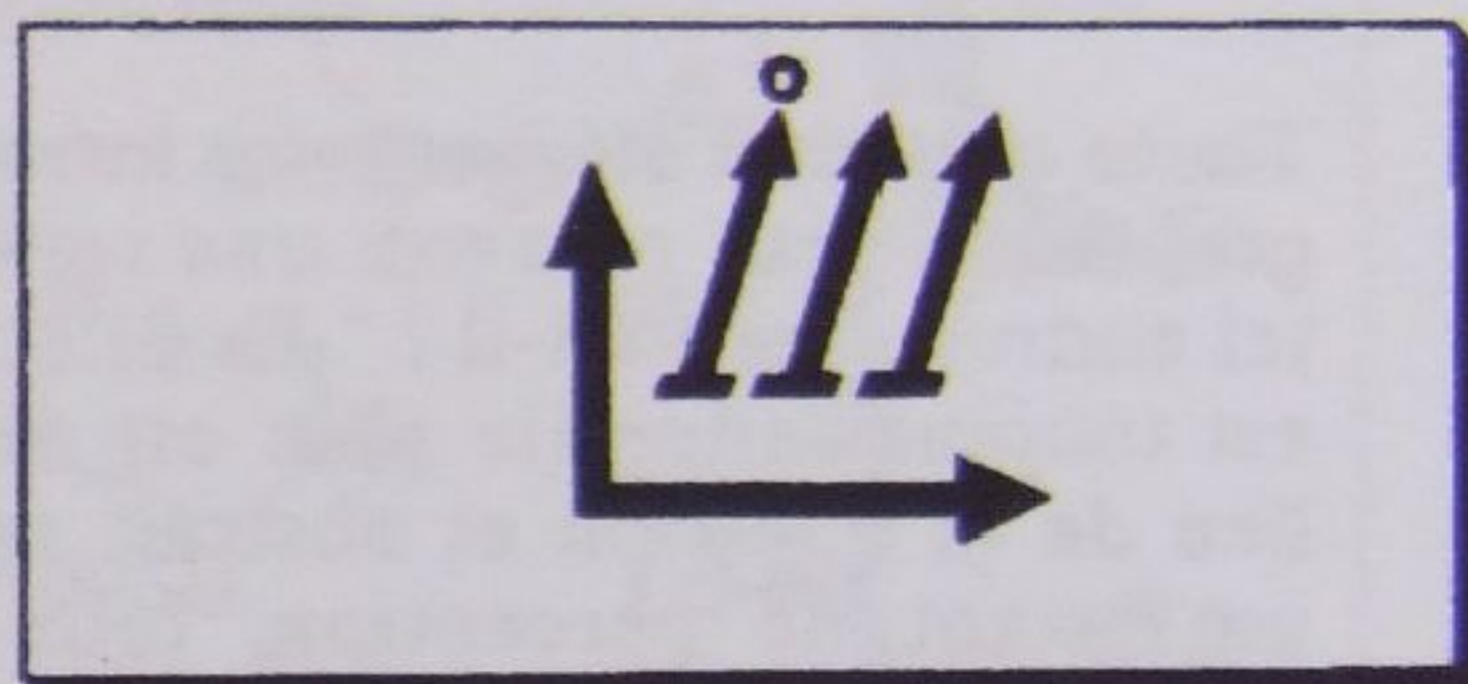
4



5



6



CARACTÈRES  
ANTHROPOMETRIQUES  
en Europe

● COULEUR DES CHEVEUX

- Clair prédominant
- Clair faiblement prédominant
- Clair et foncé
- Clair en minorité

● INDICE CÉPHALIQUE

	80	82	84	86
170				
168				
166				
164				



b. - L'IMAGE N'ADMET PAS DE COMPOSANTE NON ORDONNABLE.

Soit à représenter cartographiquement les différentes industries (d'après la carte des industries françaises publiée par le Comité National du Patronat Français, Paris, 1962).

INV. - un lieu où s'exerce une industrie.

COM. - GEO l'ordre géographique,  
- ≠ 59 catégories d'industries.

L'information est à deux composantes. Sa représentation graphique nécessite trois variables : les deux dimensions du plan pour l'ordre géographique, la variation de forme pour identifier 59 catégories (2).

Mais aucun concept ne peut ordonner ces 59 catégories (Si ce n'est une quantité de personnes ou de production mais l'information s'en trouverait transformée par l'adjonction d'une nouvelle composante, ce qui modifierait le problème graphique). Le schéma de cette construction est (3).

La longueur de la composante différentielle (59 catégories) conduit naturellement à la variable qui offre le plus de signes distincts : la variation de forme (1). La construction est donc logique. Mais quelle est son efficacité ?

Toute question élémentaire introduite par l'ordre géographique peut recevoir une réponse assez rapide. "A tel endroit, qu'y a-t-il ?" La sélection d'un lieu du plan est toujours aisée (le plan est sélectif).\* L'œil isole le lieu de la question et abstrait sans difficulté, pendant un instant de perception, tous les autres lieux. S'il reconnaît alors une chemise, et à condition d'avoir mémorisé la légende (ce qui représente néanmoins un gros effort préparatoire) il tient la réponse : une usine de bonneterie.

L'efficacité n'est pas très grande, cependant tout lecteur posant des questions de ce type trouvera une réponse dans cette construction.

Mais toute question d'un niveau moyen : "dans telle région qu'y a-t-il" et surtout toute question introduite par la composante "différentes industries" ne recevra de réponse qu'après une longue observation.

"Les usines de bonneterie où sont-elles ?"  
Il faut isoler les "chemises", ne plus voir qu'elles mais les voir toutes, c'est-à-dire pouvoir faire abstraction visuelle de tous les autres signes.

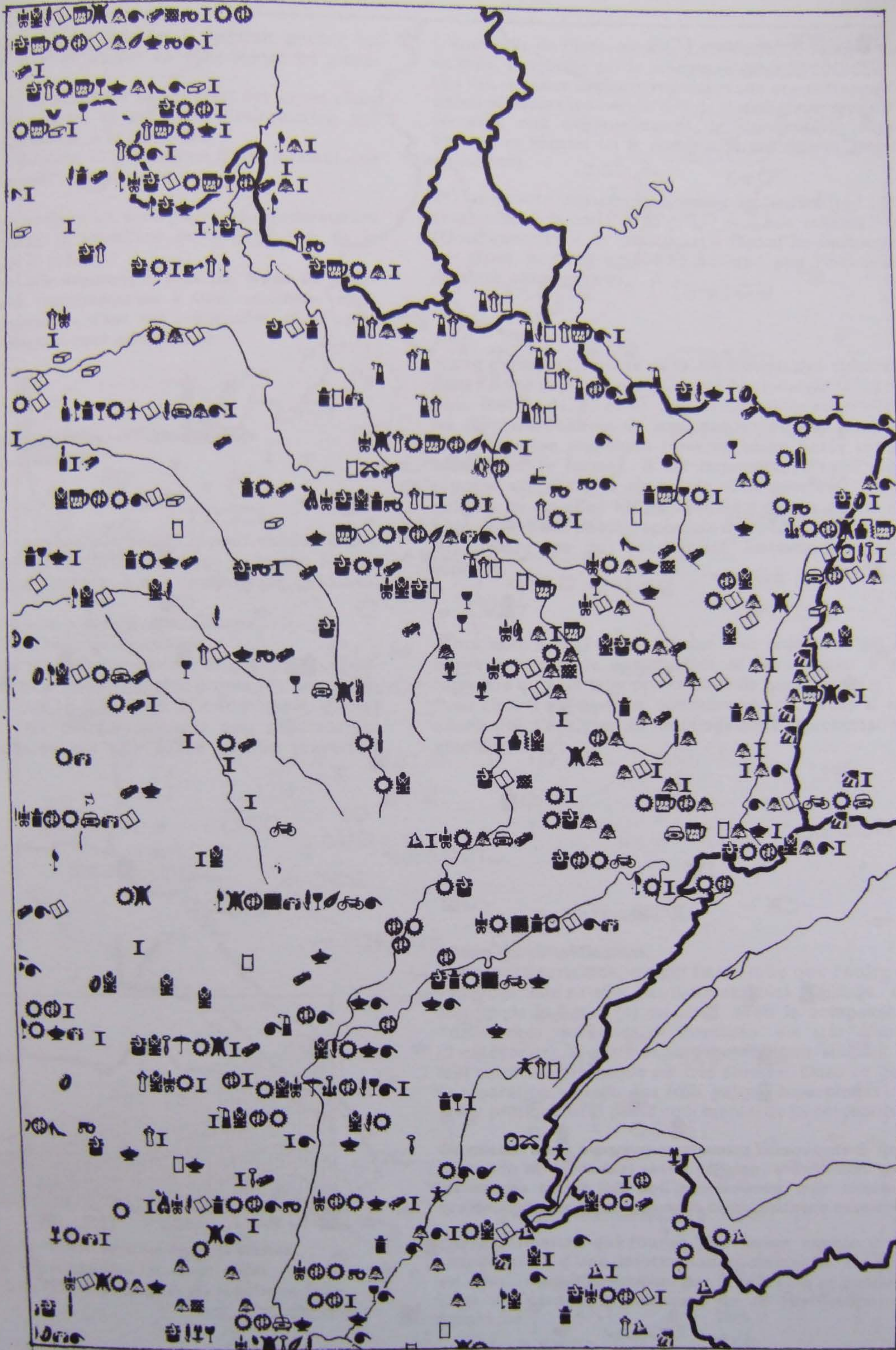
La carte ne permet pas une telle opération. Pour sélectionner tous les signes de chaque industrie, il faut plusieurs heures. Tout lecteur posant des questions de ce type ne trouve pas de réponse. La représentation est inefficace pour ce type de question.

Une variation rétinienne non ordonnée ne peut se voir en une image.

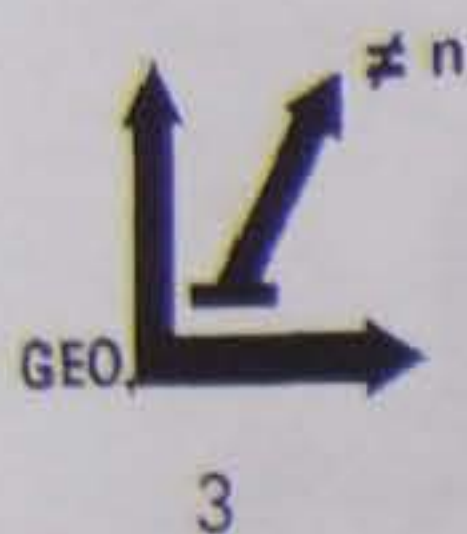
	Appareils électro-ménagers		Eaux minérales
	Automobile		Fonderie
	Barrage		Four solaire
	Bijouterie		Ganterie
	Biscuiterie		Gaz naturel
	Bois		Industrie alimentaire
	Bonneterie		Industrie chimique
	Boutons		Industrie horlogère
	Brasseries		Industrie laitière
	Caoutchouc		Instruments de musique
	Energie atomique		Jouets
	Centrale thermique		Lunetterie
	Céramique		Matériel agricole
	Champagne		Matériel de travaux publics
	Chapellerie		Mécanique
	Chaussures		Mines
	Ciment		Papier, Carton, Industries graphiques
	Confection		Parapluies
	Confiserie		Pétrole, Raffineries, St <sup>on</sup> de dégazage
	Conserverie		Pipes
	Conserves de fruits		Pont routier
	Constructions aéronautiques		Port
	Construction électrique et électronique		Sidérurgie
	Constructions navales		Sucrierie
	Coutellerie		Tabac
	Cuir, Tannerie, Mégisserie		Textile
	Cycles		Travail des métaux (métallurgie)
	Distillerie, Alcools, Liqueurs		Tubes
	Dentelle		Verre
	Électrometallurgie et électrochimie		

\* Le document original comporte évidemment une nomenclature complète des lieux.

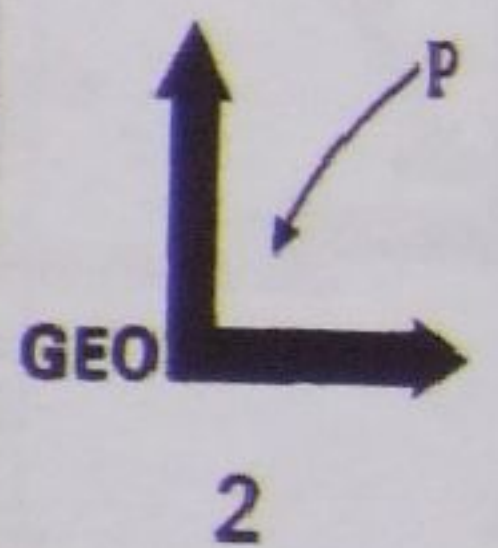
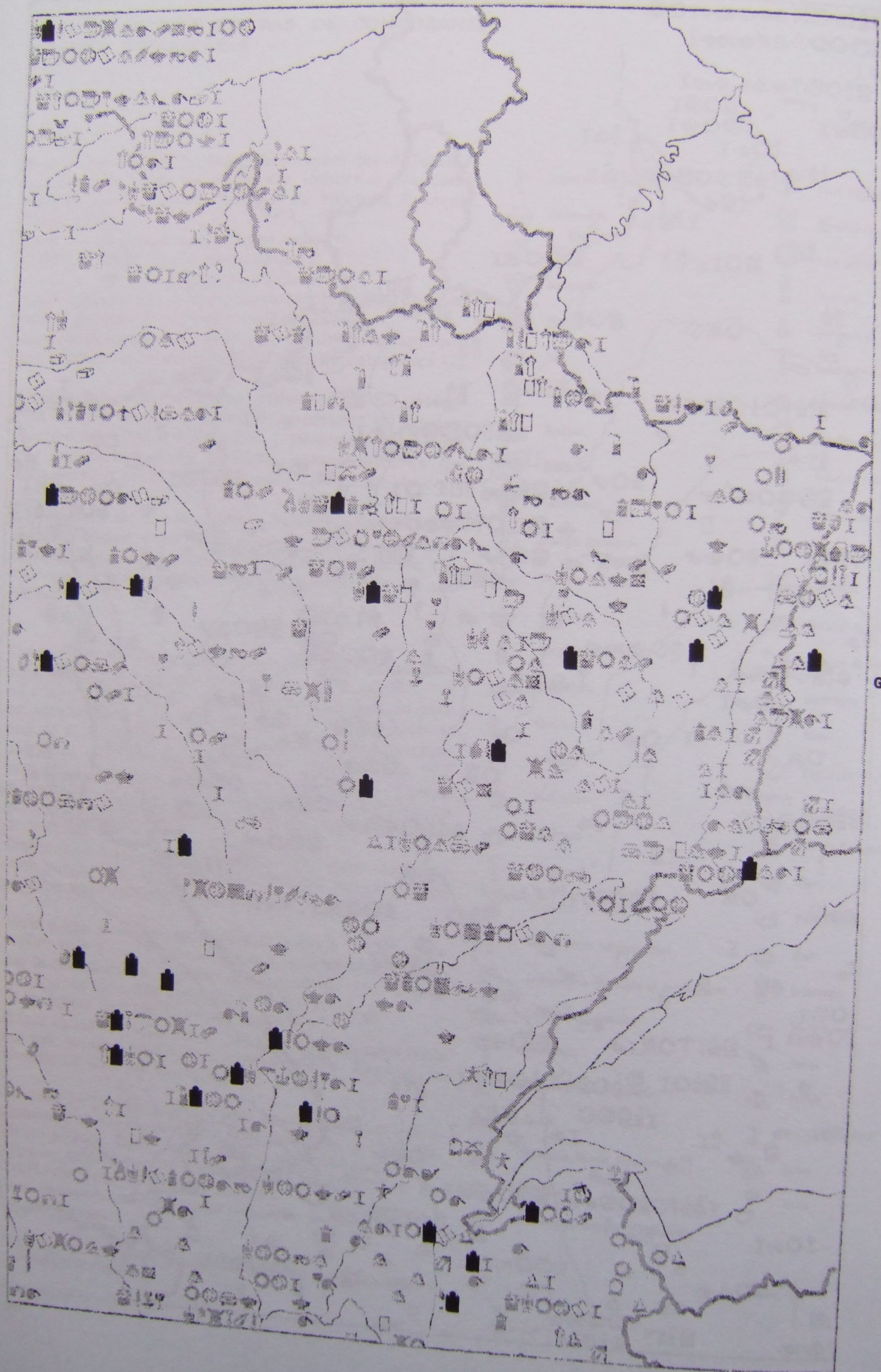




2









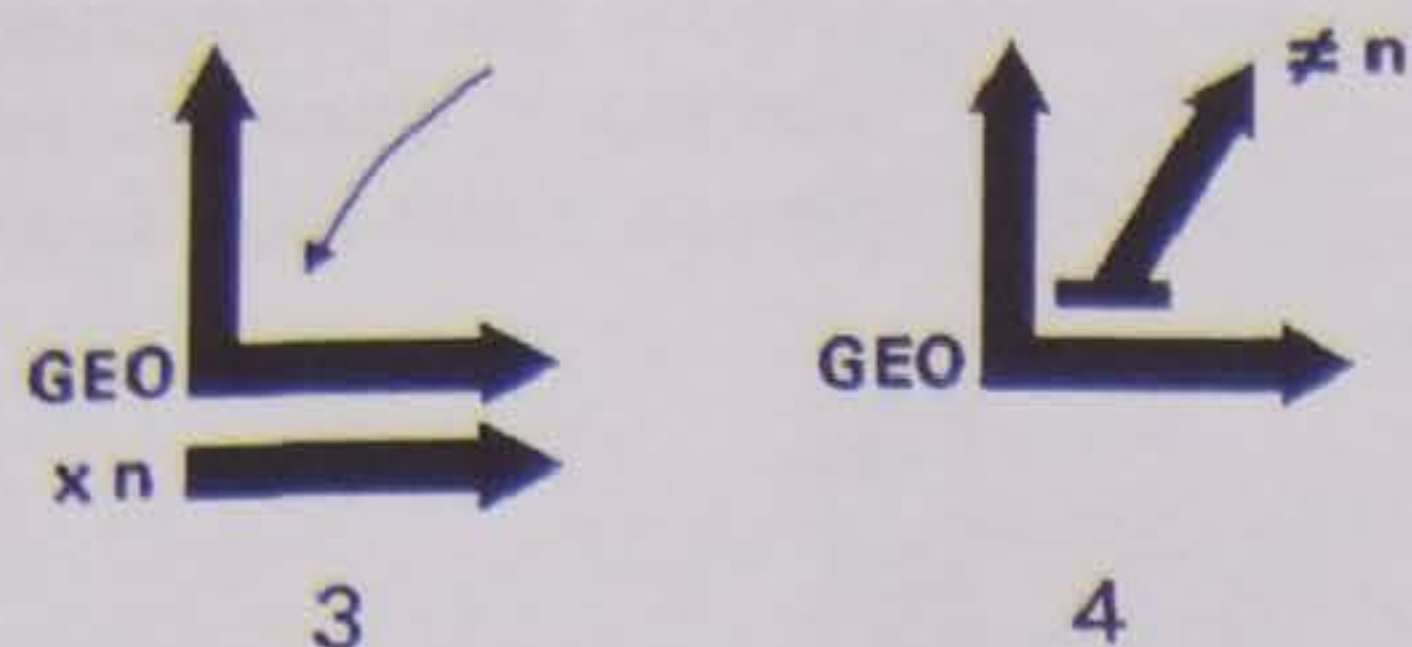
Pour parvenir à une réponse il faudrait pocher les chemises en noir et laisser en clair toutes les autres formes.

On pourrait alors isoler les signes noirs des signes clairs (variation de valeur) et percevoir l'information originale correspondant à la question.

Dans la construction (1), les signes noirs forment une image, facilement mémorisable.

Nous retrouvons donc ici, mais pour une représentation à trois variables, le problème de la page 154. Et la conclusion est la même :

Pour répondre efficacement à tous les types de question, dans une représentation à trois variables, mais dont une composante n'est pas ordonnable, deux constructions graphiques sont nécessaires :



Soit :

1°) Une carte, suivant le schéma (2) pour chaque industrie. Expliquons ce schéma. Chaque industrie fournit une information partielle, à une composante, qui s'analyse :

INV. - un lieu où s'exerce telle industrie.

COM. - GEO l'ordre géographique.

et qui mobilise les deux dimensions du plan. Les correspondances dans le plan sont des points (P) non différenciés entre eux (il n'y a pas de composante qui les différencie). Des correspondances non différenciées sont schématisées par une flèche courbe renversée.

L'ensemble de l'information, c'est-à-dire 59 images de ce type, s'exprime par le schéma (3) ( $n = 59$ ).

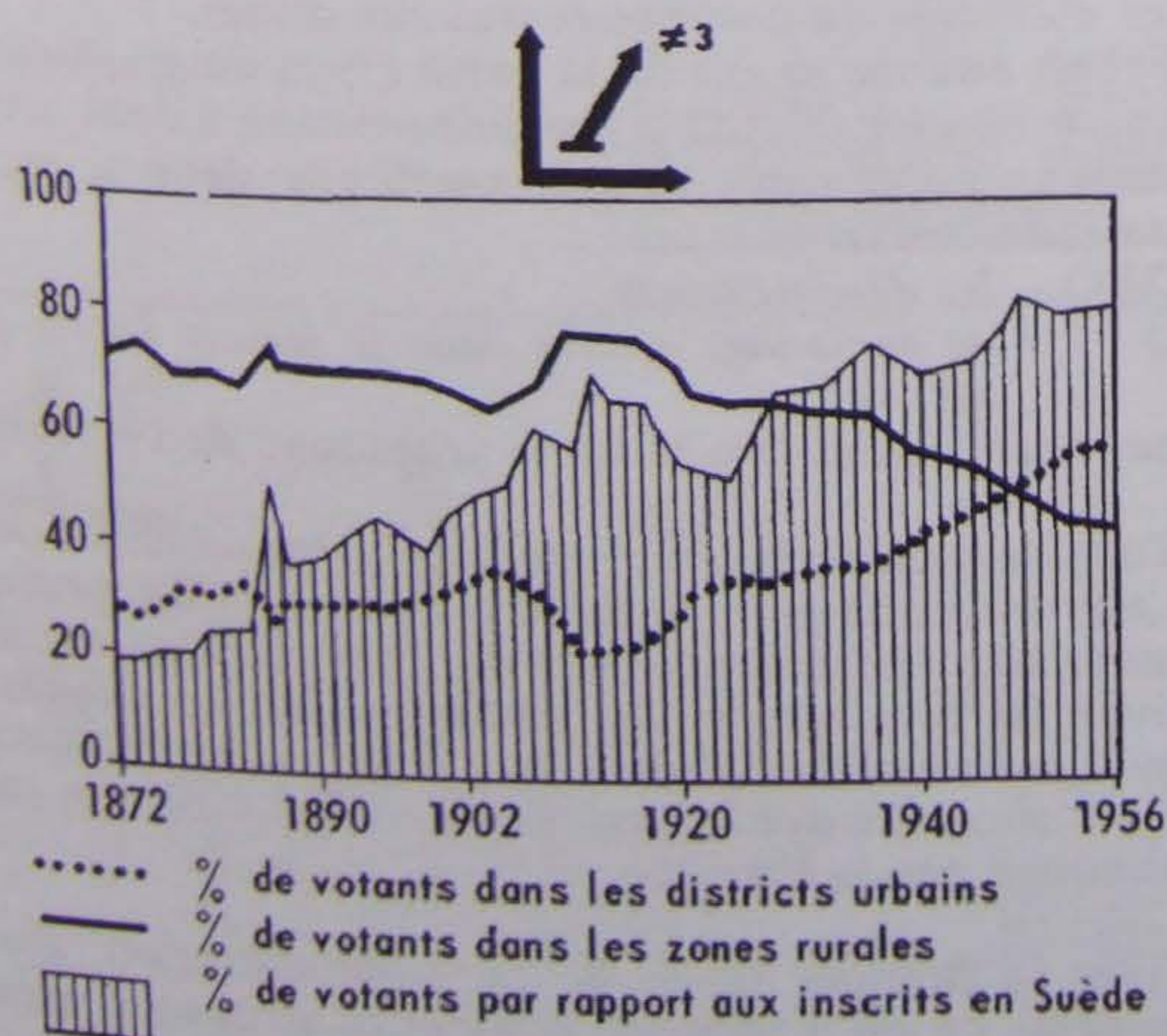
(En fait on peut toujours regrouper sur ces cartes partielles plusieurs industries, soit de distributions très différentes, soit éventuellement de distributions semblables, et réduire ici le nombre de ces figures à une quinzaine).

2°) Une carte représentant toutes les industries, correspondant à la carte de la p. 157 et à son schéma (4). (Une redondance de couleur, regroupant les industries par types, pourrait améliorer quelque peu l'efficacité de cette construction).

Autre exemple : la carte de la répartition des cultures, dans l'Atlas de France du Comité National de Géographie, feuilles 41, 42 et 43. Non ordonnables entre elles, les diverses cultures ne sont pas ordonnées dans la représentation graphique (diversification basée sur la couleur et la forme). Il est impossible d'avoir une réponse complète et spontanée à la question "Telle culture, où est-elle ?" Il manque les 8 petites cartes en noir, réductions photographiques de chaque répartition de culture, et qui fourniraient instantanément la réponse.

A nouveau il est évident ici que tout rédacteur qui se borne à une seule construction se borne aussi à ne répondre qu'à un type préférentiel de questions.

Pour choisir ce type en connaissance de cause il est nécessaire d'analyser les fonctions de la représentation graphique.



### L'idée de simplification

Certaines figurations peuvent faire croire que l'ordre et l'homogénéité ne sont pas indispensables à l'image. La lecture de la figure (5) est aisée. Mais la composante "différentes catégories de quantités" est très courte (3 catégories), les formes superposées sont simples et leur sélection graphique est très étudiée. Dans ce cas, la séparation visuelle des trois images superposées ne grève pratiquement pas le coût mental de la perception.

On pourra donc superposer plusieurs images dans une figuration et cependant rester efficace, à condition que les images soient très peu nombreuses, très simples, et sélectionnées graphiquement de la meilleure manière.

De l'information qui fournit une image simple à la simplification d'une information complexe le chemin est court, mais il doit passer par la réflexion et conduit aussi à l'étude des fonctions de la représentation graphique.



## C. Fonctions de la représentation graphique

Lorsqu'une information à trois composantes est construite suivant le schéma de base (1), elle forme une image et elle offre une réponse spontanée à toutes les questions qu'elle peut susciter, quels qu'en soient le type et le niveau. Il n'y a pas lieu de choisir des questions préférentielles et nous verrons qu'elle répond alors à toutes les fonctions de la représentation graphique.

Mais l'image est limitée à trois variables visuelles. Or la connaissance est un effort permanent de comparaisons qui, en fait, augmentent le nombre des composantes que l'on introduit dans la réflexion. Les informations à plus de trois composantes constituent l'essentiel des problèmes de la communication. Le choix des questions préférentielles est un problème

permanent. Pour l'orienter il faut dépasser le cas particulier et analyser, dans le cadre de la représentation graphique, comment un homme tire partie de ses moyens perceptifs pour étendre sa connaissance – en fait comment *il utilise sa mémoire*.

Comprendre une information graphique c'est mémoriser visuellement une ou plusieurs images et il est évident que pour une information donnée, la mémorisation sera d'autant plus difficile que le nombre d'images sera grand. En définitive ce sont les conditions de mémorisation, liées à la quantité et au niveau conceptuel des informations qui permettent de séparer et de préciser trois fonctions dans la représentation graphique, et probablement dans tout système de communication.

### 1. ENREGISTRER L'INFORMATION (Les dessins d'inventaire).

La représentation graphique peut avoir comme fonction de fournir un inventaire commode et exhaustif de l'information. Le plan et les signaux visuels sont utilisés pour noter toutes les correspondances d'un ensemble informationnel donné, afin de :

- créer une mémoire artificielle
- qui évite l'effort de mémorisation.

Le plan du métropolitain, que l'on peut mettre dans la poche, la carte routière, les tableaux de chiffres évitent de devoir mémoriser toutes les lignes, toutes les correspondances, tous les nombres. Ils sont disponibles dans un document qui les réunit et les rend commodément accessibles.

Ce qui importe c'est que tous les renseignements "annoncés", c'est-à-dire concevables dans le domaine défini par le titre, y soient consignés. C'est l'**EXHAUSTIVITÉ**.

Ce qui importe moins, c'est le temps nécessaire pour extraire les correspondances recherchées, c'est-à-dire le nombre d'images que requiert une réponse correcte. Le document peut être dans son ensemble **NON MÉMORISABLE**.

Dans cette fonction, la représentation graphique est un **INVENTAIRE** et elle s'accommode de la lecture au niveau élémentaire.

Cette fonction autorise donc la construction de **FIGURATIONS** complexes, à images multiples, limitées seulement par les règles de lisibilité.

Le chercheur, enquêteur, explorateur... qui relève des informations, les note sous forme de chiffres, de lettres, de symboles formels ou colorés sur un tableau ou une carte emploie le meilleur système d'enregistrement graphique, le plus facile en même temps que le moins

ambigu (suppression des confusions à la relecture). Il constitue un inventaire, qui peut être très vaste, sans lequel rien ne peut être fait, mais à partir duquel tout reste à faire.

Telle est la carte du paysage agraire (2) au 1/1000000 (ici réduite de plus de trois fois) et dont la légende est fournie p. 150. A l'échelle normale elle décrit point par point le paysage. Elle ne permet pas de répondre spontanément aux questions du type "Telle catégorie où est-elle?" et d'introduire la réponse dans un jeu de comparaisons externes. Mais cependant elle contient ces éléments. Il reste à les extraire.

Tel est le diagramme (p. 259), qui contient à lui seul les éléments de nombreux travaux divers.

Tel est encore le cas de la carte (3) et du graphique (4) qui, bien que relatifs à une information à deux composantes : population active employée dans le secteur tertiaire, suivant :

GEO - les départements

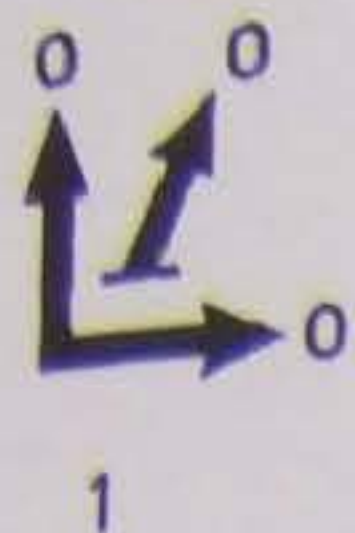
Q - de personnes actives dans le secteur III (% pers. actives)

ne représentent que le stade graphique de l'inventaire.

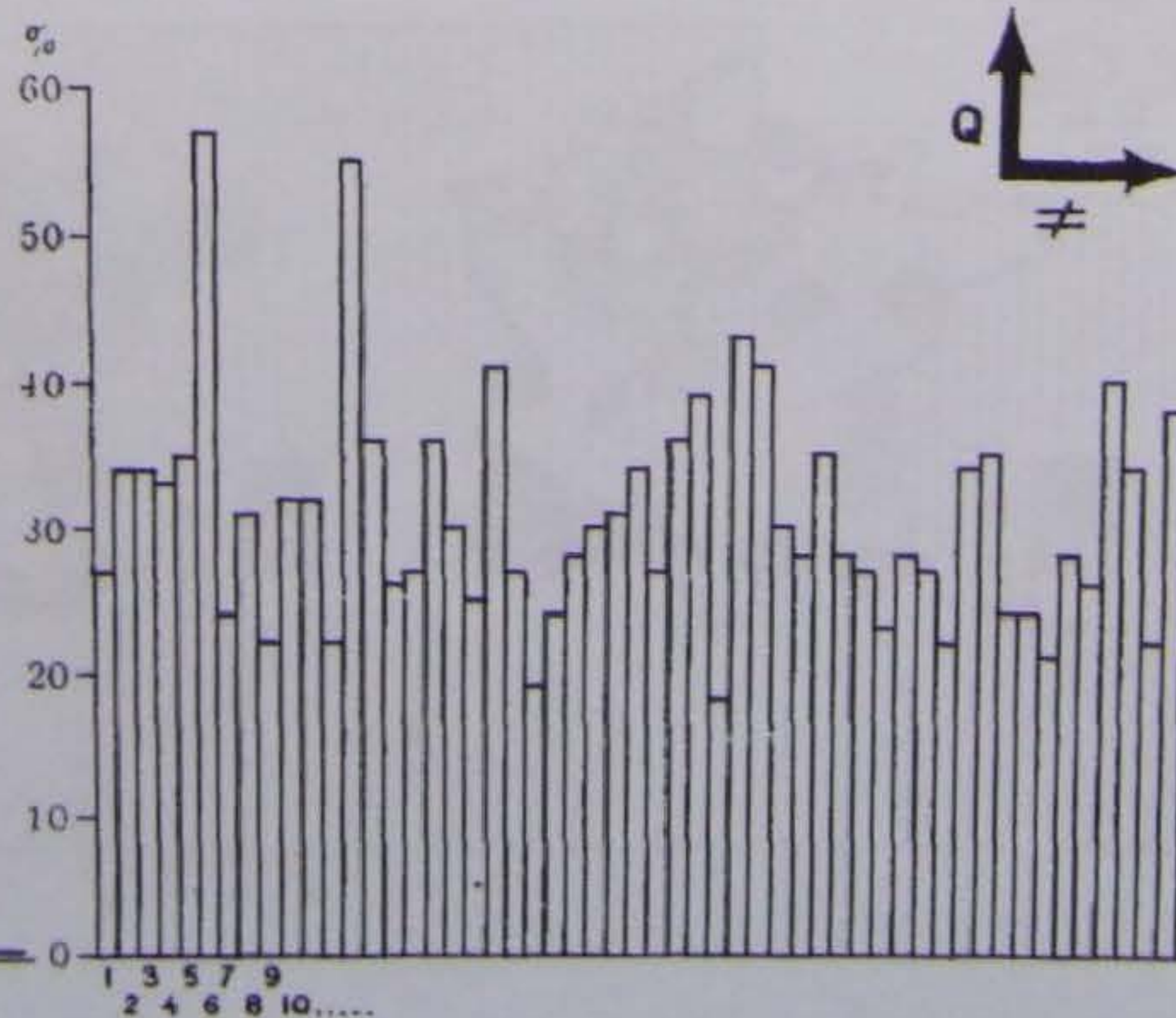
Tous ces documents doivent être relus point par point. Leur mémorisation visuelle d'ensemble est pratiquement inutile (sauf pour (2) où l'addition est significative). Ils sont formés de multiples images moyennant quoi tous ces documents sont exhaustifs. Ils contiennent la totalité des informations connues, dans le cadre annoncé par la titraison.

C'est le premier stade de la communication. Qu'on imagine ce qu'il faudrait apprendre si chaque spécialiste s'était arrêté à l'inventaire !





2



4



## 2. COMMUNIQUER L'INFORMATION

(les dessins simplifiés ou "messages")

A l'opposé la représentation graphique doit fournir les moyens de retenir une information à l'aide de la mémoire visuelle. Le plan et les signaux visuels sont utilisés pour communiquer une information, pour

- créer une image mémorable
- qui inscrive **L'ENSEMBLE DE L'INFORMATION** dans le champ des connaissances acquises.

Les cartes scolaires, les croquis au tableau et toutes les représentations de nature pédagogique tendent à inscrire l'information dans la mémoire, à faire en sorte qu'elle devienne une connaissance acquise susceptible d'être *restituée dans la pensée* au moment de l'examen, à l'occasion d'une conversation, d'une recherche, d'une décision à prendre.

Ce qu'il importe c'est que l'information soit **MÉMORISABLE**.

Ce qu'il importe moins, c'est le nombre des correspondances retenues, pourvu que celles-ci soient essentielles. L'image peut être **NON-EXHAUSTIVE**.

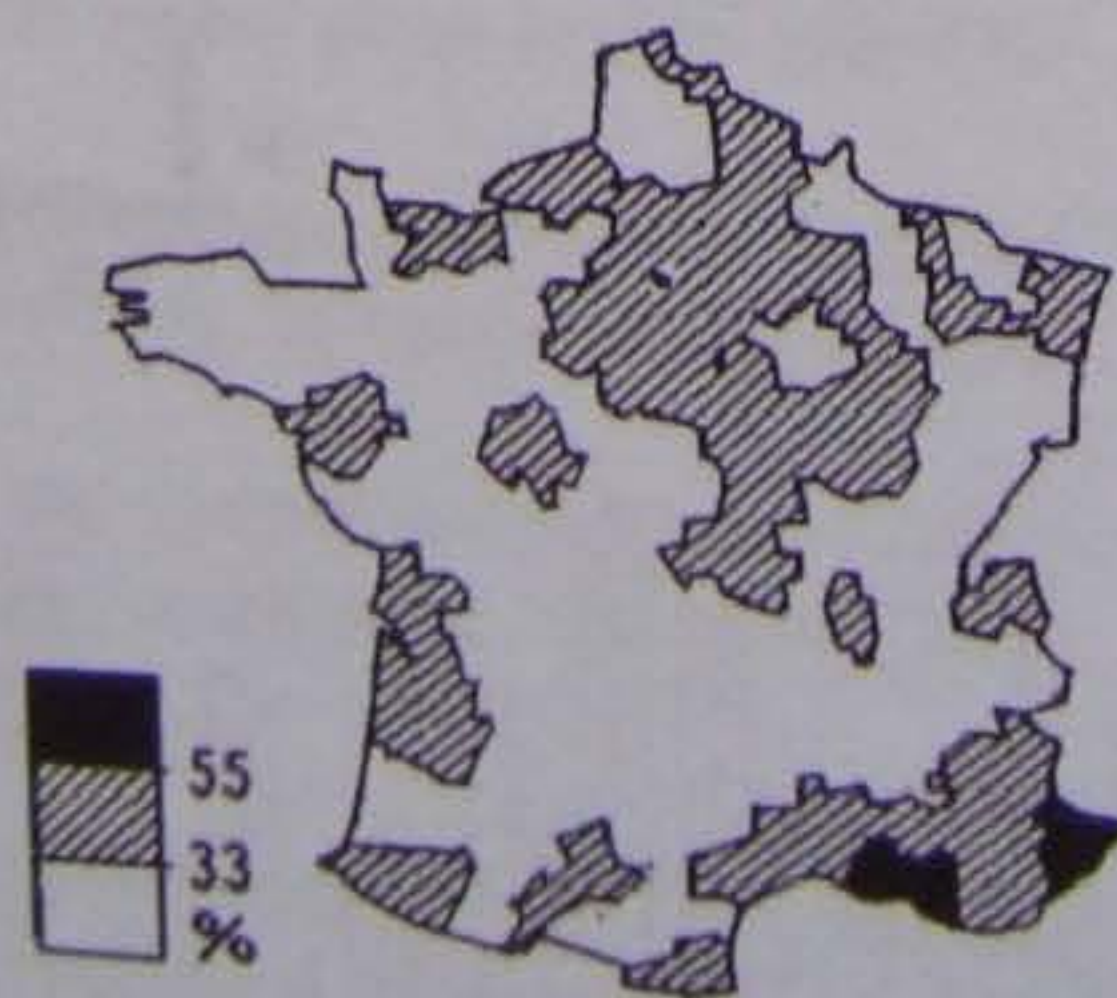
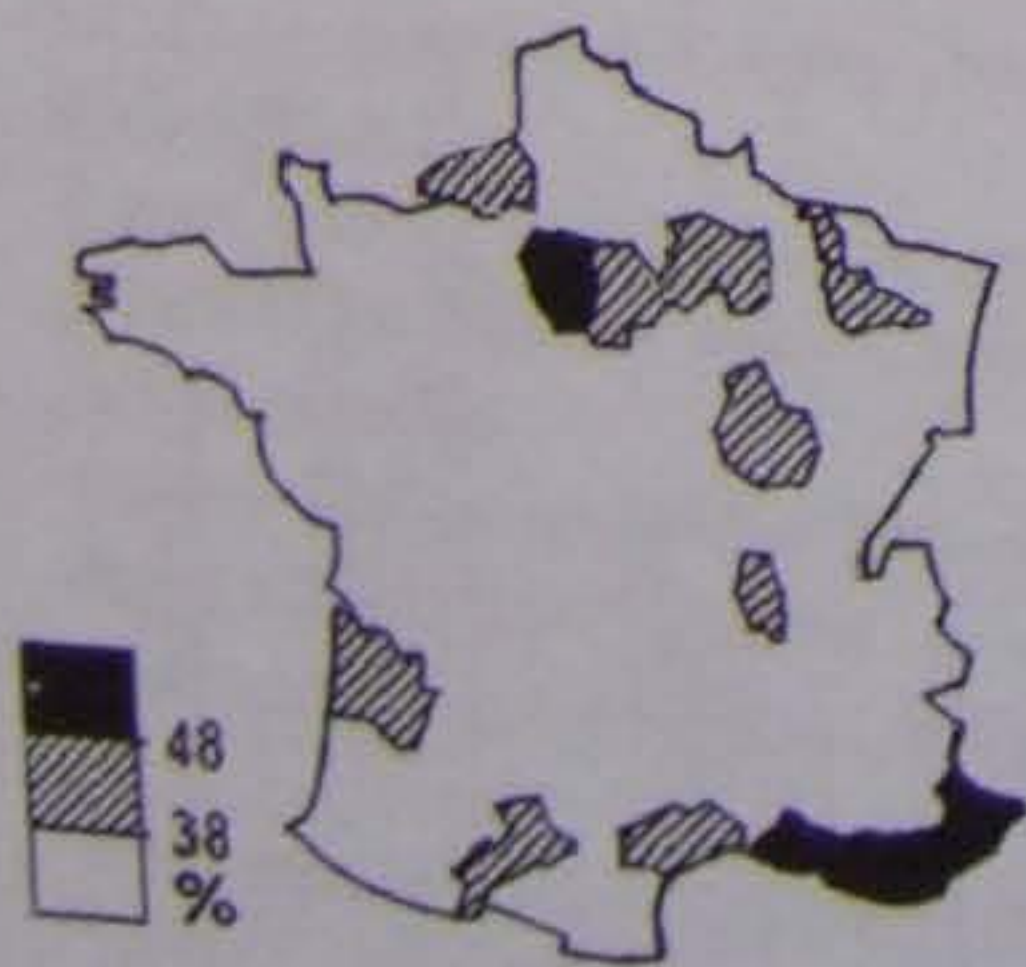
Dans cette fonction, la représentation graphique est un "MESSAGE". Il sera d'autant plus efficace que le nombre des images (superposées ou séparées) et leur complexité seront réduits et que la lecture pourra être faite au **NIVEAU DE L'ENSEMBLE**.

Tel est le cas de la carte (2) qui, moyennant une simplification importante, permet de retenir en quelques instants l'essentiel de l'information contenue dans (2) page précédente.

Telle est la carte simplifiée (3) qui offre en une image aisément mémorable l'essentiel de l'information (3) page précédente.

Le graphique (4) montre combien cette simplification est grande et souligne la réduction du nombre des correspondances que représente la carte (3) par rapport à l'information exhaustive.

Dans les trois cas, l'essentiel résulte d'un choix. Mais ce choix est-il bon ? Les cartes (1) qui représentent la même information que (3) montrent que de nombreux choix sont possibles, que l'essentiel reste à préciser. Comment donc réduire l'information exhaustive, définir le plus petit nombre d'images simplifiées pour que l'information devienne communicable, mémorable, *sans trahir ni détruire* ? Comment justifier ce choix ? Le choix est-il toujours nécessaire ?





Territoire de la  
République du Tchad  
(Partie sud-est)

SURFACE CULTIVEE

10% et +

PAYSAGE AGRAIRE

Champs de Brousse

Coton

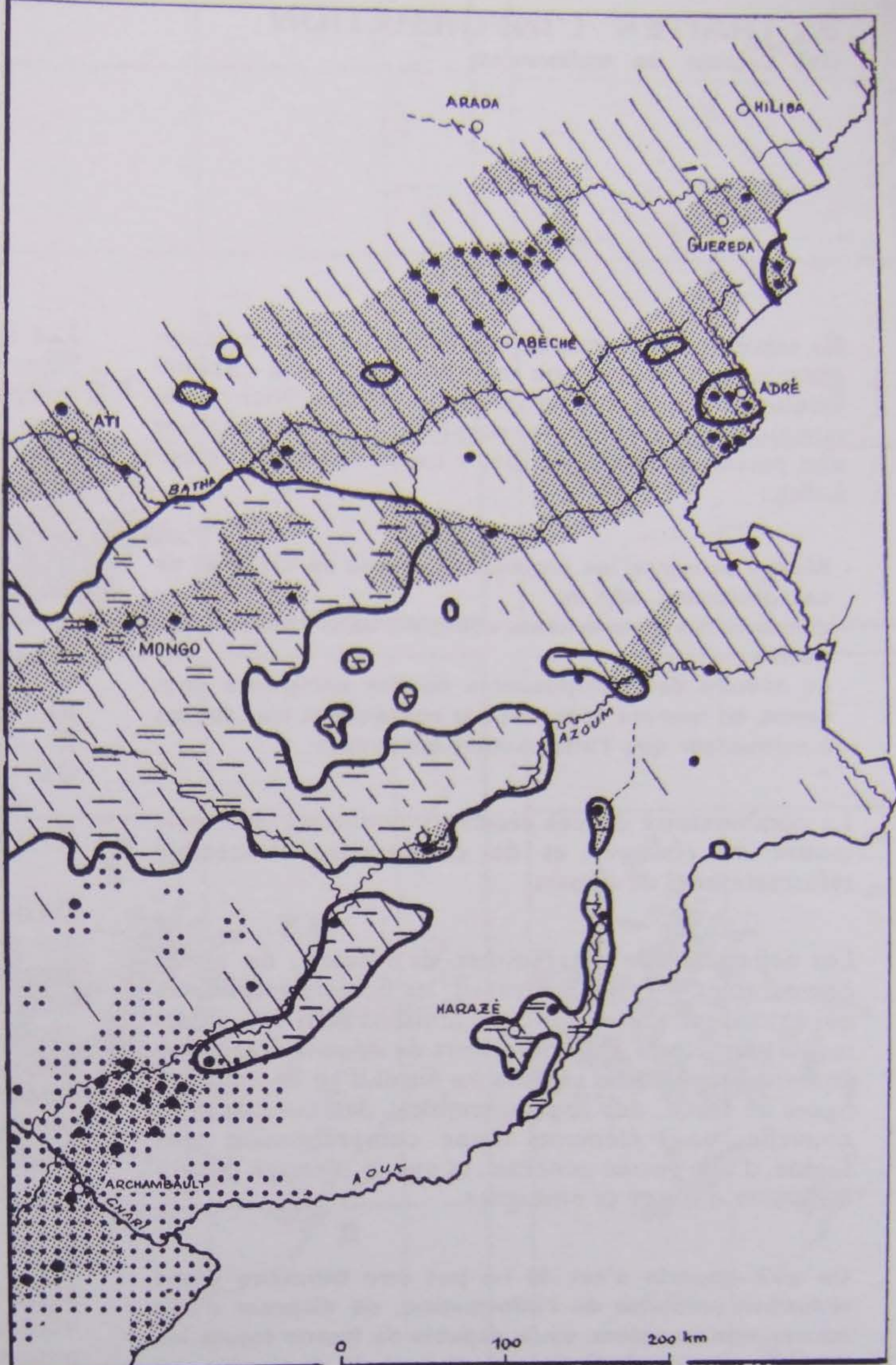
Champs de bas-fonds

Rosaces (champs  
rayonnants autour  
d'un point central)

Parc

CHAMPS PERMANENTS

GEO  
SIMPLIFIÉ



GEO  
SIMPLIFIÉ

3

> 34 %

4

de 34  
à 27 %

< 27 %

Q  
SIMPLIFIÉ

34  
27  
%



### 3. TRAITER L'INFORMATION (les dessins de traitement)

La représentation graphique permet de *réduire* l'enregistrement exhaustif non mémorisable à une communication mémorisable parce que simplifiée. Pour que la communication soit utile, simplifier n'est pas extraire une partie de l'information, c'est la "traiter", c'est-à-dire :

- Mettre en œuvre les processus de mise en ordre et de catégorisation, afin de
- découvrir les groupements contenus dans l'information traitée,
- en déduire des composantes ou des catégories nouvelles, en nombre réduit et par conséquent plus faciles à mémoriser que l'information exhaustive.

La combinatoire de ces éléments nouveaux doit permettre de restituer et de comprendre l'ensemble informationnel de départ.

Les collections de diagrammes, de réseaux, de cartes comparables, les atlas de travail, les fichiers graphiques qui autorisent toutes les comparaisons tous les classements permettent aux chercheurs de *découvrir les corrélations contenues dans un domaine fini* et d'en déduire des lignes de force, des sous-ensembles, des composantes nouvelles, tous éléments d'une compréhension plus rapide, d'une portée générale, et que le message pourra utilement diffuser et enseigner.

Ce qu'il importe c'est de ne pas être tributaire d'une réduction préalable de l'information, de disposer d'une information complète, seule capable de fournir toutes les données d'une corrélation et d'un choix pertinents. La représentation doit être **EXHAUSTIVE**.

Mais il importe aussi que toutes les comparaisons, que tous les classements soient possibles et aisés. Les questions les plus utiles se situeront évidemment au niveau de la lecture d'ensemble et devront trouver leur réponse dans un nombre réduit d'images comparables. La représentation doit être ramenée au plus petit nombre d'**IMAGES MÉMORISABLES**.

Dans cette fonction, la représentation graphique est un instrument expérimental qui conduit à la construction de collections d'images comparables avec lesquels le chercheur "joue". Il les classe et les ordonne de différentes manières, groupe les images semblables, reconstruit des images ordonnées pour découvrir le schéma synthétique à la fois le plus simple et le plus significatif.

Les images de traitement, de réflexion, doivent être libres d'entrer sans difficulté dans n'importe quel jeu de comparaisons ou de superpositions et non être, comme dans les inventaires, liées entre elles sous prétexte d'une dépendance en fait toujours remise en question et qui réduit la liberté de réflexion et de manipulation.

L'information (2) p. 161 n'est que la superposition évidemment confuse des images (1) ci-contre.

% - *surface cultivée (+ 50, 50-10, - 10, désert)*

B - *champs de brousse*

C - *coton*

BF - *champs de bas-fonds*

R - *rosaces*

OS - *cultures intensives (c'est-à-dire occupation permanente du sol)*

P - *parc.*

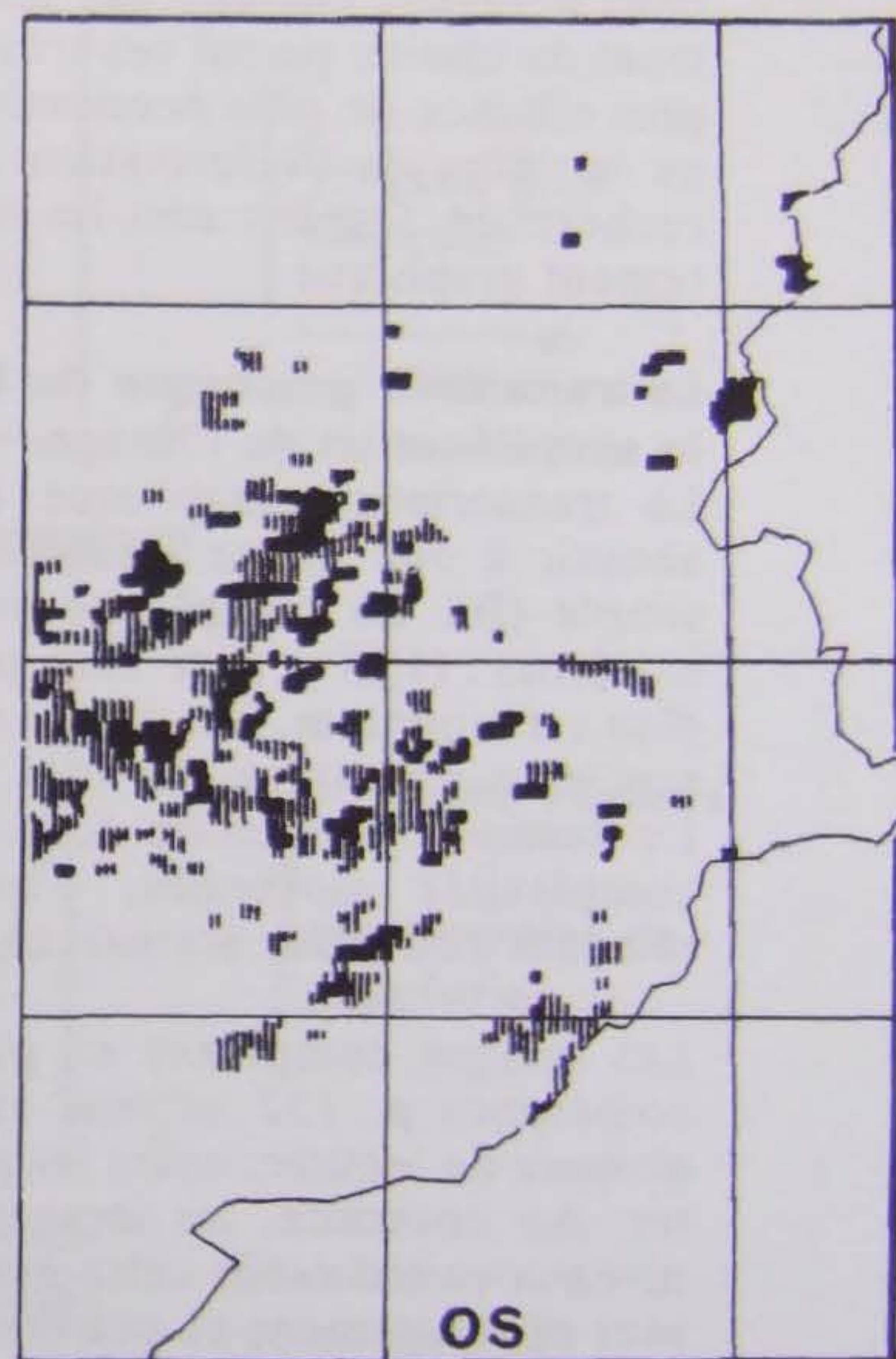
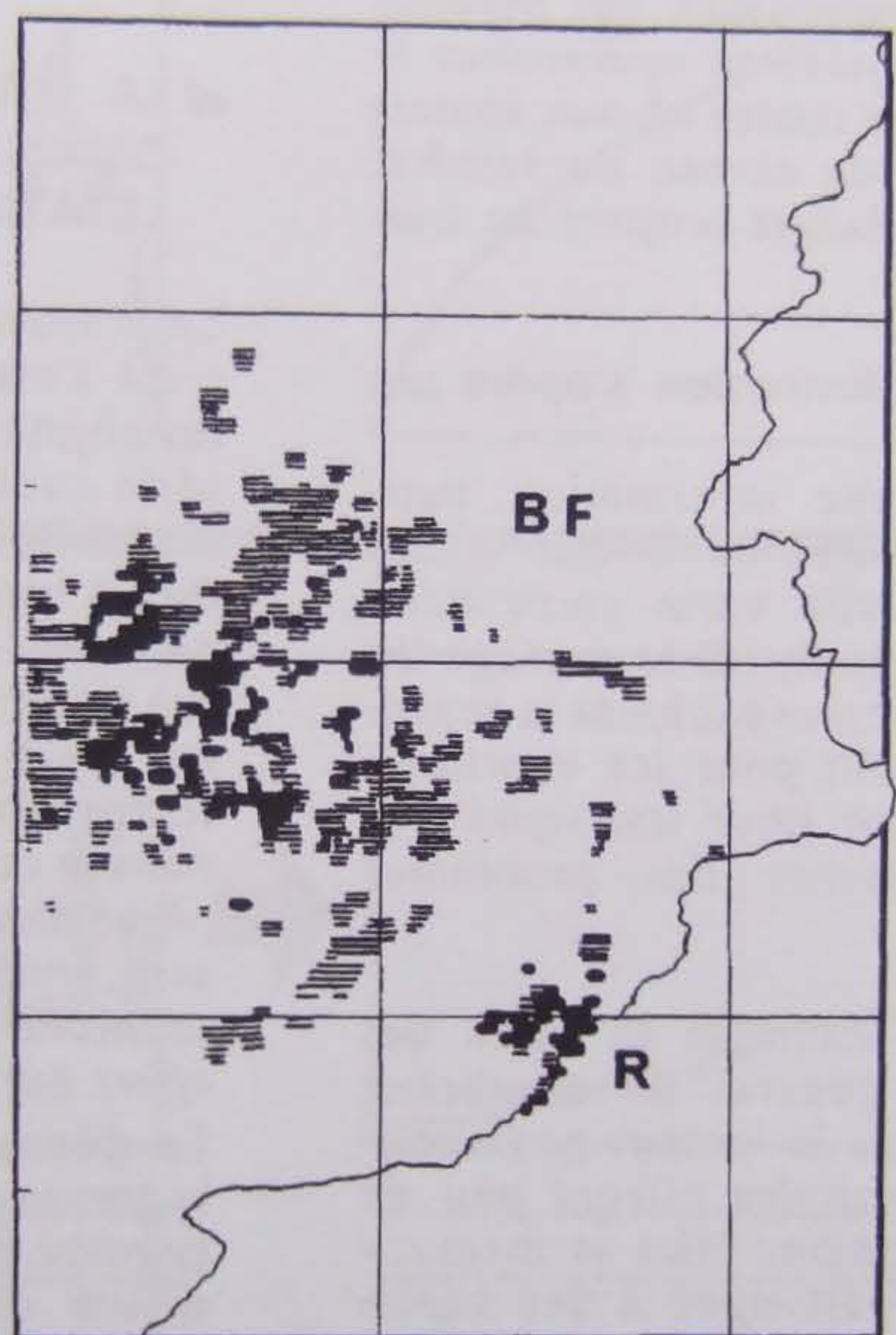
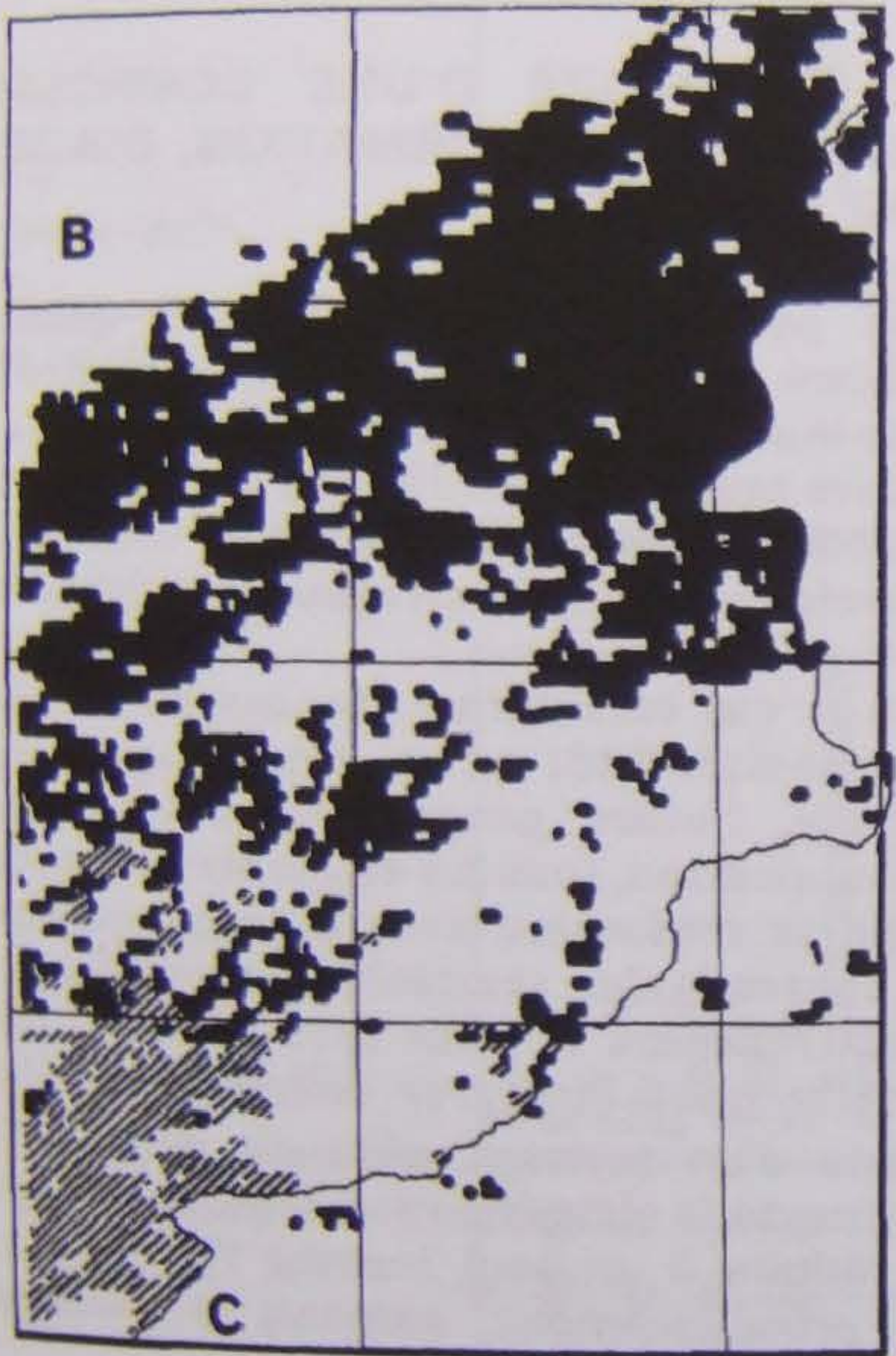
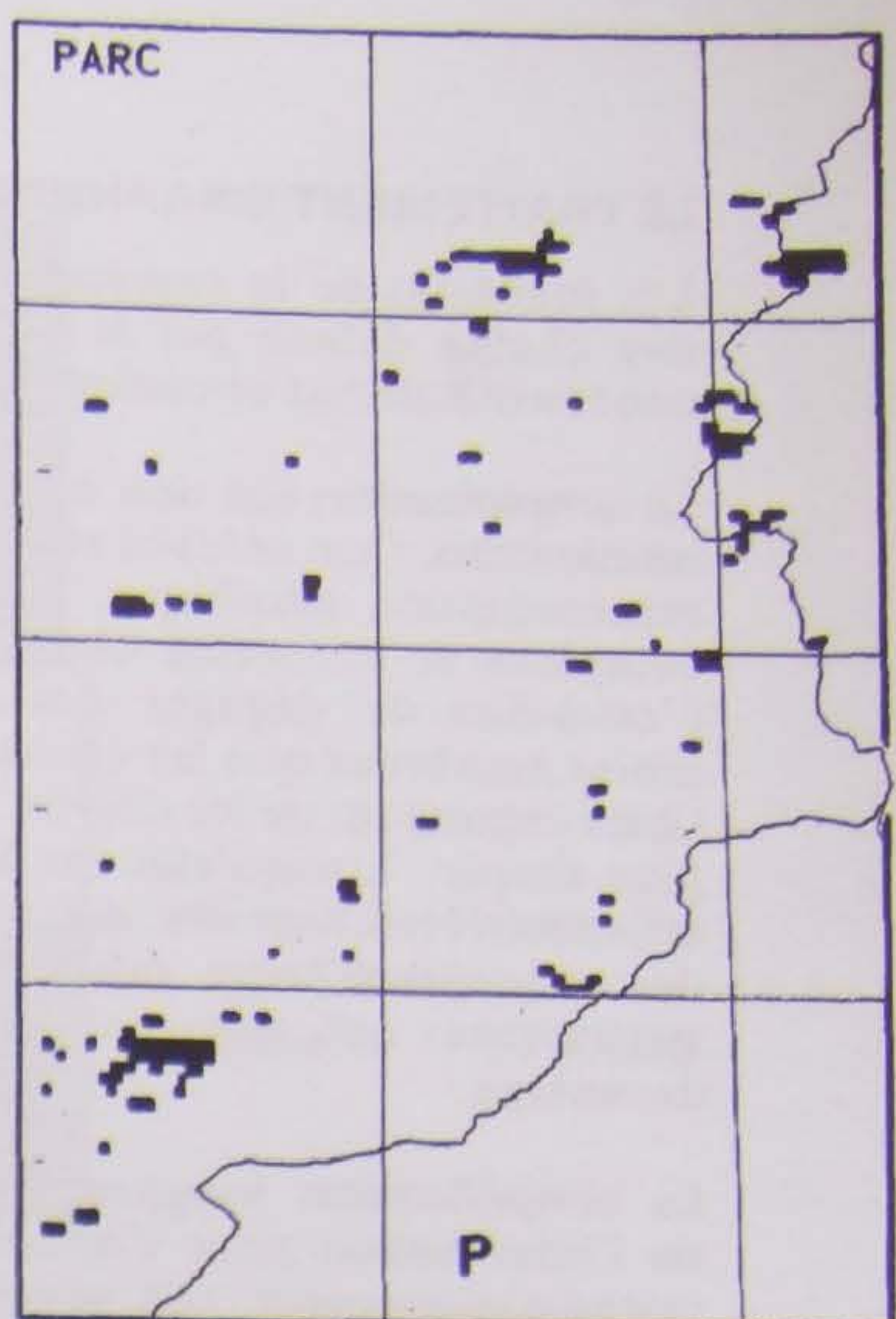
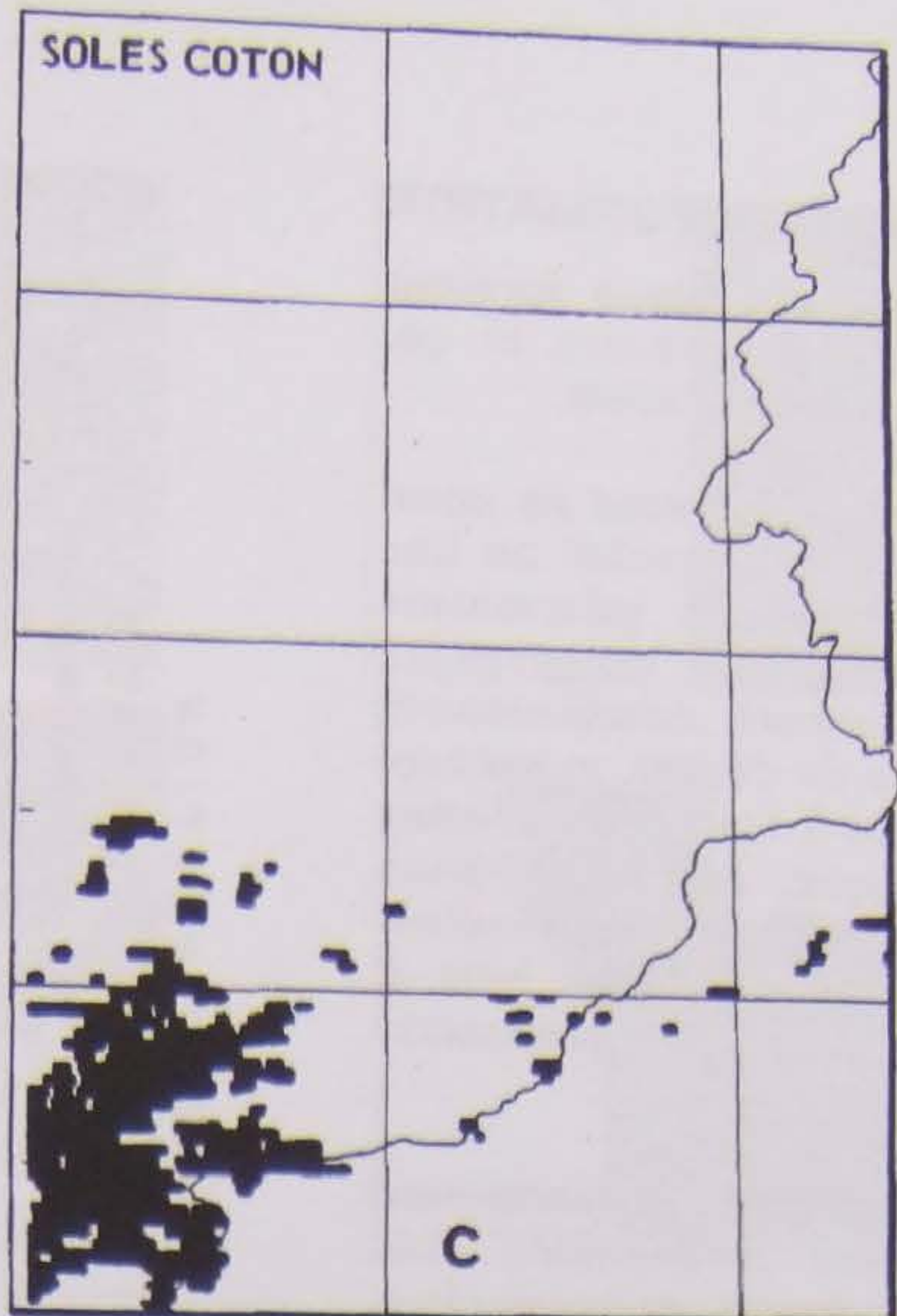
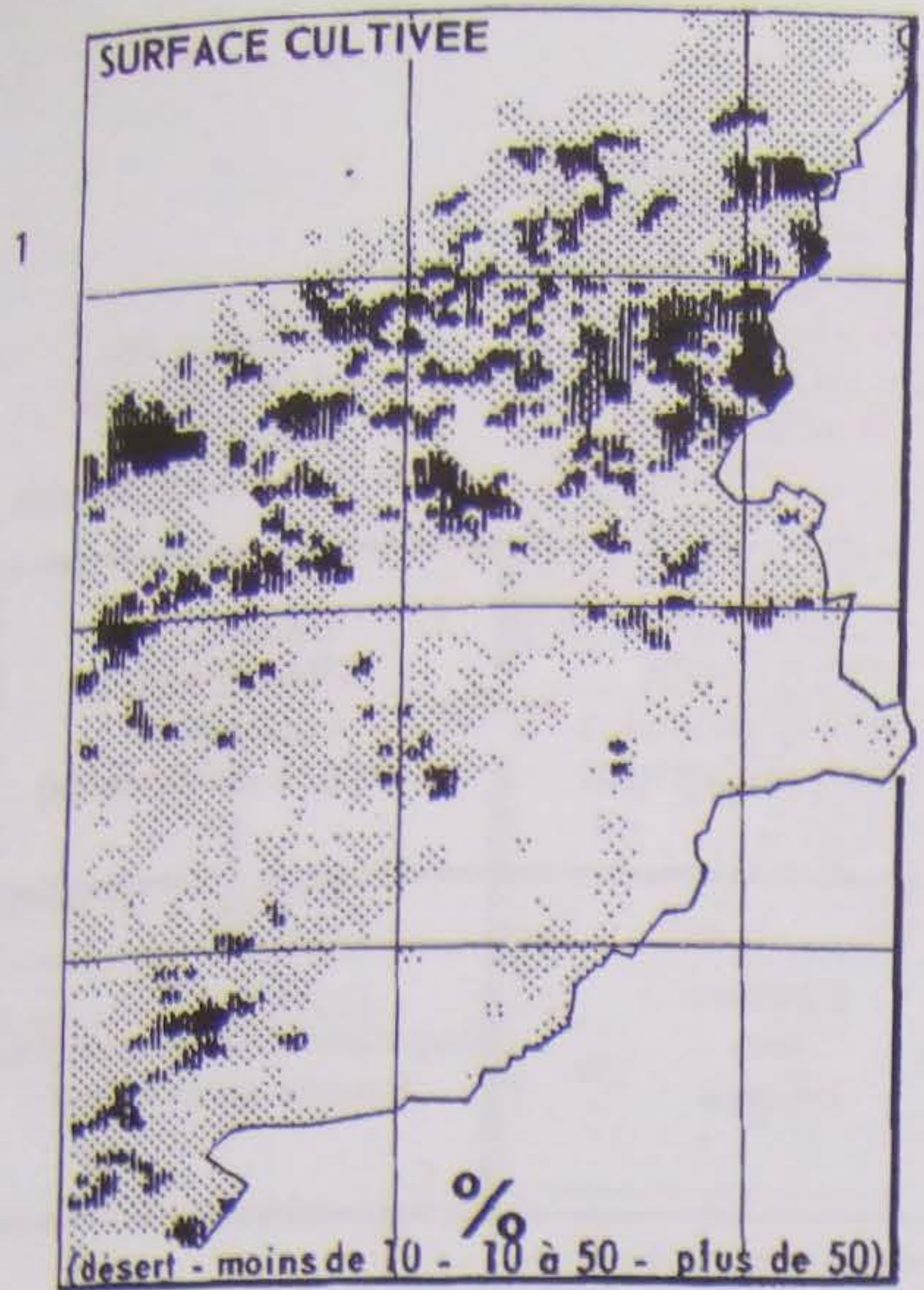
On découvre ici que les caractères étudiés présentent des distributions différentes, qu'ils ne sont pas géographiquement en corrélation, et qu'il serait souhaitable de comparer chacun à d'autres phénomènes, de découvrir des caractères de distribution semblable et donc, *a priori*, en dépendance géographique. La coïncidence de distributions semblables (OS et BF + R) souligne des lignes de force qui justifient les contours simplifiés du message (2) de la page précédente.

Mais la simplification graphique n'est pas toujours nécessaire. Une information à une, deux ou trois composantes, *construite en une image* exhaustive, permet à l'œil de simplifier de lui-même jusqu'au niveau nécessaire, sans être tributaire du choix du rédacteur graphique. Construite en une image à trois variables (2) ou suivant un diagramme ordonné (3) elle offre au lecteur le moyen de *régionaliser* l'image, de *catégoriser* le diagramme *tout en restant informé du niveau des paliers qu'il retient et du niveau des paliers qu'il abstrait*. Le lecteur en jugera mieux encore sur les images p. 373 et suivantes.

Il peut à la limite ne retenir que l'image la plus simple, que l'œil construit généralement sur trois paliers : noir, gris, blanc ou dans les diagrammes haut, moyen, bas.

De telles images répondent aux trois fonctions de la représentation graphique. Exhaustives, ce sont des inventaires; mémorisables, ce sont des messages et ces deux propriétés réunies en font les instruments de traitement graphique de l'information.



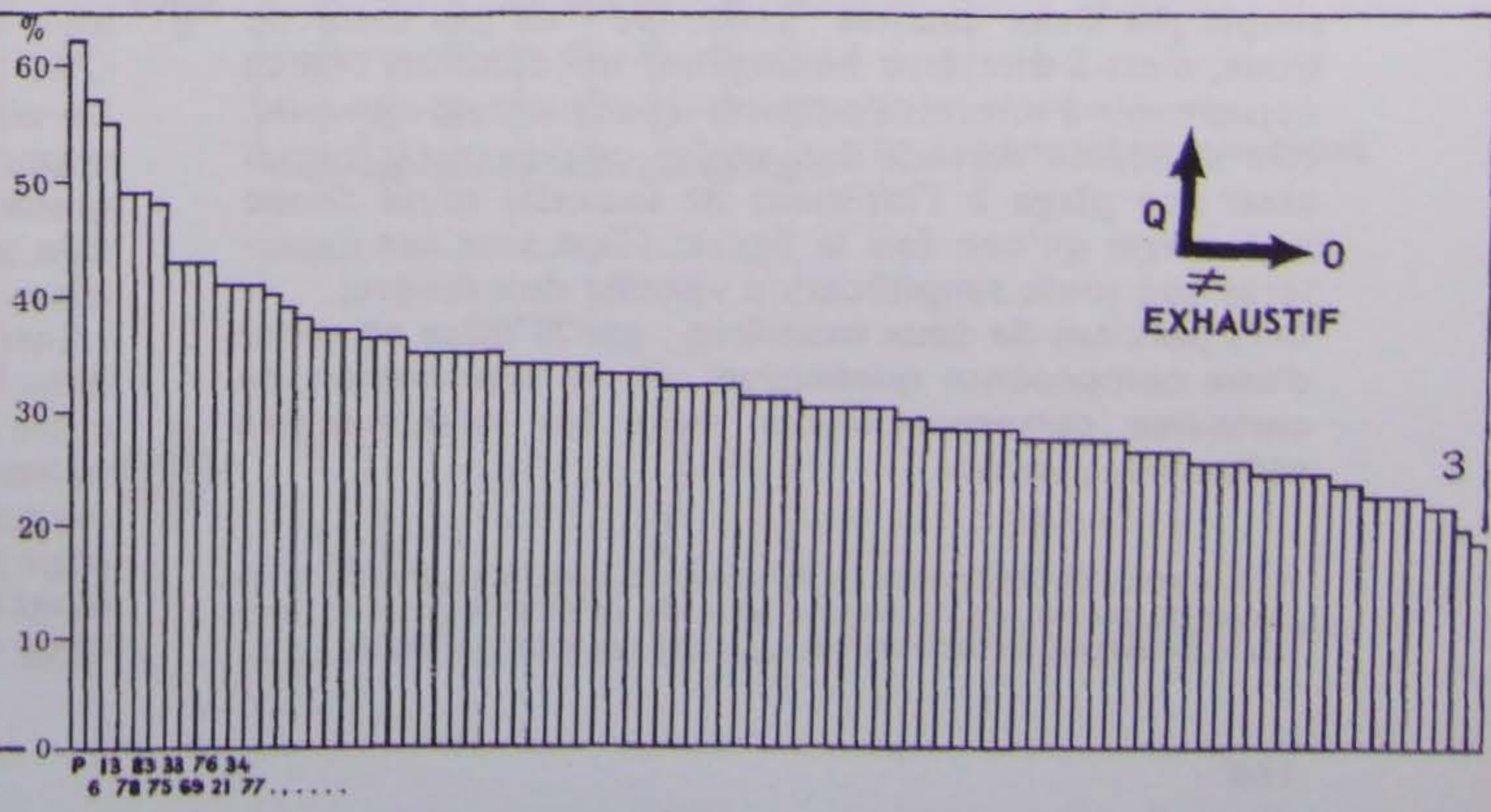
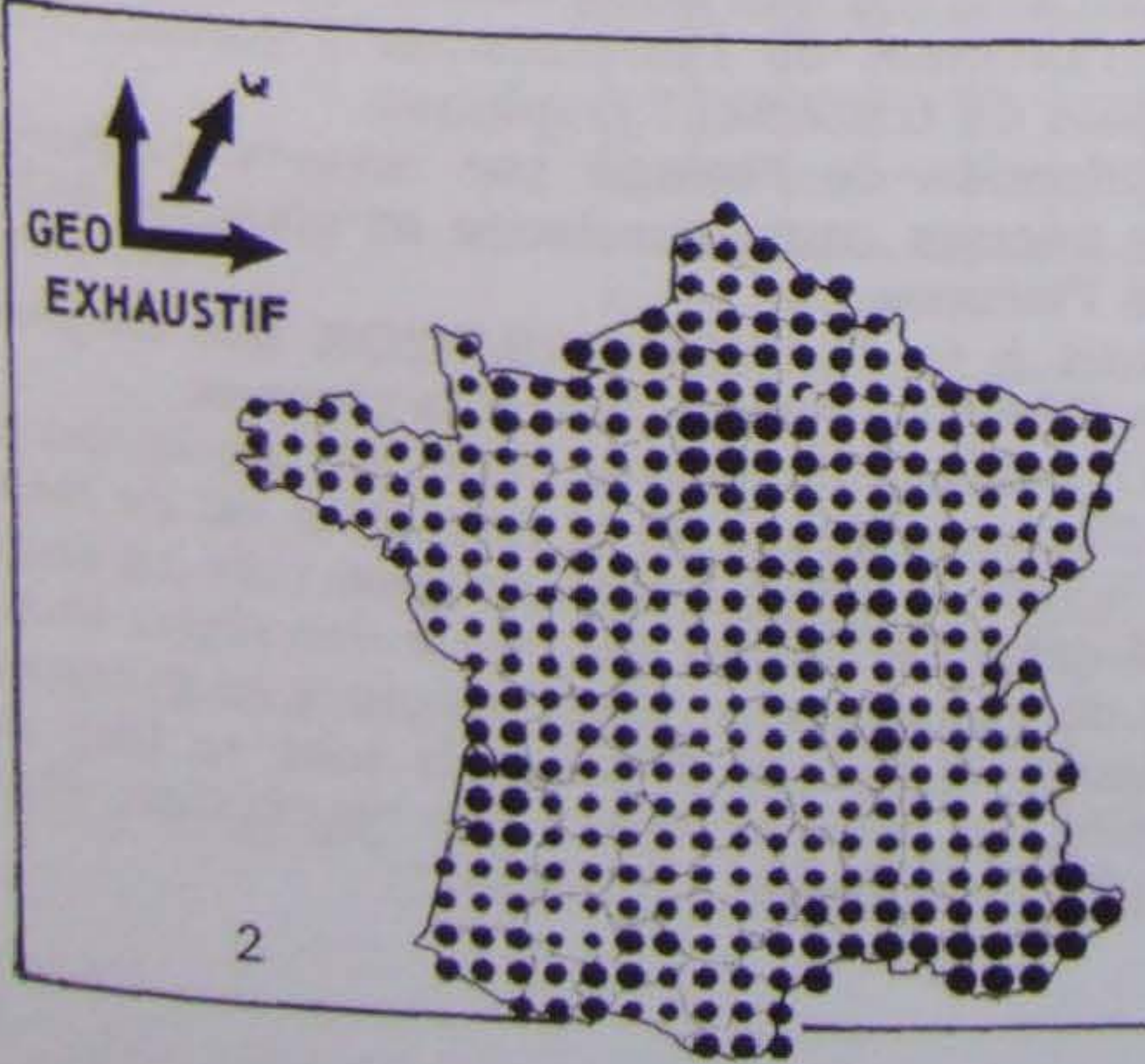


AUSTIF

B - CHAMPS DE BROUSSE  
C - SOLES COTON

BF - CHAMPS DE BAS FOND  
R - ROSACES

OCCUPATION PERMANENTE DU SOL  
noir : intensive (ou permanente)  
gris : intensive et extensive





## LE TRAITEMENT GRAPHIQUE DE L'INFORMATION

Les fonctions de la représentation graphique forment une chaîne définie par le jeu de la mémoire et qui concourt (tableau ci-contre) à la simplification.

**La simplification est une obligation de l'acte de communication.** Que celui-ci soit un exposé verbal ou une représentation graphique, il part d'une information complexe et a comme objet de la faire comprendre c'est-à-dire de dégager des éléments combinatoires moins nombreux que les éléments de départ, et susceptibles cependant de les décrire tous à travers une forme plus simple. Lorsqu'elle est logique, la simplification est créatrice. C'est elle qui nous permet, en révélant des concepts d'ordre supérieur, de connaître plus et mieux que nos anciens, et à chaque génération davantage.

**La simplification logique, c'est-à-dire le traitement de l'information** peut s'opérer soit verbalement, soit mathématiquement, soit graphiquement et les recherches actuelles portent sur les conditions qui permettront de choisir parmi ces trois systèmes opératoires le plus efficace (le plus économique toutes choses égales) en fonction de l'information et du niveau du résultat recherché\*. Quelles sont les modalités propres au traitement graphique ?

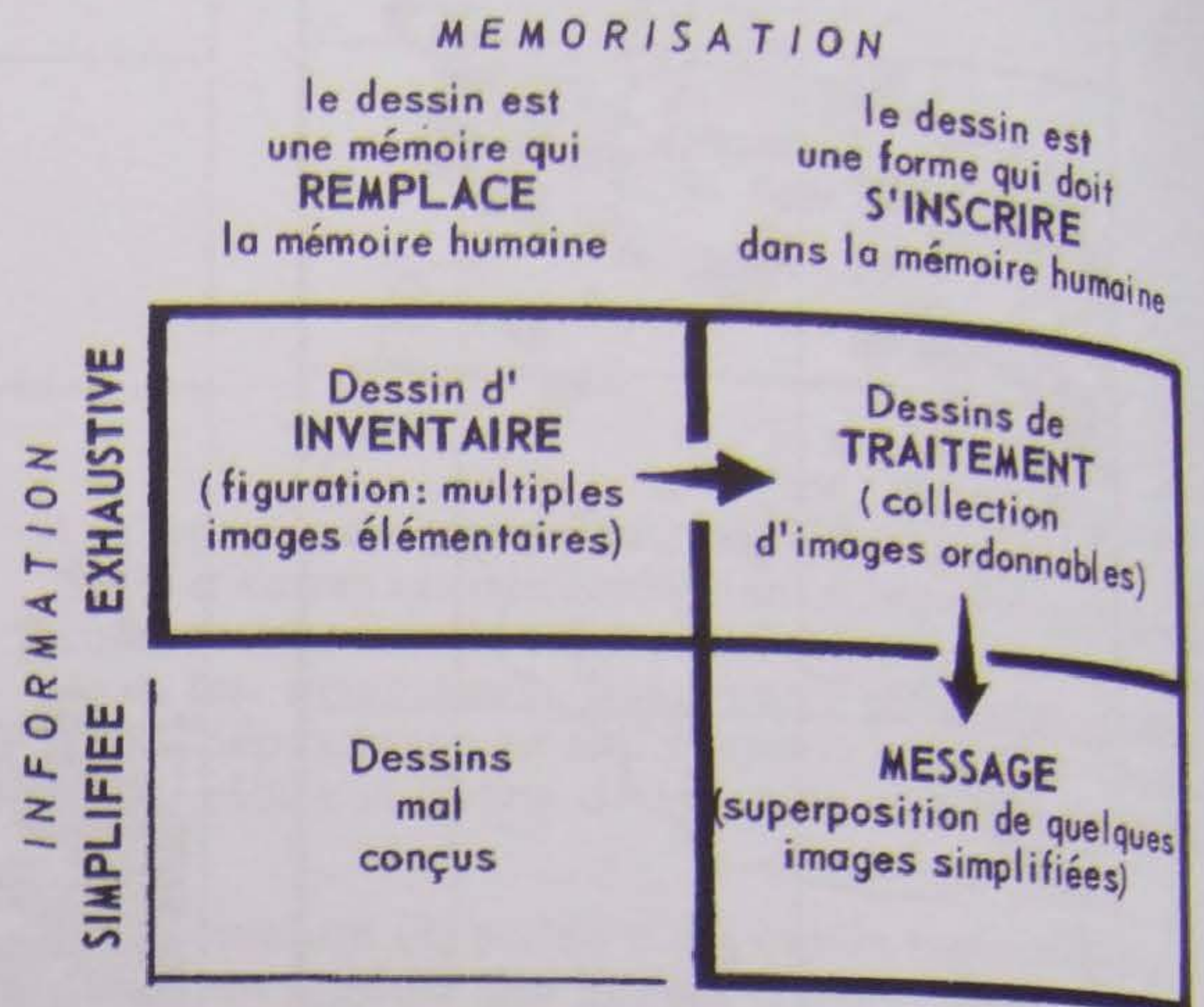
**Le traitement graphique de l'information s'opère par la simplification de l'image.**

La transcription graphique d'une information peut aboutir à une image complexe (A) ou à une image simple (B). La complexité visuelle varie entre deux extrêmes : (1) il y a de tout partout, (2) le partage du plan est minimum. Ces deux extrêmes excluent la représentation graphique. Le mot suffit pour les exprimer. Le dessin ne se justifie donc que pour transcrire des complexités moyennes, c'est-à-dire des problèmes relevant de l'étude statistique.

Les images complexes et par exemple la carte des communes p. 152 offrent en général de nombreux niveaux de lecture, entre lesquels le lecteur peut hésiter. Au contraire, les images simples offrent peu de niveaux et réduisent cette hésitation. Elles se mémorisent plus aisément et peuvent participer à des superpositions d'images (5, p. 159, 2, p. 163).

G. Th. GUILBAUD caractérise une forme visuelle simple par deux qualités : *connexité* - ne pas avoir de trous, c'est-à-dire être homogène, ou dans un réseau ne pas avoir d'intersections non significatives; *convexité*, être délimitée suivant des angles convexes et former ainsi une plage à l'intérieur de laquelle toute droite ne traverse qu'une fois la figure. C'est vers ces caractères que toute simplification visuelle doit tendre. On y parvient de deux manières : par la mise en ordre d'une composante qualitative, par la suppression de certaines correspondances dans les composantes ordonnées.

\* Si au stade du traitement les éléments du choix d'un système n'apparaissent pas encore clairement, au stade de la diffusion des résultats le message graphique semble avoir une vocation privilégiée.



### a) LA MISE EN ORDRE D'UNE COMPOSANTE QUALITATIVE : TRANSFORMATION, DIAGONALISATION

Le caractère perceptif d'une *composante qualitative* c'est l'instabilité. Chacun peut disposer les produits, les objets, les individus à sa manière. Comprendre une série qualitative revient à identifier *un à un* tous les éléments de la composante et l'instabilité du concept conduit à renouveler cet effort à chaque nouvelle communication.

Au contraire ce qui caractérise une *composante ordonnée* c'est la stabilité. Sitôt qu'un concept ordonné, le temps, la taille, l'ordre géographique, est introduit dans la communication, tous les éléments prennent une place fixe, qui se renforcera avec le temps puisqu'elle sera, toutes choses égales, semblable à elle-même à tout moment de la réflexion et pour tout individu. Un seul effort aura suffi pour l'intégrer définitivement.

**La découverte d'un concept ordonné apparaît ainsi le terme ultime de la simplification logique puisqu'elle permet de réduire à un seul instant l'intégration de séries qui, précédemment, exigeait  $n$  instants de réflexion.**

La mise en ordre d'une composante qualitative est la base du traitement de l'information ("ordinateurs"). C'est la base du traitement graphique.

**La simplification de l'image par mise en ordre ne supprime aucune correspondance et conserve l'intégralité de l'information.**

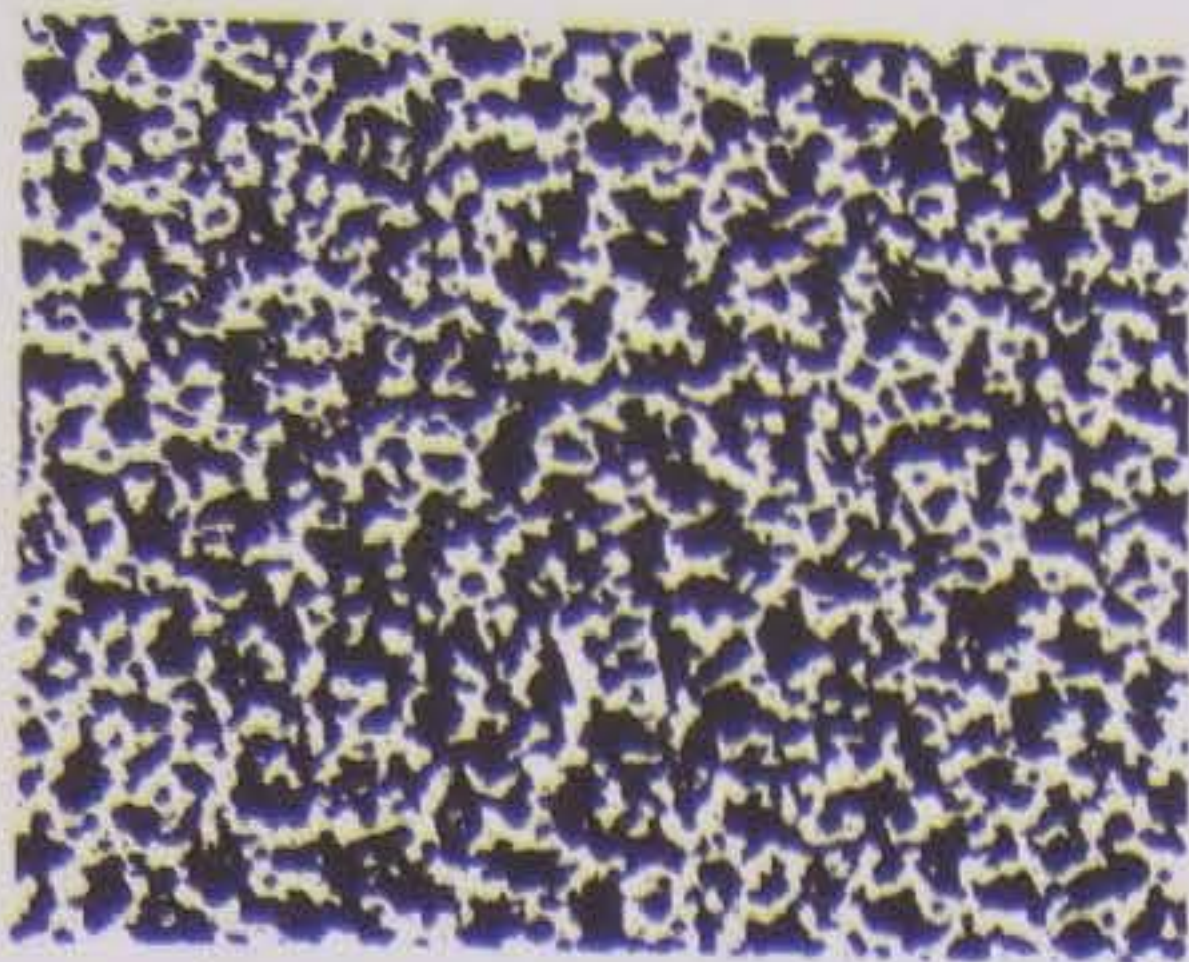
**Elle aboutit à la DIAGONALISATION des diagrammes, à la TRANSFORMATION des réseaux.**

L'intégralité des informations (7) et (9) est conservée dans les diagonalisations (8) et (10). Il en est de même entre le réseau (11) et sa transformation (12). La diagonalisation des diagrammes fait partie des règles fondamentales de construction. Ses principes sont exposés page suivante et seront développés tout au long des diagrammes. La transformation des réseaux est ébauchée en tête de la partie "Réseaux".



**A**

1



3



5

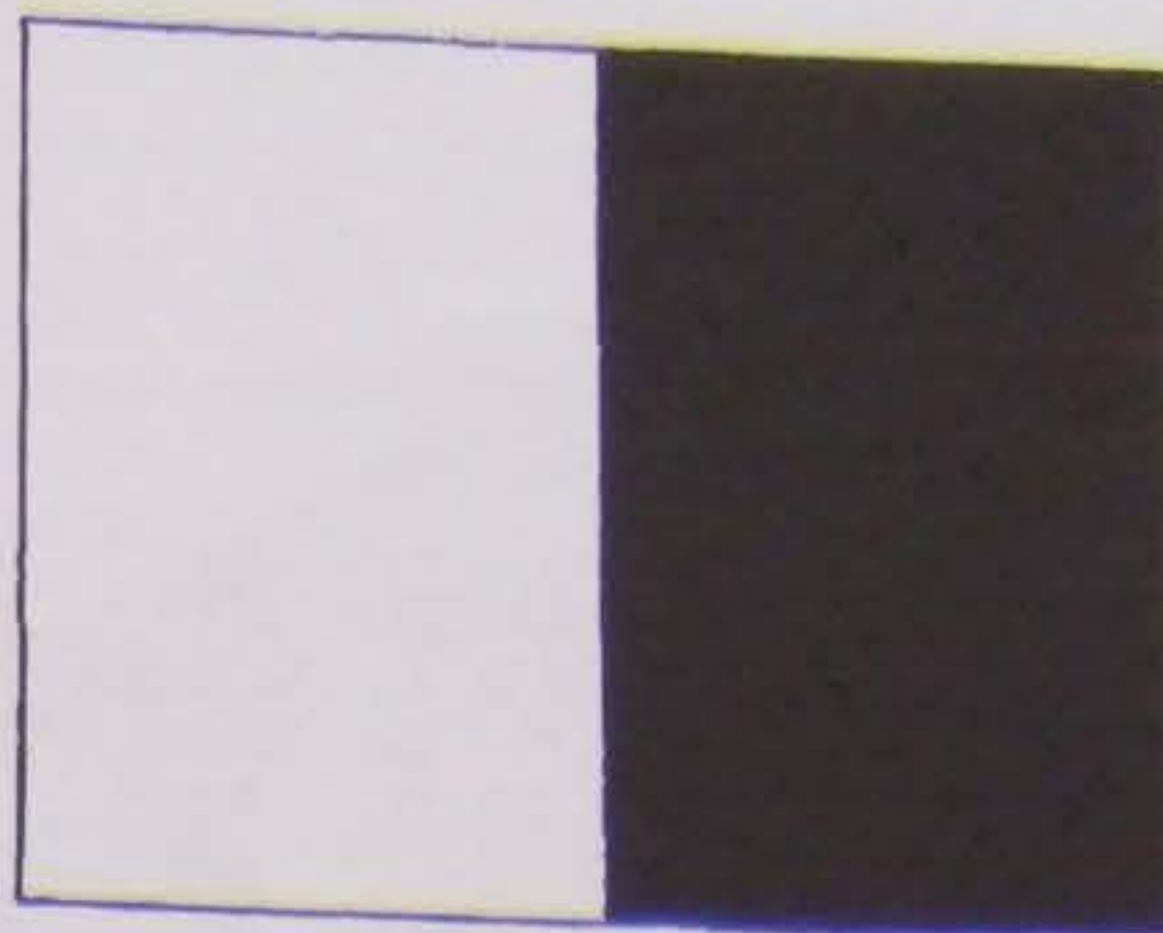


Côtes de Finlande  
Région de TURKU  
Echelle 1 3700 000

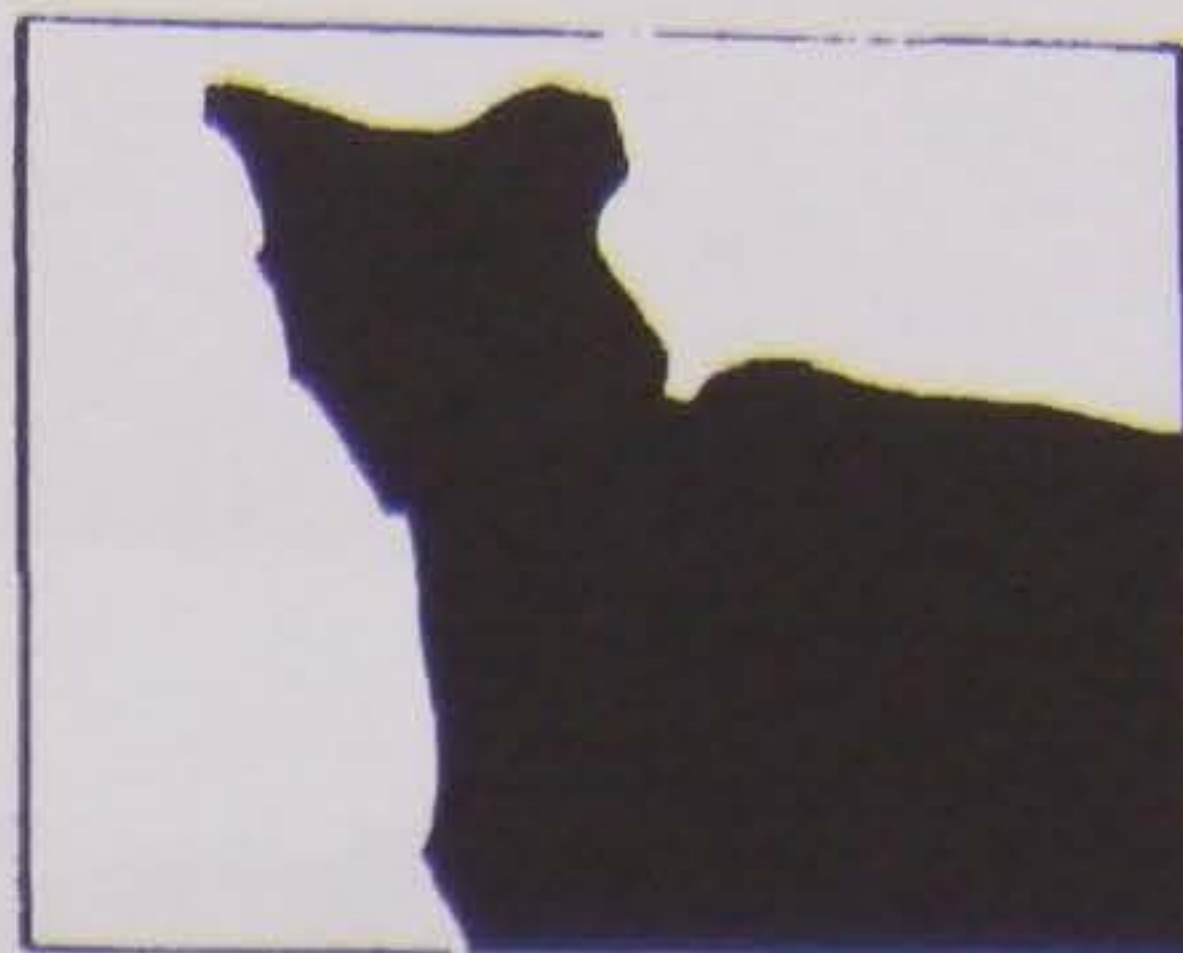
prix  
d'un produit  
dans le temps

**B**

2



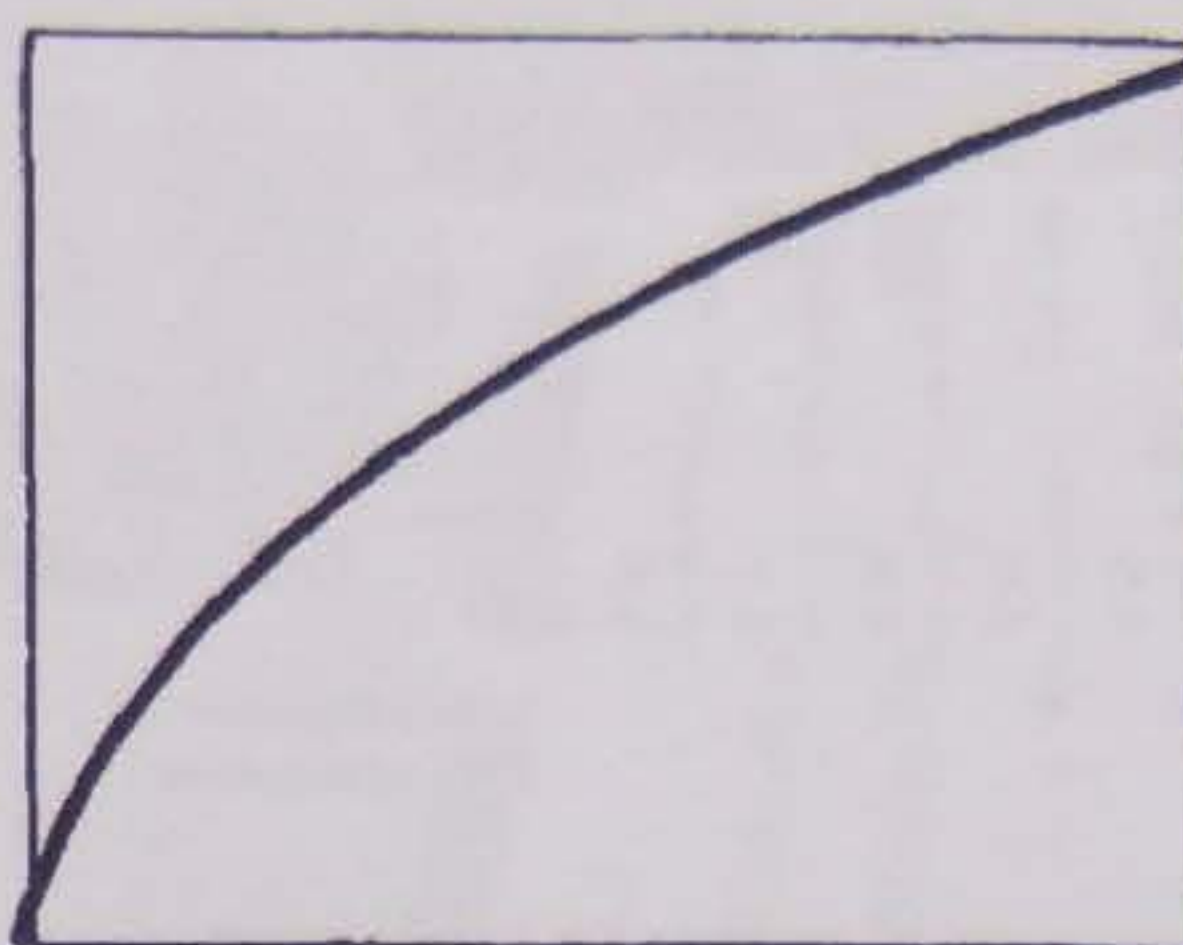
4



Côtes de Normandie  
Cotentin  
Echelle 1/3700 000

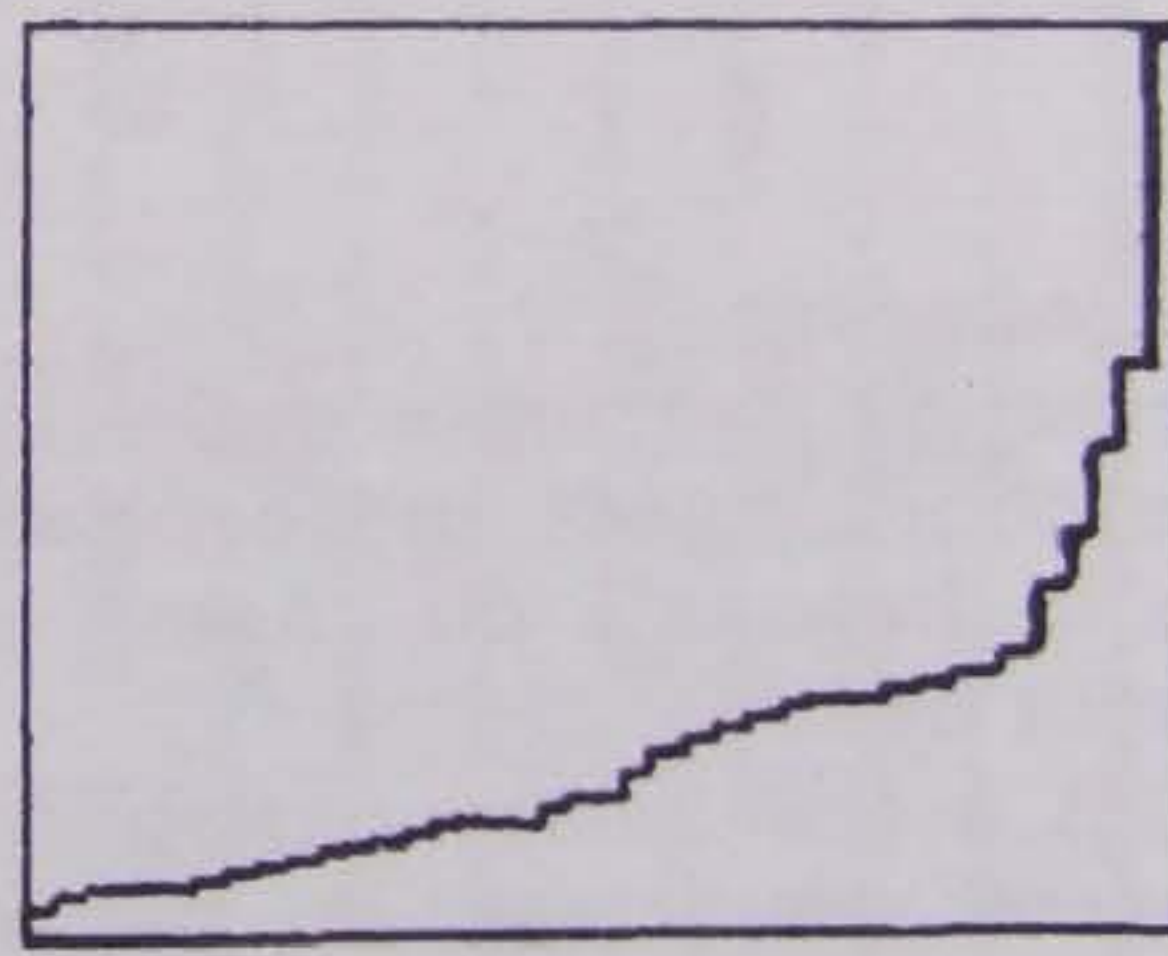
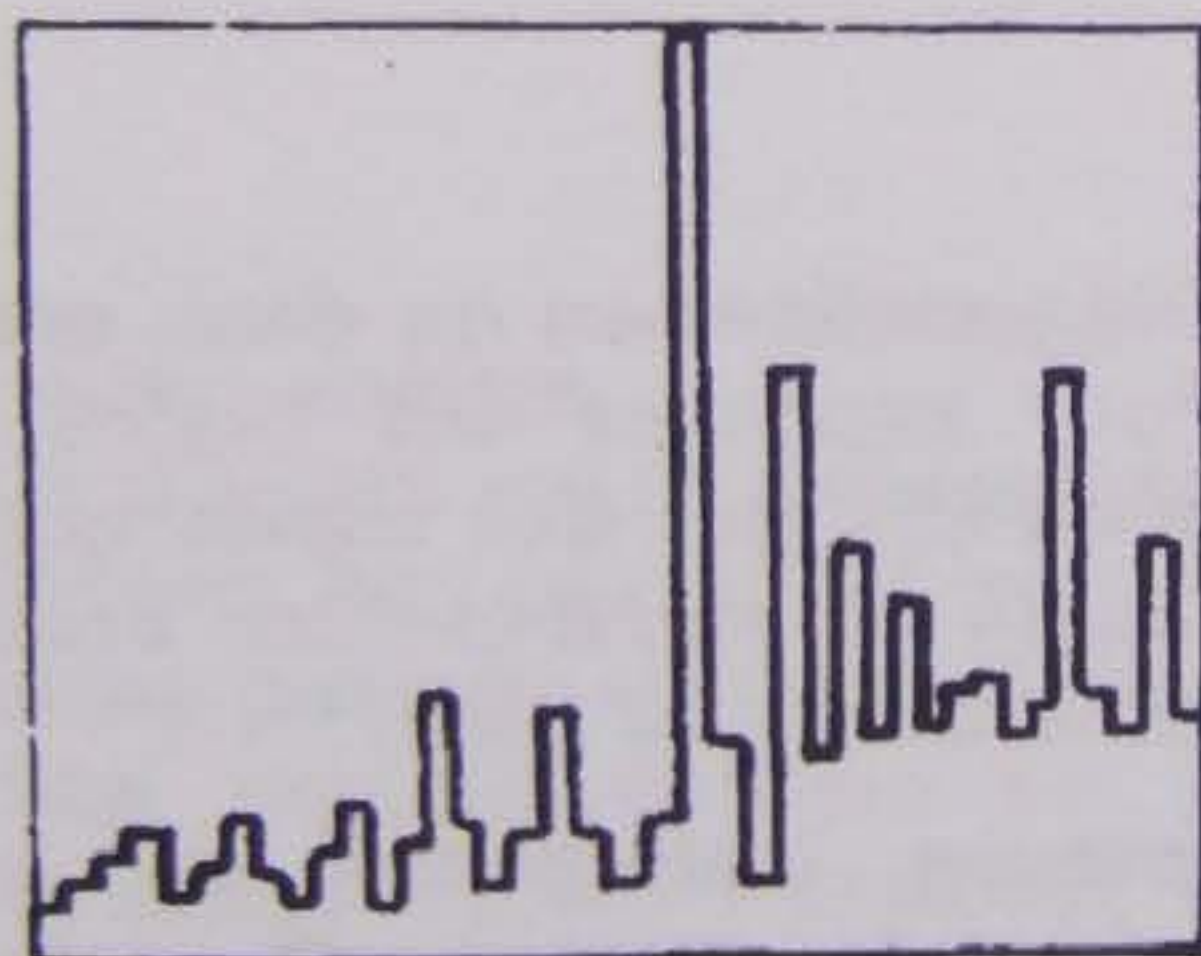
Vitesse d'un  
véhicule  
temps

6



Quantité de  
population  
par village  
(classés alphabét.)

7

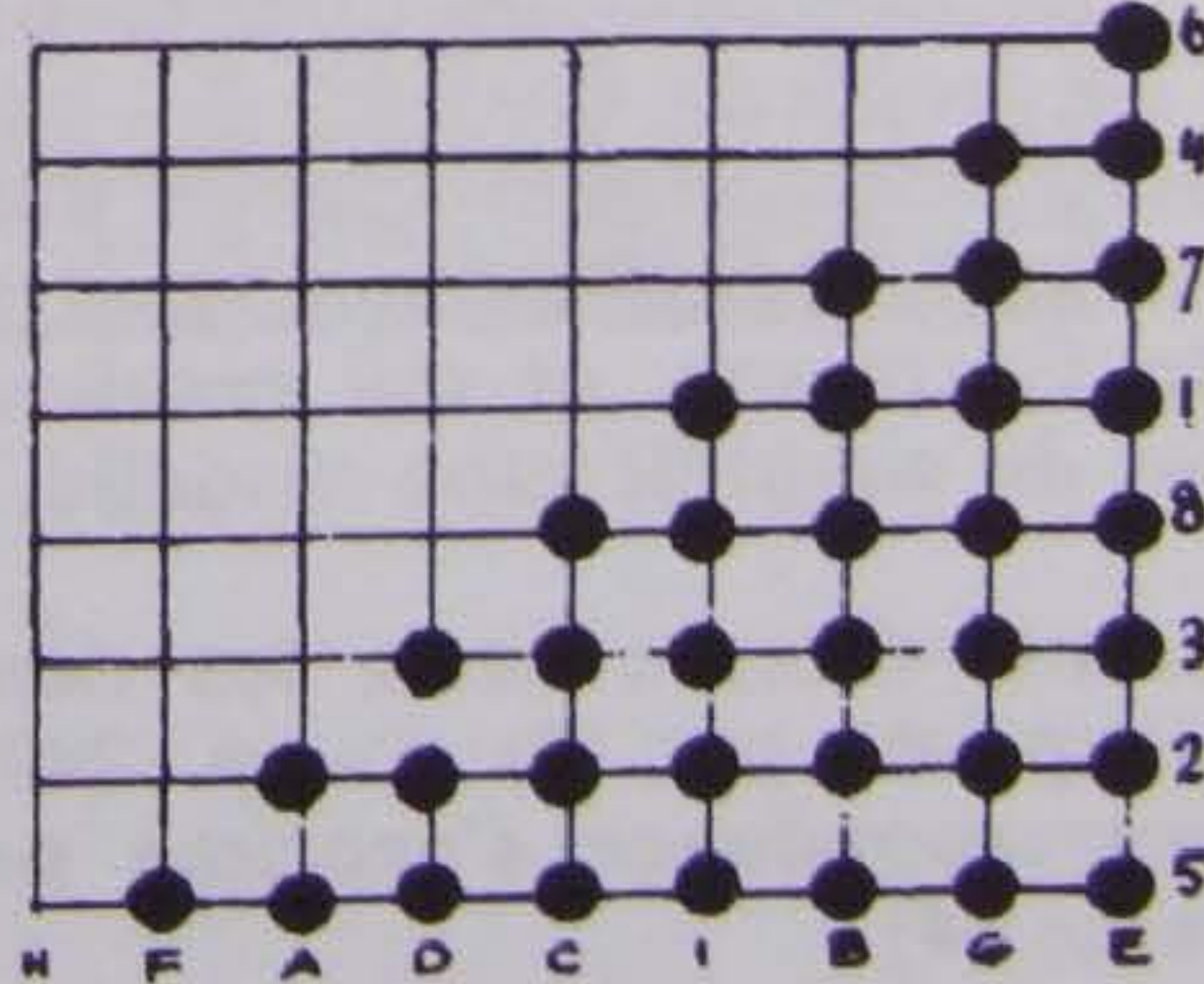
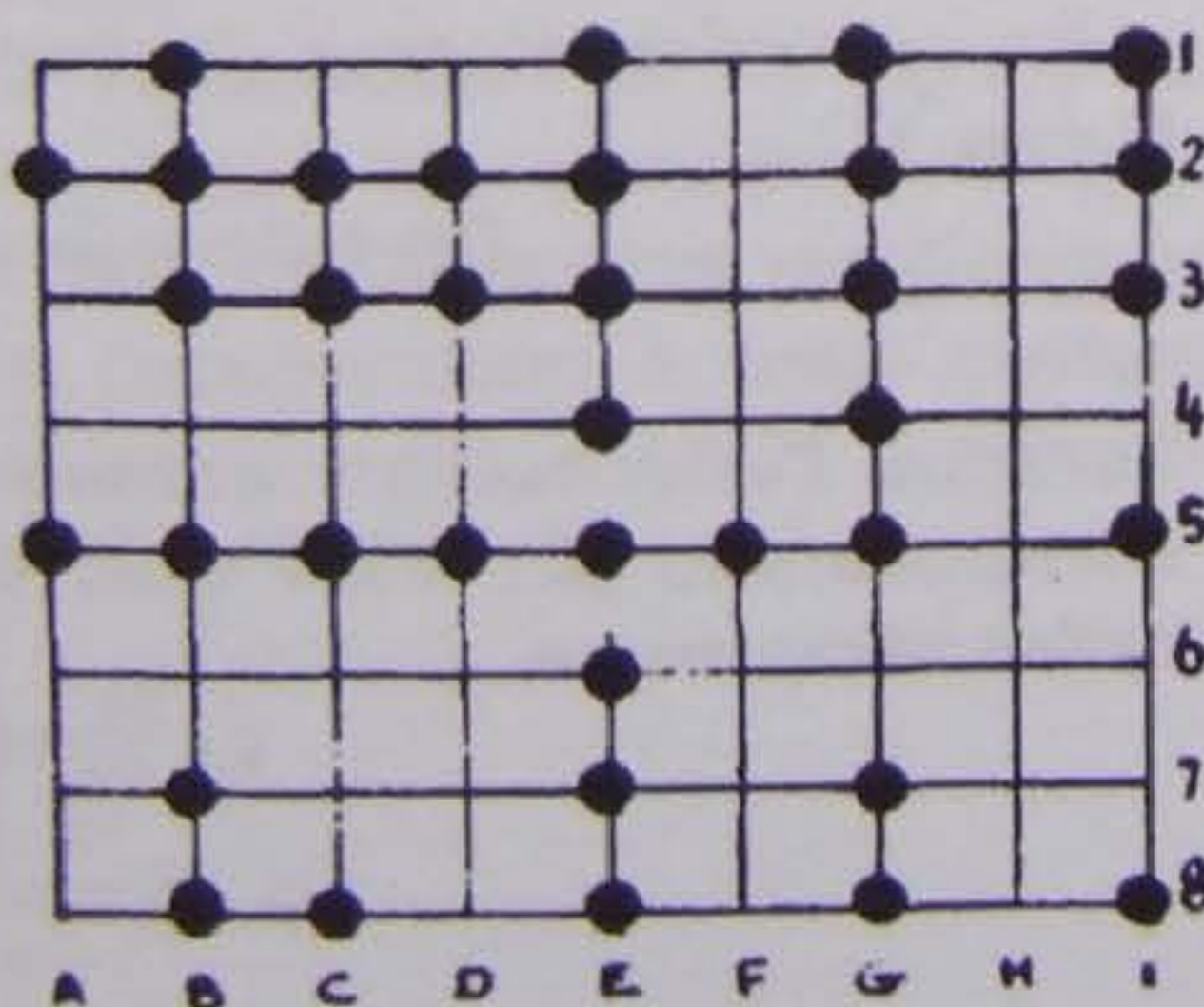


8

Villages classés  
par quantité de  
population

traits culturels  
rencontrés  
dans 9 sociétés  
humaines

9

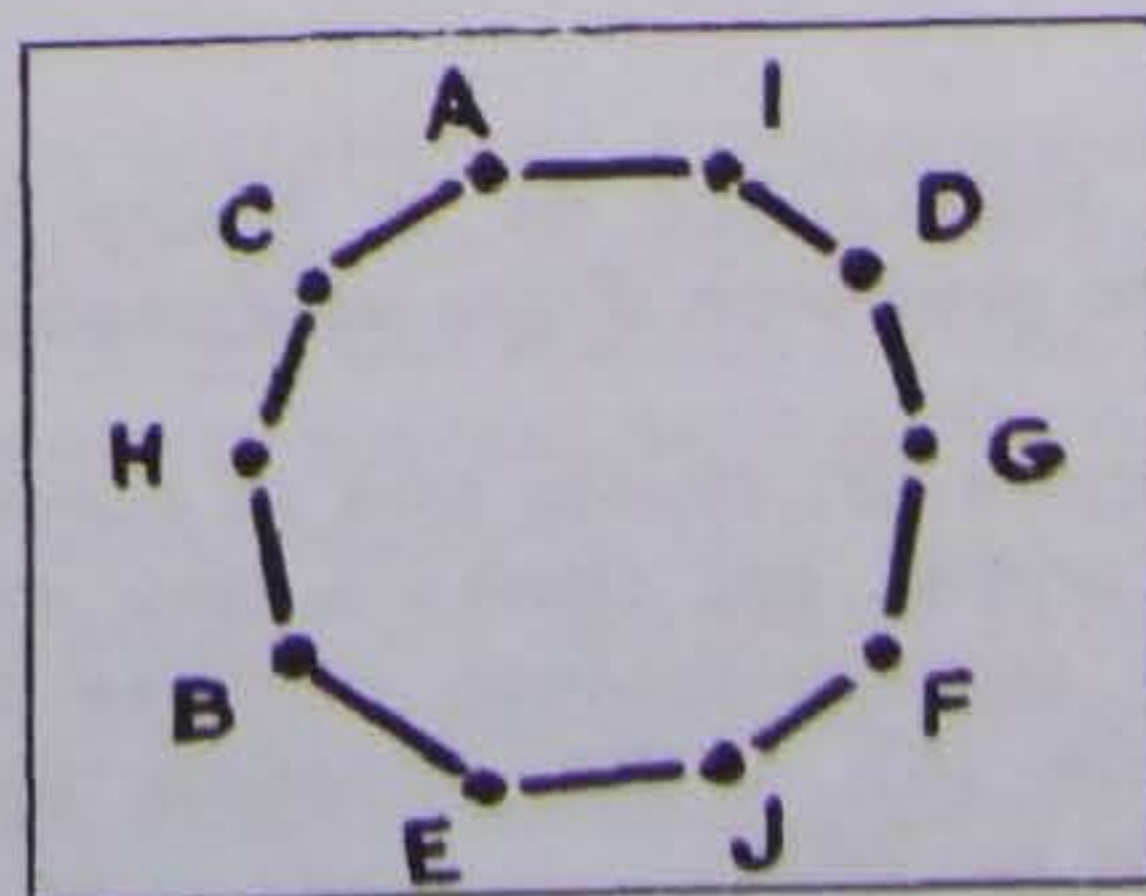
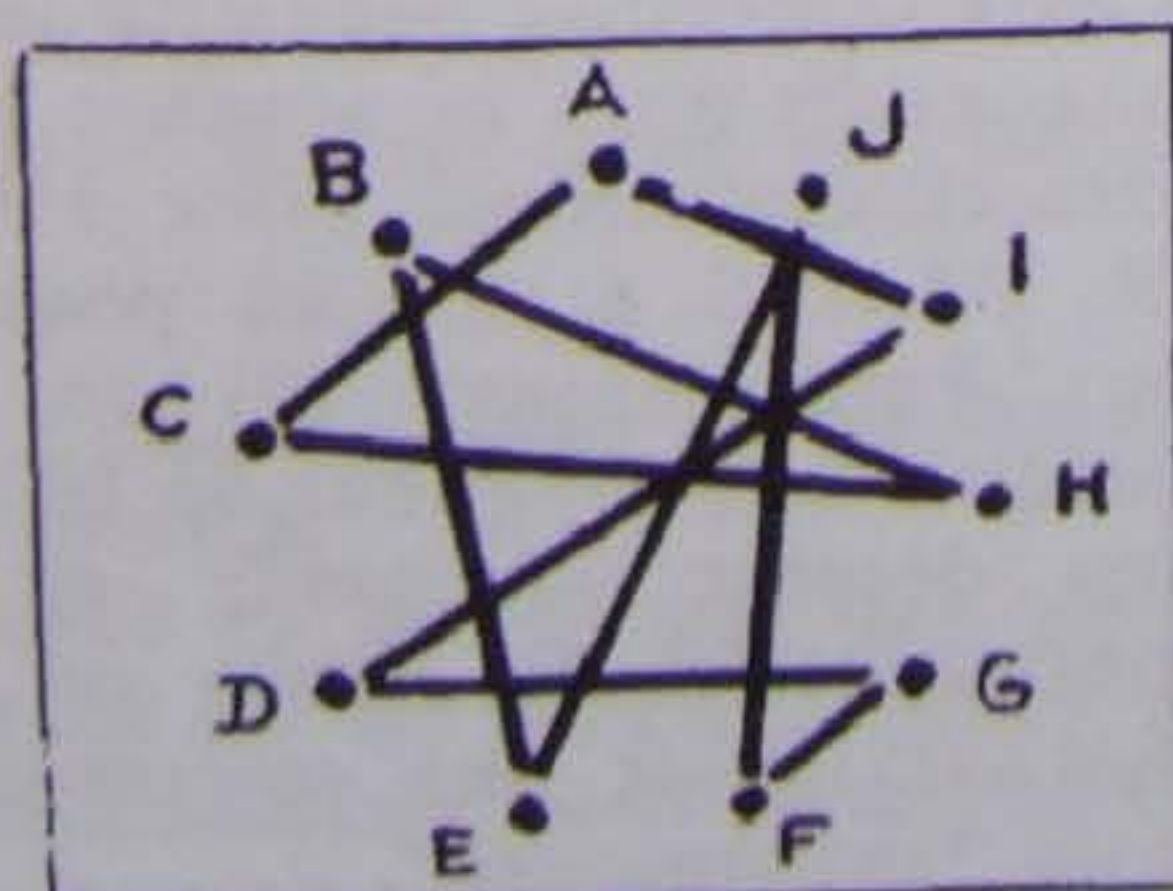


10

Classement  
réciproque de  
traits culturels  
et de  
sociétés humaines

Réseau de relations  
entre 10 objets

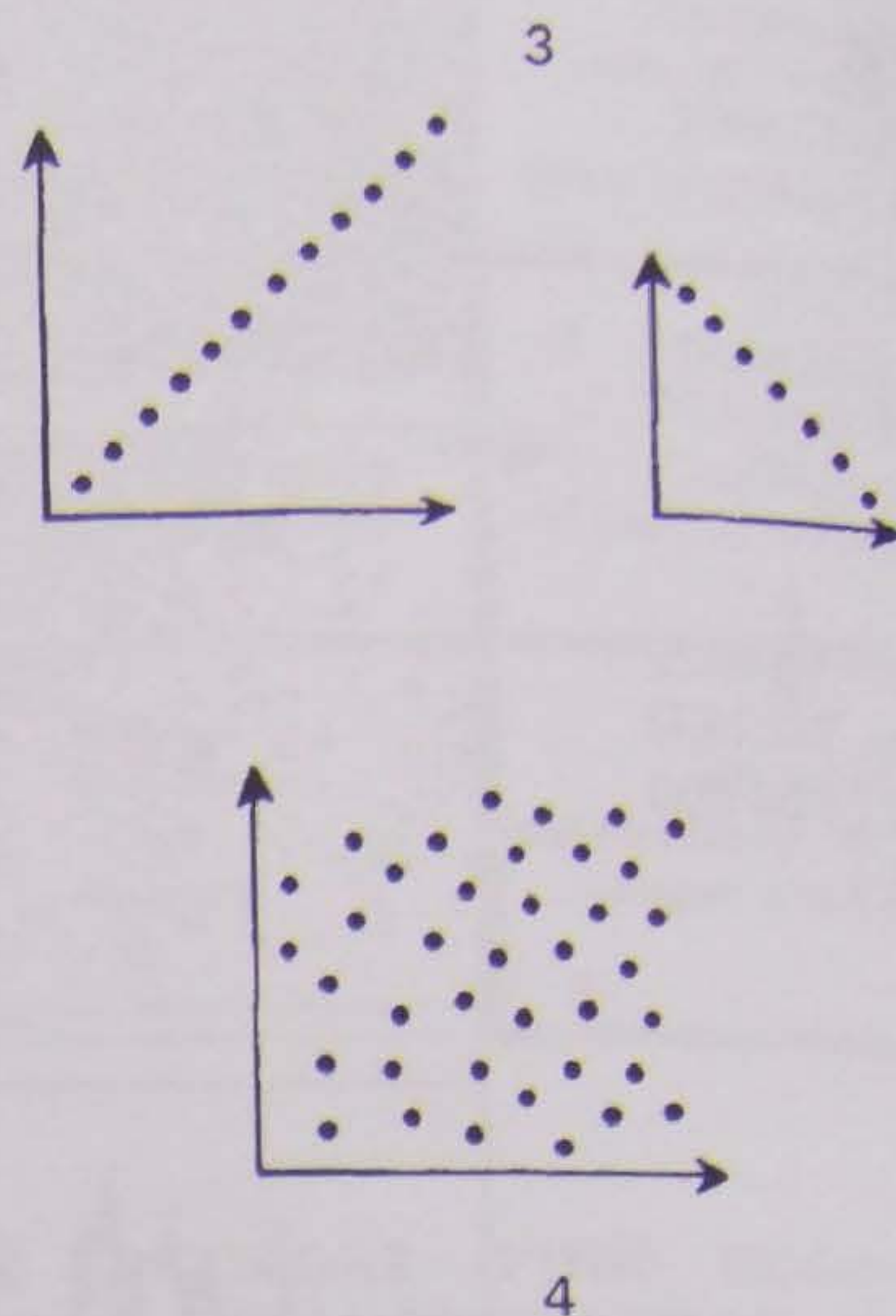
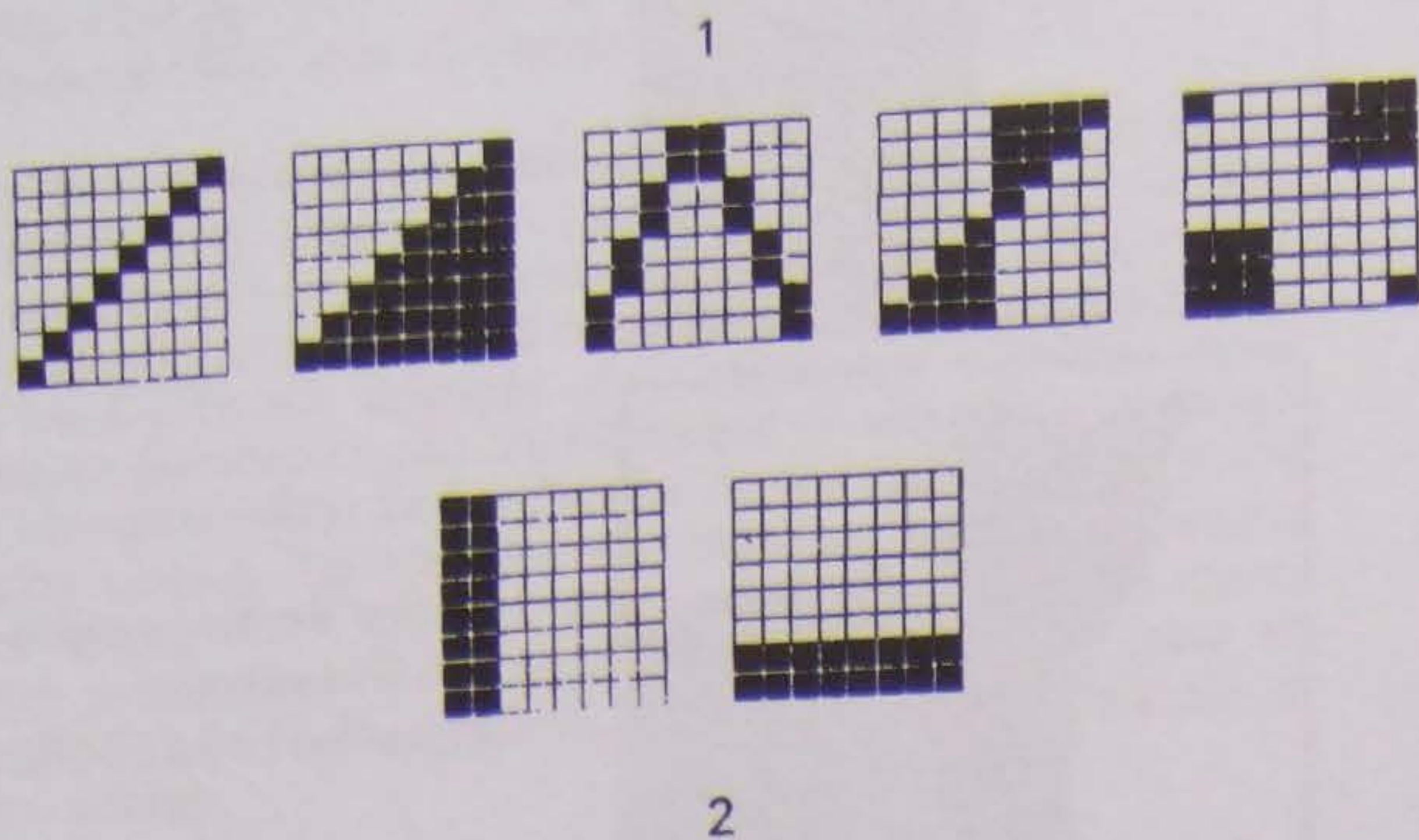
11



12

10 objets classés  
suivant  
le réseau de relations





### La diagonalisation des diagrammes

Le terme repose sur l'observation que toute opération de classement à partir de coordonnées orthogonales tend vers la réalisation de la diagonale du champ ou de formes simples qui en sont déduites (1).

Tout classement aboutissant à une forme parallèle à l'une des coordonnées fournit simplement la preuve de la non-variation de l'une des composantes et par conséquent de l'inutilité du problème posé (2).

Ce terme englobe les opérations connues sous le nom de permutations, triangulations, scalogrammes, analyse hiérarchique, échelles de Guttman, et qui résultent toutes du même processus de simplification visuelle, à savoir :

- la correspondance parfaite d'ordre entre les deux dimensions du plan s'exprime par (3); (v. p. 249).
- le désordre ou non-correspondance s'exprime par une image très différente (4).

Il conviendra donc de se rapprocher de la figure (3) chaque fois que l'on sera en présence d'une composante ordonnable ( $\neq$ ).

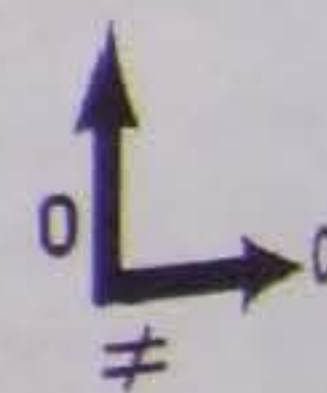
Toute différence avec la figure (3) révèle que la correspondance entre les deux ordres est située à une certaine "distance" entre la correspondance parfaite (3) et la correspondance nulle (4). Cette distance peut s'exprimer par des nombres (p. 249).

### Diagonalisation de deux composantes

Pour exprimer ces règles, le schéma de base est complété par des signes qui signifient que les composantes  $\neq$  doivent être ordonnées dans chacune des dimensions du plan.

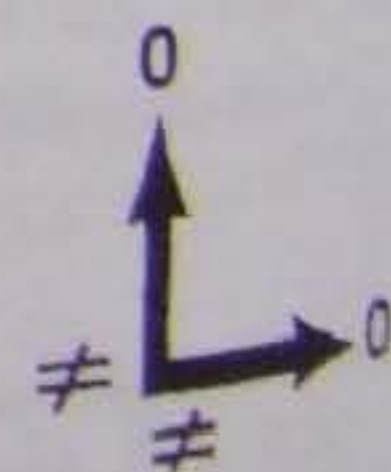
Lorsque l'information ne comporte qu'une composante  $\neq$ , celle-ci est mise en ordre d'après la composante 0 (ou Q).

On a donc le schéma :



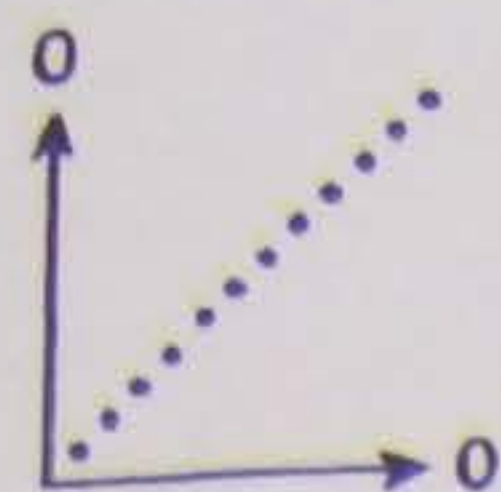
Lorsque l'information comporte deux composantes  $\neq$ , elles sont mises en ordre réciproque.

Le schéma est :



Cette opération nécessite le plus souvent divers essais successifs dont le nombre est fonction de la longueur des composantes. Pour éviter de nombreux dessins, R. PAGÈS a mis au point un tableau magnétique, le "Permutateur" (9) qui admet des composantes jusqu'à une longueur de 80 catégories et qui supprime les dessins successifs en rendant possible toute permutation de lignes ou de colonnes. La diagonalisation est une opération couramment demandée aux "ordinateurs".





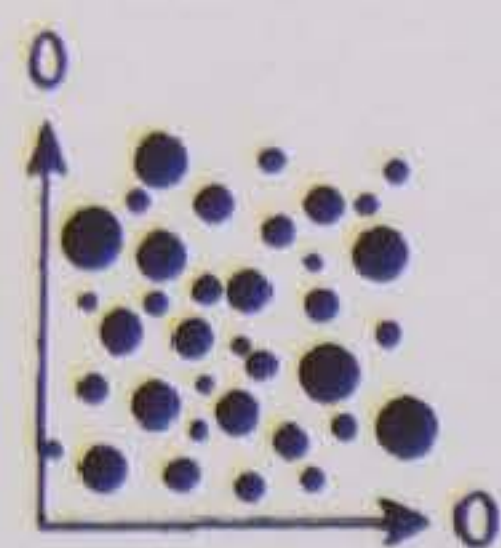
5



6

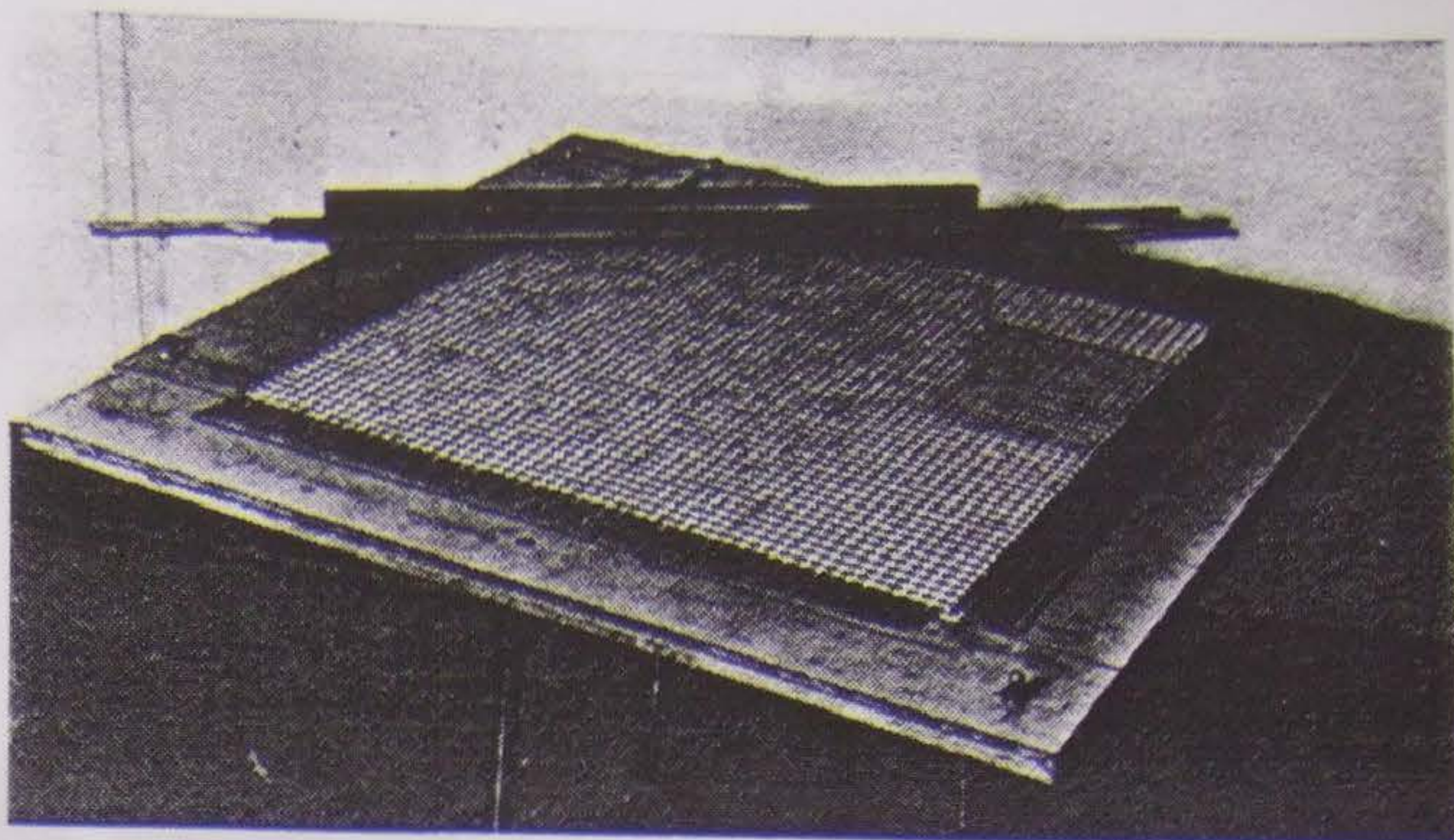


7

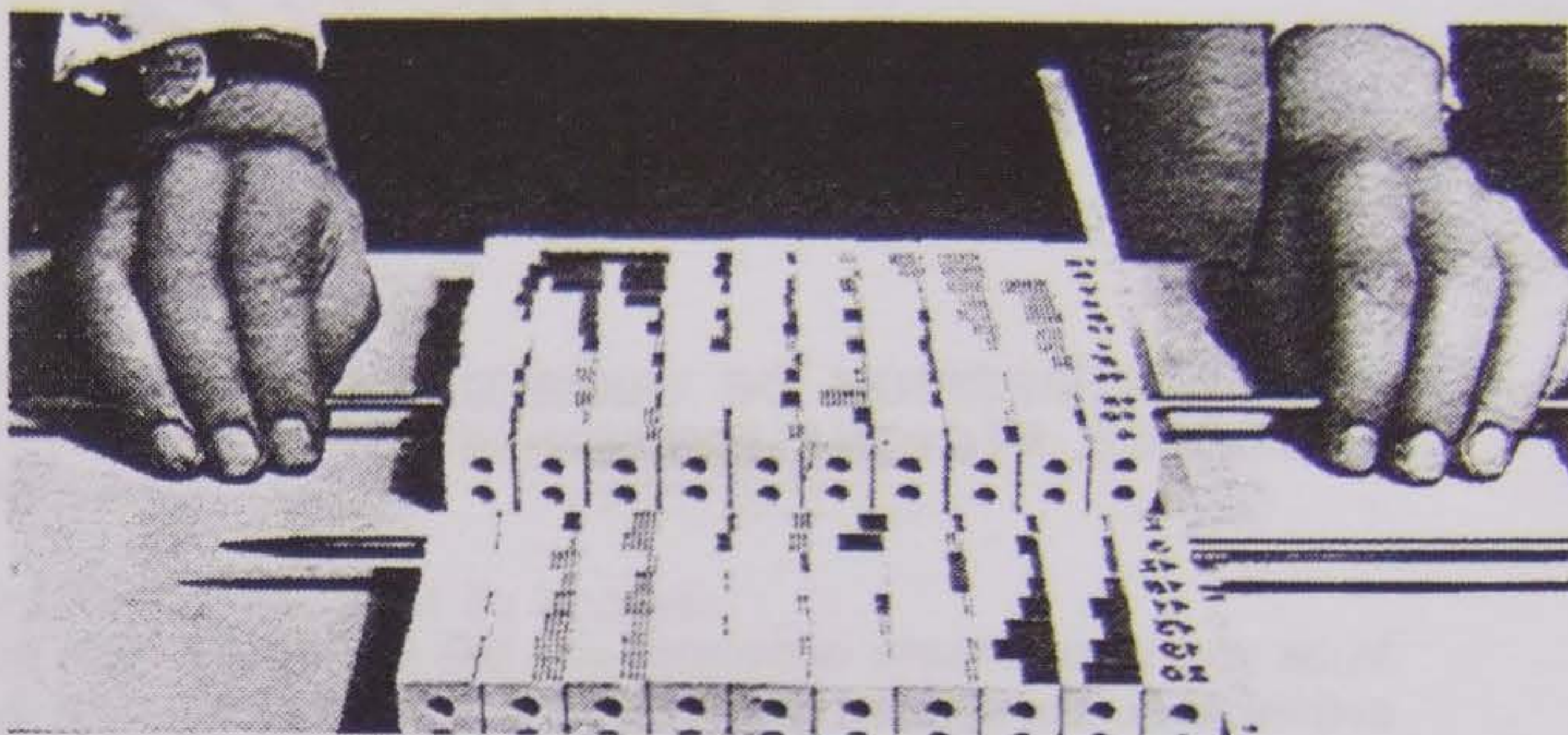


8

9



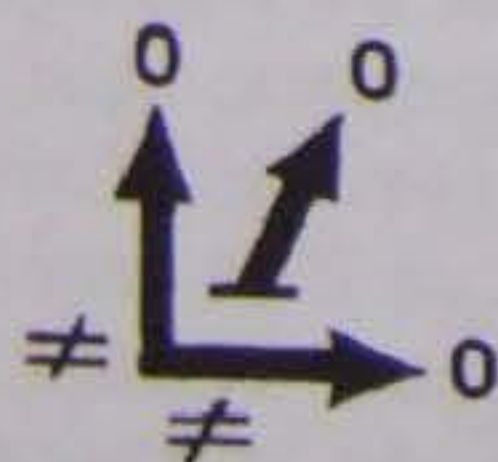
10



### Diagonalisation de trois composantes

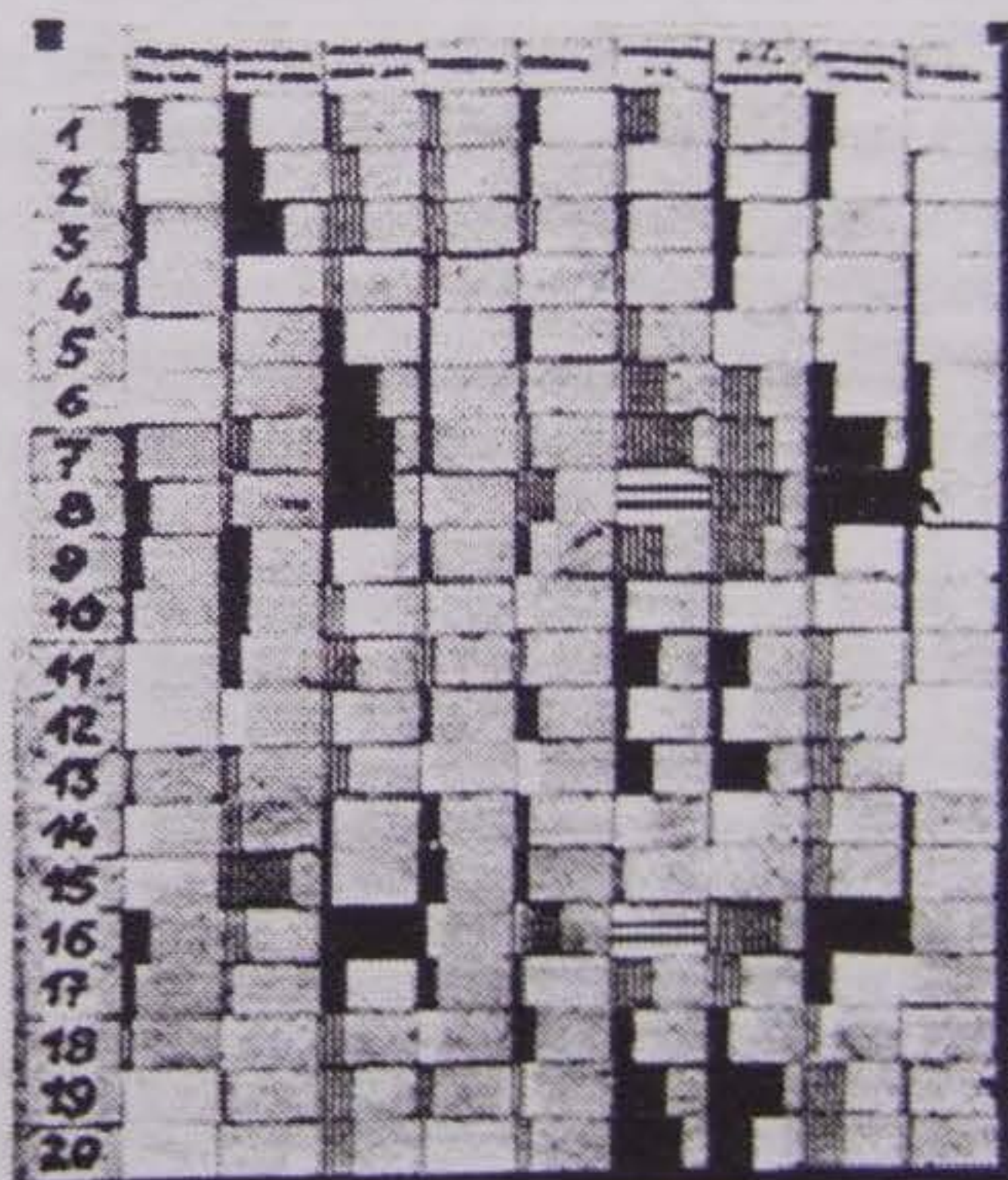
La correspondance parfaite d'ordre entre deux composantes s'exprime, nous l'avons vu, par (5). Une troisième composante en relation parfaite d'ordre avec (5) s'exprime par (6) que l'on perçoit comme en (7). Le désordre entre les trois composantes s'exprime par une image très différente (8).

Il conviendra donc de se rapprocher de la figure (6) chaque fois que l'on sera, dans un problème à trois composantes, en présence de composantes qualitatives. Le schéma de base d'une construction à trois composantes doit donc être :

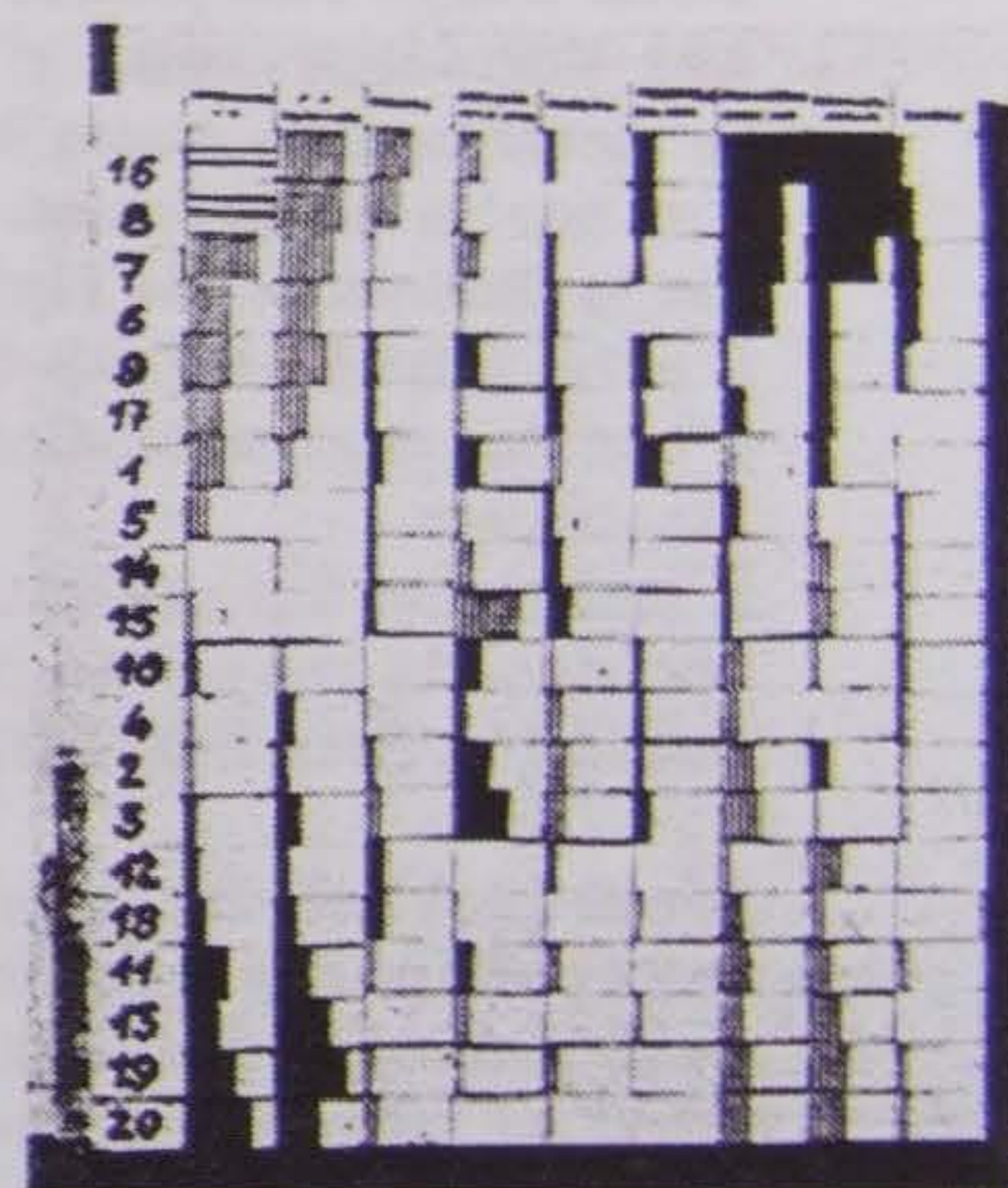


De nombreux exemples sont donnés dans le chapitre "diagrammes".

Le permuteur peut être employé dans les problèmes à trois composantes dont deux  $\neq$ . On représente la composante  $\bigcirc$  ou  $\bigcirc$  par des signes ordonnés (variation de taille ou de valeur) collés sur les plots, et les deux composantes  $\neq$  sont représentées par les deux dimensions du plan.



11

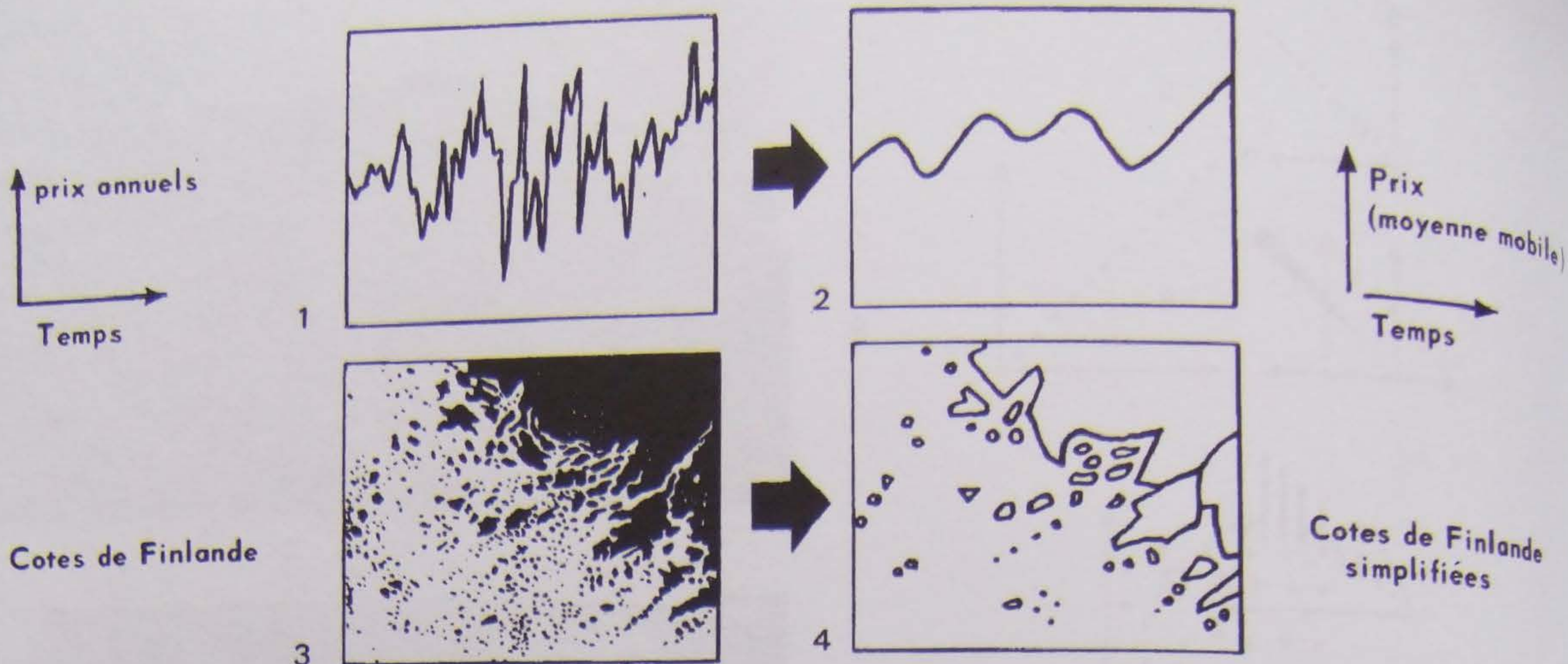


12

Un matériel de permutation plus simple a été mis au point par le Laboratoire de Cartographie de l'École Pratique des Hautes Études. C'est un "jeu de dominos" marqué suivant deux séries quantitatives, l'une positive, l'autre négative, (10), (11) et (12).

Il permet de construire (11) et de diagonaliser (10) et (12) toute information comportant une 3<sup>e</sup> composante  $\bigcirc$ , éventuellement positive et négative (Exemples p. 230 et 396).





## b. LA SUPPRESSION DE CORRESPONDANCES : LISSAGE, RÉGIONALISATION

Mais une composante ordonnée est par définition non ordonnable. Lorsque sa transcription graphique aboutit à une image complexe, celle-ci ne peut être simplifiée que par suppression d'un certain nombre de détails. La simplification d'une image ordonnée ne peut s'opérer que par la suppression de certaines correspondances, par la diminution de l'information.

C'est le **LISSAGE DES COURBES** dans les diagrammes. C'est la **régionalisation** et la **généralisation cartographiques**.

L'intégralité des informations (1) et (3) n'est pas conservée dans la moyenne mobile (2) ou dans la généralisation (4). Seul l'essentiel est retenu.

Mais quel est cet essentiel? Comment déterminer la forme simplifiée que l'on offrira au lecteur? Le lissage peut procéder de deux démarches différentes suivant que l'on introduit ou non des informations extérieures.

La **démarche interne** englobe tous les traitements qui s'appuient uniquement sur les correspondances contenues dans l'information traitée.

C'est par exemple le calcul des moyennes mobiles (p. 216) et les nombreuses opérations mathématiques internes que l'on peut effectuer lorsque l'information est à deux composantes ordonnées ou quantitatives (lorsque l'information est une chronique). Elles sont exposées par M. BARBUT et C. FOURGEAUD dans "Éléments d'analyse mathématique des chroniques" (E.P.H.E. Paris, 1965).

C'est aussi la recherche visuelle des tendances (p. 239, 260...)

C'est enfin l'essentiel de la généralisation structurale des formes géographiques (p. 300 et 307) et de la réduction d'une information géographique. La rédaction du "message" (2, p. 163) est uniquement fondée sur

l'information contenue dans (2, p. 161). Aucun appel n'a été fait à des informations extérieures : densité de population, géologie, pédologie, relief... Il en est de même pp. 397, 400, 405.

La **démarche externe** englobe tous les traitements qui font appel à des informations extérieures qui permettent de justifier tel choix par rapport à tel autre.

Mais c'est en fait introduire l'information traitée dans un *ensemble supérieur*, plus grand d'une composante différentielle (différents concepts traités sur le même ordre) de telle sorte que l'on puisse à nouveau classer et ordonner ces concepts, déterminer des tendances, des lignes de force et en déduire la forme simplifiée. On pourra ainsi simplifier une courbe en s'aidant d'une collection de courbes comparables, dont on déduira les tendances générales. De même on simplifiera une carte en déduisant les lignes de forces d'une série de cartes comparables. C'est le principe de la généralisation conceptuelle.

Le monde des concepts extérieurs est illimité. Il est le plus marqué du sceau de l'époque. La **démarche externe** est donc toujours un choix, qui se traduit par la délimitation d'un domaine fini d'investigations.

C'est une thèse, où si l'on préfère une orientation de pensée qui sera toujours remise en question.

A la limite l'habileté du rédacteur dépendra moins du traitement interne d'un ensemble informationnel donné, qui peut, qui doit devenir automatique, que de l'opportunité des concepts extérieurs qu'il introduira dans son problème, c'est-à-dire de l'étendue de ses connaissances et, in fine, de son inspiration dans la nécessaire délimitation du domaine d'investigation.

Cette délimitation est la seule chose que l'on ne pourra jamais demander à la mécanisation.

La généralisation du traitement graphique de l'information est exposée p. 254.



## D. Règles générales de construction

*La détermination rigoureuse des composantes de l'information, de leur nombre, de leur niveau et de leur longueur précède toute rédaction graphique.*

La "connaissance" est un effort permanent de comparaisons et toute information nouvelle a comme objet de rentrer dans le plus grand jeu des comparaisons possibles.

Pour y participer pleinement il importe qu'une représentation graphique favorise les comparaisons externes et permette par conséquent une lecture efficace au plus haut niveau, au niveau de l'ensemble. Rappelons que lorsque ce niveau est atteint, tous les niveaux inférieurs de lecture, et par conséquent toutes les comparaisons internes, sont aussi possibles tandis que l'inverse n'est pas vrai.

**Construire une information en une image**, ou dans le minimum d'images nécessaire (la rendre perceptible dans son ensemble, dans le minimum d'instant de perception) est la première règle de toute construction graphique.

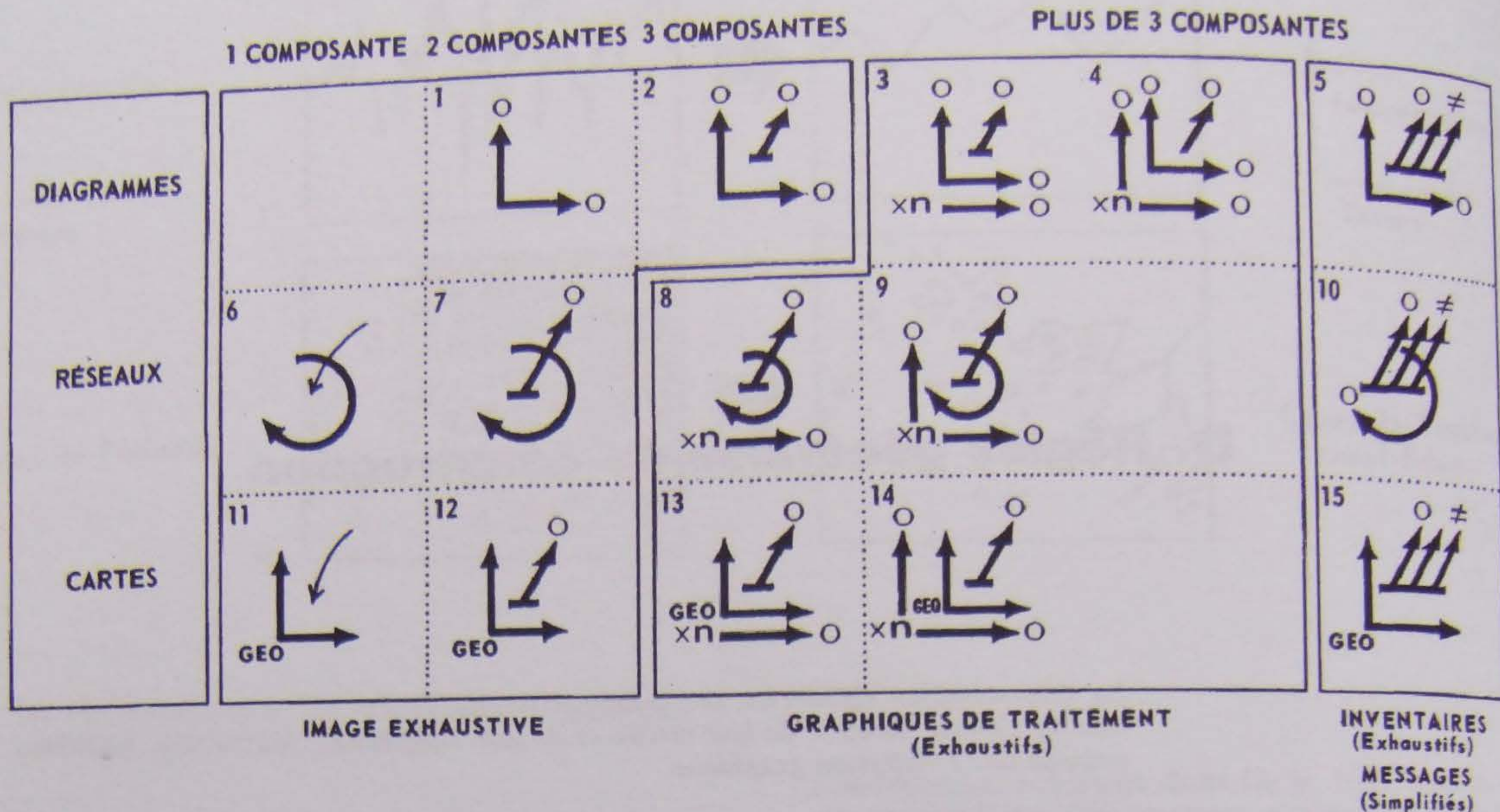
**Simplifier l'image sans réduire le nombre des correspondances** est la règle générale qui s'applique à toute information comprenant une ou plusieurs composantes ordonnables.

**Simplifier l'image par réduction** et parvenir à un message clair et efficace est la règle générale qui s'applique à toute information comprenant plusieurs composantes ordonnées.

Suivant l'imposition (diagrammes, réseaux ou cartographie) et suivant le nombre des composantes, ces règles se traduisent par les **schémas de base** qui suivent.



# SCHEMAS DE BASE



## LES DIAGRAMMES

**DANS LES PROBLÈMES A DEUX ET TROIS COMPOSANTES** les schémas (1) et (2) traduisent la nécessité de :

- mobiliser les deux dimensions du plan d'une manière homogène, rectiligne et orthogonale;
- mobiliser en troisième dimension visuelle une variable rétinienne ordonnée (taille, valeur ou grain) et de ne jamais traduire une composante par une variable d'un niveau d'organisation qui lui soit inférieur;
- d'ordonner toute composante ordonnable (diagonalisation).

Toute information construite suivant ces règles sera perceptible en une image.

**DANS LES PROBLÈMES A PLUS DE TROIS COMPOSANTES**, les circonstances particulières du relevé de l'information (enquêteurs à domicile, relevés en bibliothèque...) ou de son utilisation aux niveaux élémentaires (recherche d'un site, d'une rue, d'un itinéraire) pourront conduire le rédacteur à :

Un dessin d'inventaire (5 exhaustif) facile à rédiger mais qu'il faudra relire point par point au moment de l'utilisation comparative.

Il construit l'information exhaustive en une seule figuration qui ne pourra offrir de réponse visuelle qu'au niveau élémentaire et exclura toute question de niveau supérieur.

Ces inventaires ne sont que les matériaux qui permettent de construire :

**Les dessins de traitement** capables de répondre instantanément à toute question d'ensemble. Le rédacteur suit alors les schémas (3) ou (4) et construit son information en  $n$  images séparées, à trois composantes :

- $n$  est généralement la longueur de la composante la plus courte ou le produit des longueurs des composantes les plus courtes;
- il est entendu que toutes les images sont comparables, et que les dimensions du plan sont affectées aux deux composantes les plus ordonnées, les plus susceptibles de fournir un champ utile de comparaisons;
- les  $n$  images séparées peuvent être classées linéairement (3), être distribuées sur un ou plusieurs tableaux à double entrée (4) et fournir ainsi l'objet de groupements nouveaux.

Le dessin d'un "message" (5 simplifié) qui superpose en quelques images simplifiées le résultat des opérations de traitement. C'est en général, dans les diagrammes, une *superposition image-figuration*. Elle sera d'autant plus efficace que les images superposées seront simples et peu nombreuses.

Dans tous les cas les **CONSTRUCTIONS PARTICULIÈRES** (linéaires, polaires, triangulaires...), différentes des schémas de base ne sont justifiées que par la présence de composantes très courtes qui de ce fait réduisent les images nécessaires à un nombre suffisamment petit pour qu'il ne grève pas le coût mental de la perception.



# LES RÉSEAUX

Le schéma circulaire (6) est la construction qui permet la transcription la plus rapide de l'exposé verbal de l'information en un dessin à deux dimensions. Cette construction met immédiatement en évidence les principaux caractères de l'information, elle autorise une première mise en ordre, elle permet d'observer

la structure du système de correspondances et de découvrir s'il y a lieu une construction plus simple (transformation) déduite de cette structure (p. 271). Les composantes supplémentaires mobilisent les variables rétinienne (7), puis multiplient les images juxtaposées (8 et 9) ou superposées (10).

## LES CARTES

### DIAGRAMME, RÉSEAU OU CARTE

Toute information comprenant une composante géographique peut être construite suivant l'une ou l'autre des trois impositions.

#### Le diagramme

Construite suivant une ligne, la composante géographique ne mobilise qu'une dimension du plan. Elle est ordonnable, elle peut entrer dans une diagonalisation à trois variables et participer à la simplification d'une information à trois composantes, sans réduction du nombre des correspondances. Le diagramme permet donc, dans des temps beaucoup plus courts que la cartographie, de découvrir la catégorisation interne qui caractérise l'information traitée. Dans l'information représentée p. 100 et suivantes (population active suivant 3 secteurs I, II et III, par départements) il permet de dire que la composante  $\neq$  secteurs peut se grouper en deux catégories :

1<sup>o</sup> secteur agricole; 2<sup>o</sup> les deux autres secteurs, et que la composante géographique  $\neq$  départements peut se réduire à un certain nombre de groupes, déduits du diagramme triangulaire. Mais ces groupes sont indépendants de l'ordre géographique, et celui-ci ne peut intervenir comme base de mémorisation et de comparaisons externes.

Le diagramme permet le traitement interne rapide et précis d'une information à trois composantes mais il ne permet pas d'introduire l'information dans le système universel de mémorisation visuelle et de comparaisons géographiques. C'est un système graphique fermé sur lui-même et limité à la seule information traitée\*.

\* Pour introduire un diagramme dans un système universel de comparaison, il faut faire appel à l'expression mathématique de valeurs typiques : moyenne, médiane, mode, écarts, variance, indices de dispersion ou de forme qui ont une définition universelle et sont de ce fait comparables en toutes circonstances.

#### Le réseau

Construite suivant un réseau ordonnable, la composante géographique mobilise les deux dimensions du plan. On ne peut donc construire un réseau en une image que d'après une information ne dépassant pas deux composantes.

Mais l'on peut rechercher l'ordre qui aboutit à la structure la plus simple du réseau des correspondances et en déduire des groupements caractéristiques (9, p. 51).

#### La cartographie

Comme le réseau ordonnable, le réseau ordonné suivant l'ordre géographique, mobilise les deux dimensions du plan.

On ne peut donc construire une carte en une image que d'après une information à deux composantes au plus. La construction cartographique est toujours plus longue que la construction du diagramme correspondant. Dans tout problème à plus de 2 composantes elle aboutit à un nombre d'images plus grand. Mais la cartographie introduit l'ordre géographique et avec lui, installe l'information dans un système universel de comparaisons externes illimitées et de mémorisation visuelle.

### LES SCHÉMAS DE BASE CARTOGRAPHIQUES

Dans les problèmes à deux composantes, le schéma (12) traduit la nécessité :

- de mobiliser en troisième dimension visuelle une variable rétinienne ordonnée et de ne jamais traduire une composante par une variable d'un niveau d'organisation qui lui serait inférieur.

Toute information construite suivant cette règle sera perceptible en une image.

Dans les problèmes à plus de deux composantes, la composante géographique tient le rôle de deux composantes ordonnées dans les diagrammes à plus de 3 composantes, et aboutit aux mêmes règles générales. Elles s'expriment par les mêmes schémas (13), (14) et (15).

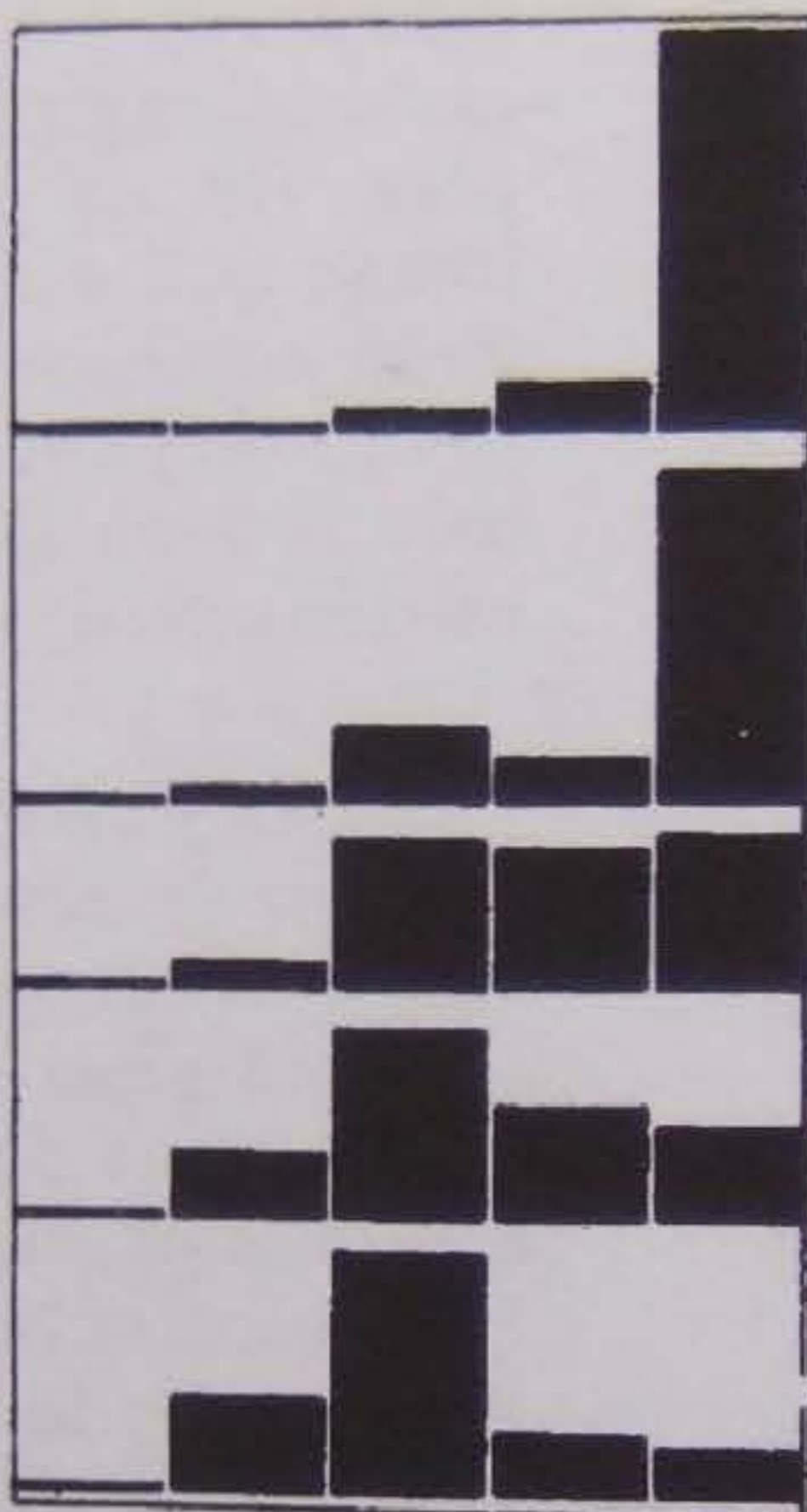




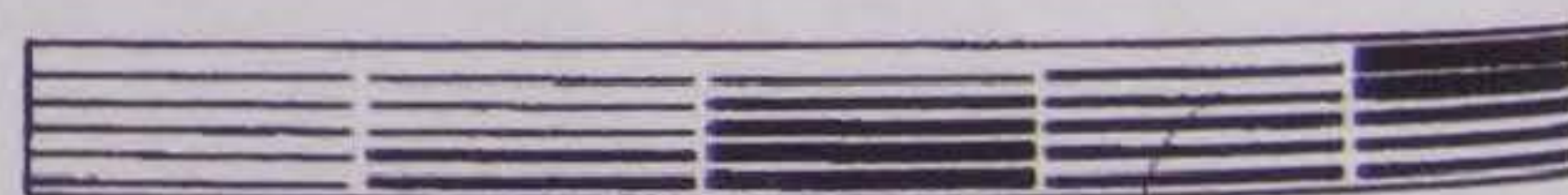
DENSITE GRAPHIQUE



4



5



6

SEPARATION ANGULAIRE



SEPARATION RETINIENNE



## E. Règles générales de lisibilité (ou règles de séparation)

### DENSITÉ GRAPHIQUE SÉPARATION ANGULAIRE SÉPARATION RÉTINIENNE

Les règles de construction sont comparables aux principes qui régissent la **RÉDACTION** du discours. Elles commandent le choix des variables visuelles. Suivant telle construction la lecture ne sera possible qu'au niveau élémentaire; suivant le schéma de base elle sera possible à tous les niveaux. Mais faut-il encore que la lecture soit possible, que l'image soit lisible.

Les règles de lisibilité sont comparables aux principes qui régissent l'**AUDIBILITÉ** du discours (prononciation, sonorisation). *Elles assurent la séparation entre les variables et entre les paliers de chaque variable.*

Un excellent discours sur le papier peut être pratiquement inaudible si la prononciation ou tout facteur d'audibilité est défectueux. Inversement un très mauvais texte peut être prononcé par un excellent speaker dans des conditions parfaites d'audibilité.

Il en est de même dans la représentation graphique. Une bonne construction peut être réalisée dans des conditions de lisibilité telles que l'image sera difficilement lisible, et inversement des constructions inefficaces peuvent être reproduites par d'excellents traceurs qui les feront apparaître, aux yeux du profane, comme de bons dessins.

Prolongeons cette comparaison avec le langage verbal pour découvrir les facteurs de la lisibilité. Le discours peut être inaudible parce que l'orateur parle trop vite. La quantité de sons à la seconde dépasse les capacités humaines d'attention et de compréhension. Si l'orateur

parle trop lentement, l'auditeur a l'impression de perdre son temps. Il existe donc une cadence optimum de débit sonore dans le temps.

De même il existe une quantité optimum de taches au  $\text{cm}^2$  (2) qui s'inscrit entre la densité trop grande (1) et la densité trop faible (3). C'est la **DENSITÉ GRAPHIQUE**.

Le discours peut aussi être inaudible parce que l'orateur a une mauvaise prononciation et déforme les mots, ou bien parce qu'il parle trop bas. Les sons deviennent incompréhensibles. Ils se confondent entre eux et avec le "bruit de fond" de la salle. Il est nécessaire que les sons se différencient entre eux, et qu'ils se séparent des bruits non-significatifs. Si l'orateur parle trop fort, il perd le bénéfice des inflexions de voix. Il existe donc une gamme d'écarts et de puissances que le speaker doit mettre en œuvre pour bénéficier de tous les écarts sonores disponibles.

De même la représentation graphique doit mettre en œuvre la gamme des écarts sensibles que lui offrent les variables visuelles, de telle sorte que l'œil puisse - séparer les **DEUX DIMENSIONS DU PLAN** et éviter que les écarts angulaires ne soient écrasés comme en (4) ou en (6). C'est la **SÉPARATION ANGULAIRE**.

- séparer les taches significatives des taches non-significatives (séparer la "forme" du "fond") et, dans **LES VARIABLES RÉTINIENNES**, séparer les paliers afin d'éviter l'image trop faible (7) ou trop violente (9), qui toutes deux ne mettent en œuvre qu'une faible partie des écarts sensibles disponibles. C'est la **SÉPARATION RÉTINIENNE**.



## 1. LA DENSITÉ GRAPHIQUE

*Il existe une quantité optimum de taches au  $\text{cm}^2$ .*

Ceci est vrai dans les *figurations*, dans les représentations graphiques qui superposent des images différentes, telle la carte de l'Inde (1) qui n'a de sens que si le lecteur peut séparer aux niveaux élémentaire et moyen l'image de la route de l'image du relief, de l'image des rivières, de l'image des forêts...

Une densité trop grande (2) ne fournit plus que la somme des images, tous signes confondus ou presque et cette somme est rarement significative. Il semble qu'une densité moyenne d'une dizaine de signes au  $\text{cm}^2$  soit une limite à ne pas dépasser. Cependant cet optimum varie en fonction du nombre des images différentes (longueur de la composante  $\neq$ ), de l'utilisation de différences d'implantation, des variables rétinienne employées et des habitudes de lecture de l'individu.

L'étude précise et chiffrée en fonction de ces différentes variables reste à faire.

La lisibilité d'une FIGURATION est violemment altérée par une trop grande densité de signes. Dix signes au  $\text{cm}^2$  représentent une limite à ne pas dépasser.

Mais il n'existe pratiquement pas de densité optimum dans l'*image*, dans les représentations graphiques homogènes. Elles autorisent de très grandes densités et par conséquent de très fortes réductions.

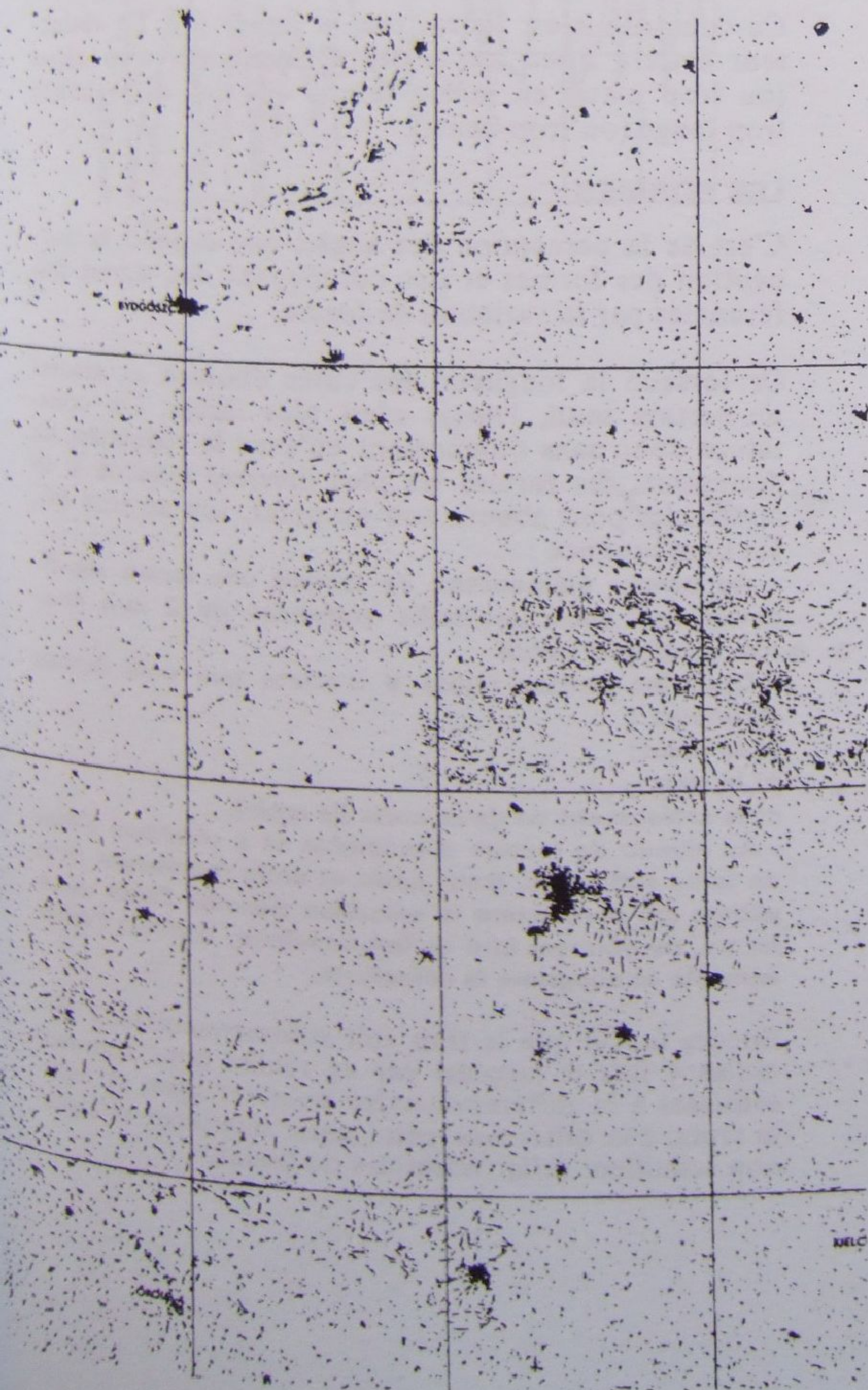
Tel est le cas des cartes des pages 319, 373 ou de la carte des constructions en Pologne (3) et (4), établie par le professeur UHORCZAK (Varsovie 1954), dans laquelle l'œil trouve, à chaque densité de signes, une information significative.

Ce qui disparaît avec l'augmentation de la densité, c'est la précision élémentaire. On constate que l'œil, déchargé des variations de détail, découvre plus facilement des caractères régionaux et définit aisément plusieurs niveaux de régionalisation. La lecture d'ensemble enfin, elle aussi plus aisée, est toujours significative et se fonde aisément sur la densité.

La lisibilité de L'IMAGE s'accomode de grandes densités graphiques et par conséquent de fortes réductions. La lecture aux niveaux moyens et la lecture d'ensemble s'en trouvent généralement plus aisées.

Mais dans les deux cas il est évident qu'une densité trop faible correspond à un sous-emploi de l'expression graphique. Seule exception : la représentation en vue de mesures de haute précision (plans, cadastre, triangulation) car l'exactitude dimensionnelle est proportionnelle à la dimension du dessin (v. p. 298).





3



4



## 2. LA LISIBILITÉ ANGULAIRE

### LES ANGLES

Une forme visuelle est limitée par une série de lignes plus ou moins nettes qui déterminent des angles.

La lisibilité angulaire diminue :

- lorsque la netteté diminue;
- lorsque l'angle se rapproche de  $0^\circ$  ou de  $180^\circ$ ;
- lorsque les côtés de l'angle se raccourcissent.

Le choix des échelles dans un diagramme repose sur la lisibilité angulaire.

La courbe de rendement dans le temps (1) présente deux types d'angles :

- des angles nets et lisibles, qui se perçoivent en lecture élémentaire et qui sont d'observation courante.
- un angle flou et pratiquement invisible, celui que forme l'ensemble de la courbe avec le plan, et qui sollicite la lecture d'ensemble. Il traduit la relation d'ordre entre les deux dimensions du plan, c'est-à-dire la corrélation entre le rendement et le temps.

Cet angle est parfaitement visible en (2) mais c'est au détriment de la lecture au niveau élémentaire, qui se heurte à des angles se rapprochant de  $0^\circ$ .

Au niveau élémentaire l'optimum se situe aux environs de l'angle droit. Mais un écart angulaire est perçu par l'intermédiaire des côtés de l'angle d'autant plus comparables qu'ils sont rapprochés. On peut donc dire :

- Au niveau élémentaire l'optimum de lisibilité angulaire se situe aux environs de  $70^\circ$ .
- Au niveau de l'ensemble l'image s'inscrit dans un plan carré, l'optimum de lisibilité angulaire étant fourni par la diagonale.
- Ces deux conditions pouvant être contradictoires, la lisibilité angulaire résulte d'un compromis entre les conditions de lisibilité aux deux niveaux extrêmes de lecture.

Ce compromis est fourni par la figure (3). Le rédacteur évitera donc les angles élémentaires trop aigus (ou trop plats) en même temps que les diagrammes trop longs (ou trop hauts).

### LES FORMES

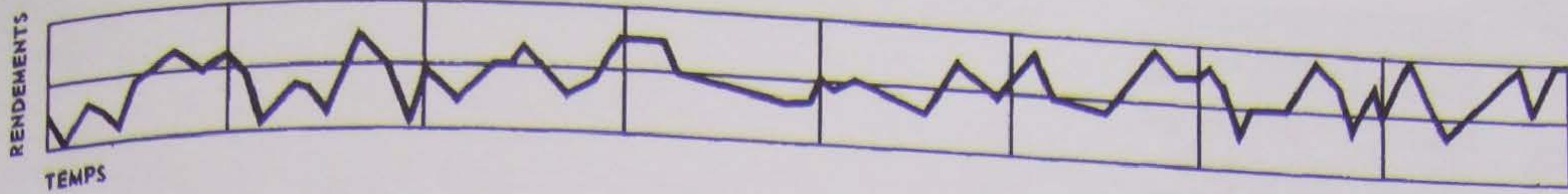
C'est de la perception des angles que dépend la perception des formes et par conséquent des signes différenciés par la variation de forme.

Or, lorsque la longueur des côtés diminue et atteint un certain seuil, l'angle n'est plus lisible. On constatera donc sans étonnement qu'avec la réduction de dimension, les formes les plus diverses tendent à se confondre pour aboutir soit au point, soit au trait (4). En conséquence :

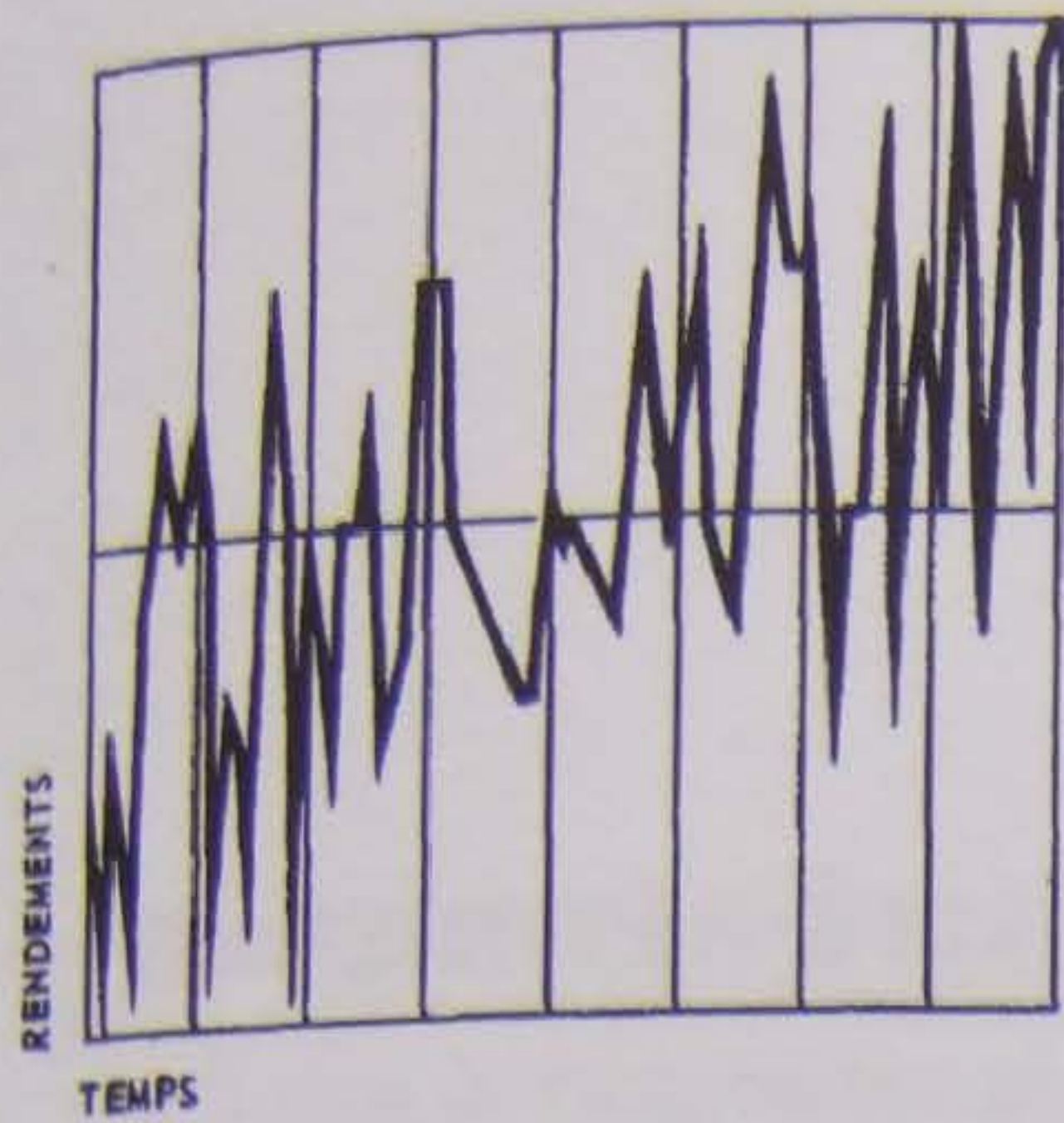
- Au niveau élémentaire de lecture une forme significative doit avoir une taille suffisante de 2 mm environ, pour être lisible.
- Dans les petites tailles il n'existe que trois formes distinctes :
  - a) le point;
  - b) le trait;
  - c) le croisement de deux traits (la croix).
- Au niveau de lecture d'ensemble et à condition d'être de taille suffisante, trait, point et croix fournissent trois paliers qui permettent la sélection visuelle. Toute autre forme, ne pouvant être qu'intermédiaire, diminue l'écart sensible et supprime la sélectivité.

Encore faut-il que le trait soit suffisamment long (au moins 4 fois la largeur) car en réalité nous sommes sensibles à la différence entre point et ligne et dans la croix, à la différence entre signe scintillant et signe non scintillant (effet vibratoire du grain).

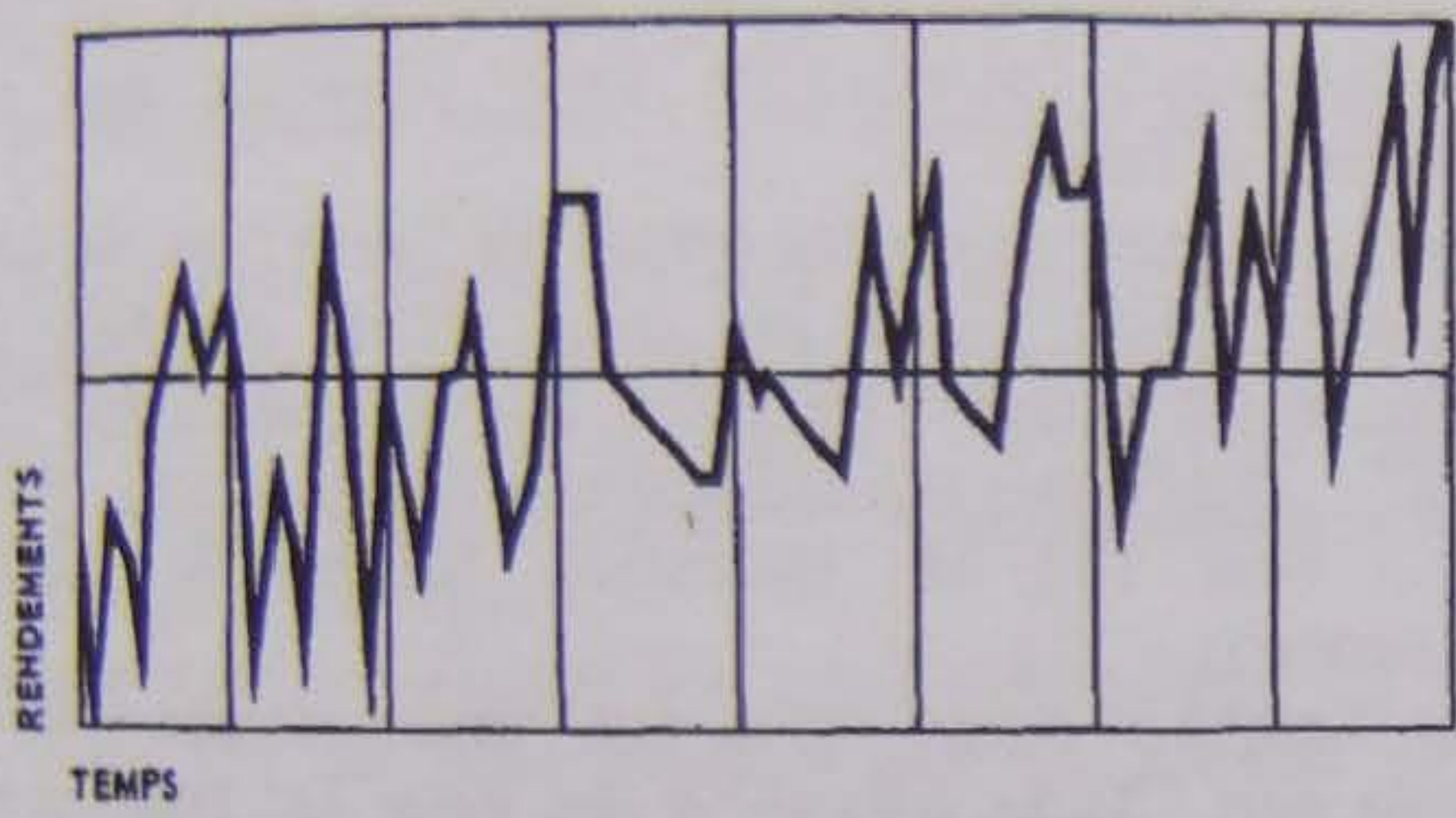




1



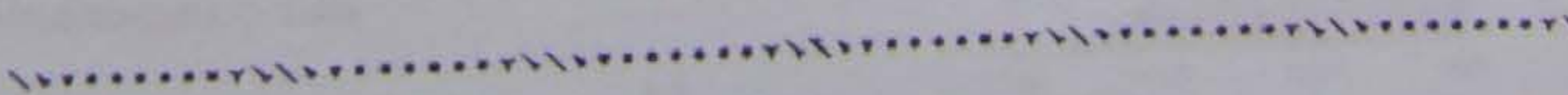
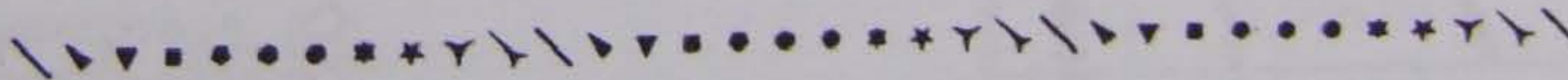
2



3



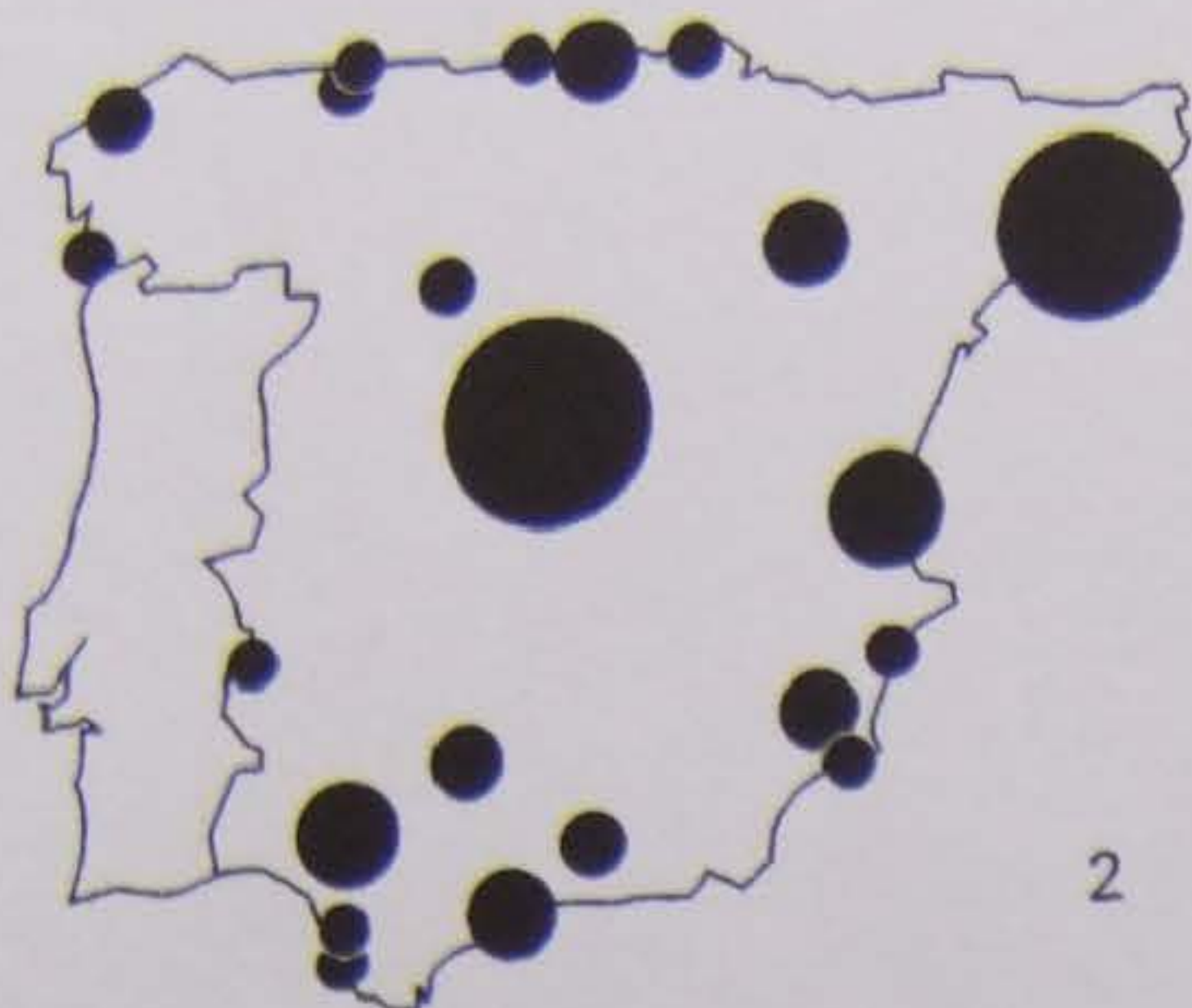
4



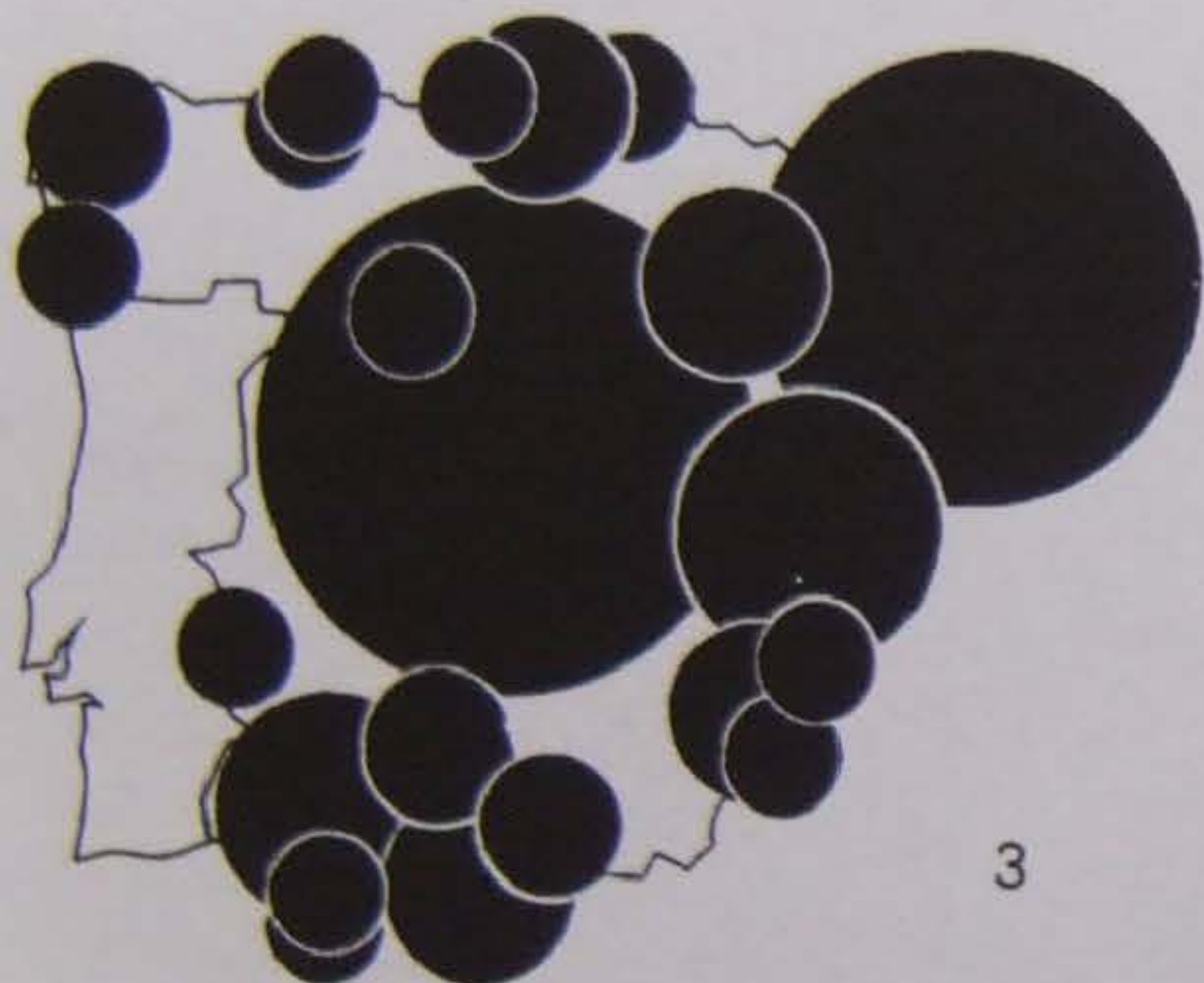




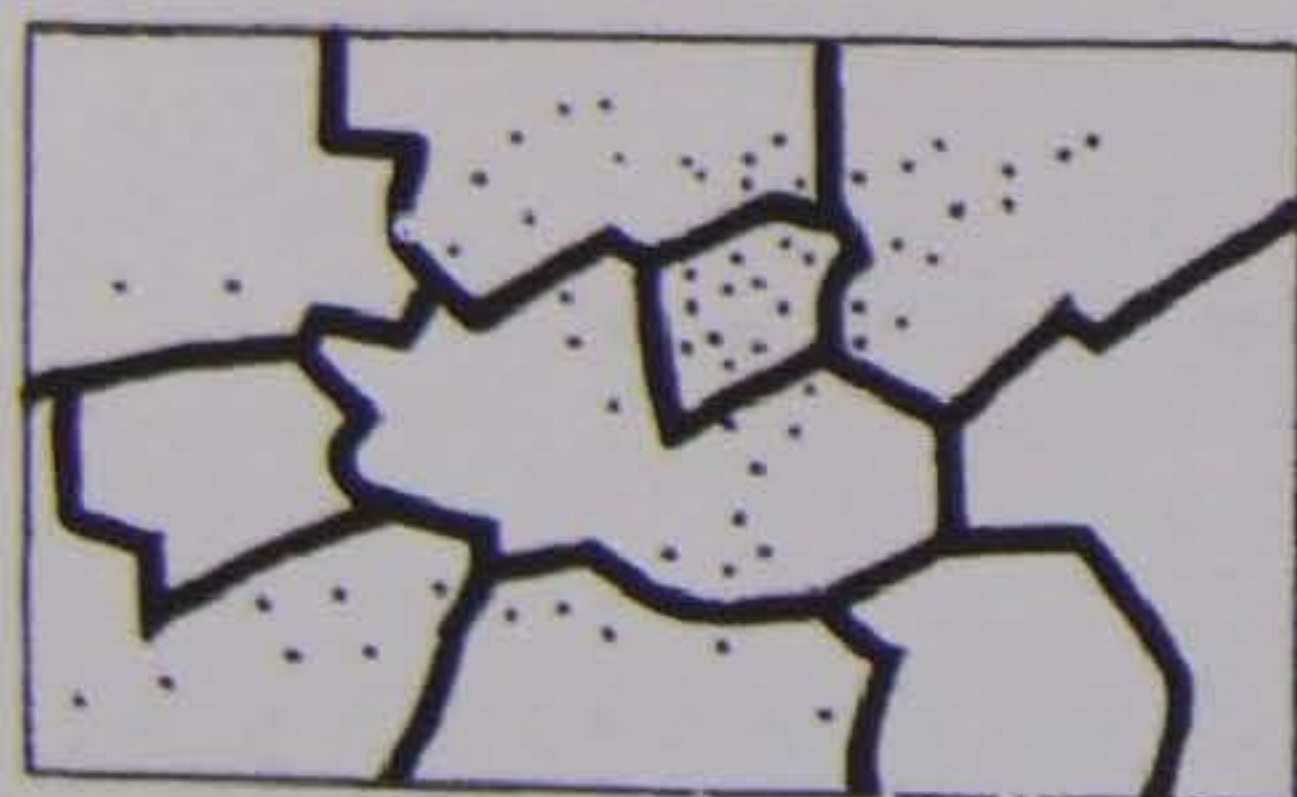
1



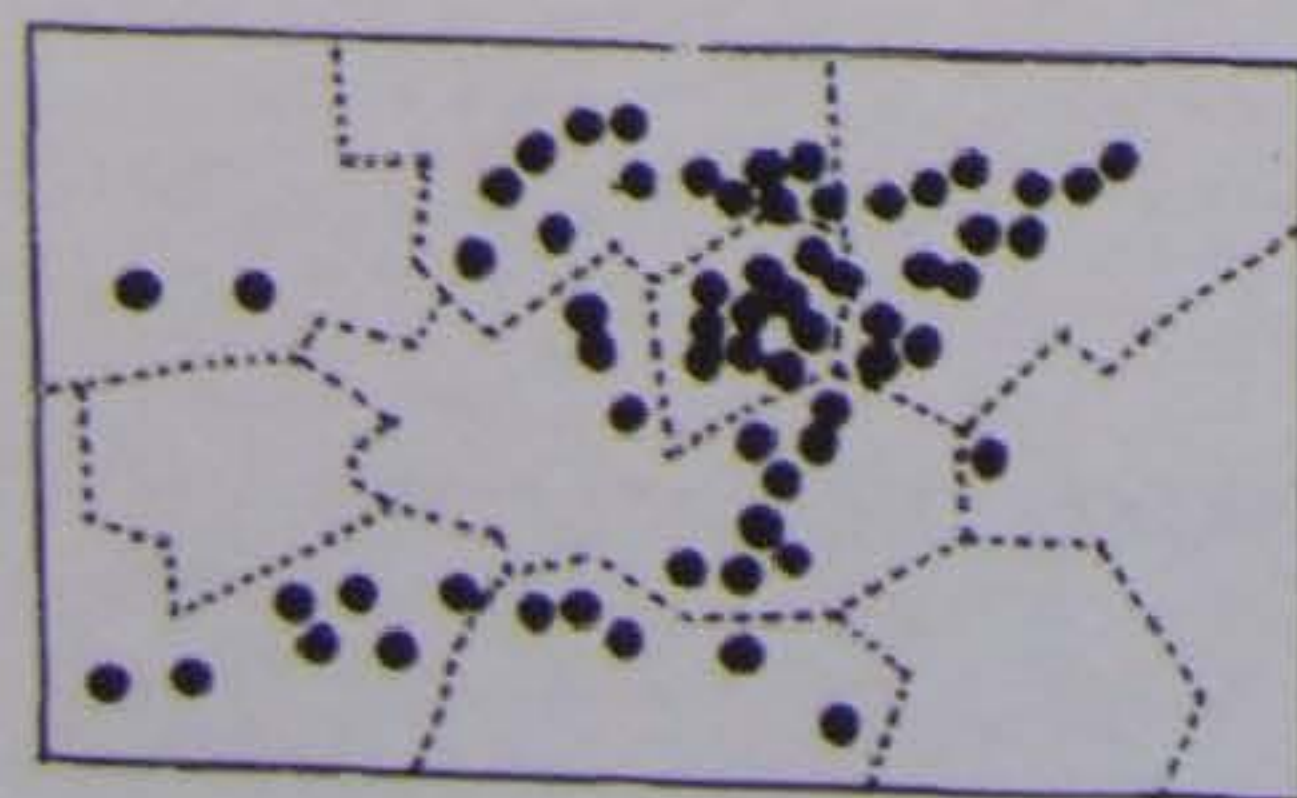
2



3



4



5

### 3. LA LISIBILITÉ RÉTINIENNE

Si la lisibilité angulaire concerne les écarts sensibles significatifs dans le plan, la lisibilité rétinienne s'applique aux écarts d'élévation, à la différenciation de *hauteur au-dessus du plan*, sensible entre les paliers d'une variation rétinienne. Pour parvenir aux écarts optimums, il faut :

1°) *disposer d'une quantité totale de "noir" ou de teinte* :  
- suffisante pour que les plus petits signaux soient visibles, se détachent du fond et recouvrent les "bruits visuels" : taches, maladdresses, irrégularités d'imprimerie... (en (1) la quantité totale de noir est insuffisante);

- mais limitée pour que les plus grands signes se séparent (en (3) la quantité de noir est trop grande).

2°) *tirer de cette quantité les plus grands écarts* c'est-à-dire utiliser toute la gamme sensible d'une variable donnée. Mais ici, il faut distinguer entre :

- les informations qui ne mettent en œuvre que la perception quantitative;
- et celles qui mettent en œuvre la perception sélective, combinée le plus souvent aux perceptions ordonnées ou associatives.

#### LA QUANTITÉ DE NOIR ET LE FOND

A l'expérience, lorsque la quantité totale de noir oscille entre 5 et 10 % de la surface significative, la lisibilité est optimum.

Ce pourcentage permet par exemple de calculer l'échelle de signes proportionnels. Le signe qui correspondrait au total des quantités à représenter devrait avoir une surface inférieure au dixième de la surface significative du plan. La quantité totale de noir donne lieu au *correctif de densité* (p. 374) dans l'emploi des gammes de signes de taille croissante et dans la cartographie automatique.

Mais cette quantité de noir ne concerne que la représentation des correspondances originales qui constituent l'information proprement dite, et qui doit *contraster* avec le fond, c'est-à-dire avec la matérialisation des composantes traduites par le plan.



### Premier palier sensible : le contraste fond-forme

Ce qui est visible en (4) et mobilise la majeure partie du "noir", c'est la composante géographique, l'information "prévisible" que chacun peut reconstituer en ouvrant un atlas. La représentation est illisible.

La représentation (5) est lisible. Ce qui domine ce sont les correspondances originales, "l'imprévisible" qu'aucun autre document ne peut en principe fournir. *Le premier palier sensible doit détacher la forme du fond.*

La recette est simple et son emploi est une nécessité graphique. Soit le diagramme (6) par ailleurs bien construit mais illisible. Il représente l'évolution du nombre des navires reliant l'Espagne à différentes régions de l'Amérique Ibérique\*.

Il stigmatise les fautes les plus courantes de lisibilité. Le fond (7) est plus visible que la forme (8).

**LA RÉDUCTION DE LA VISIBILITÉ DU FOND est obtenue par :**

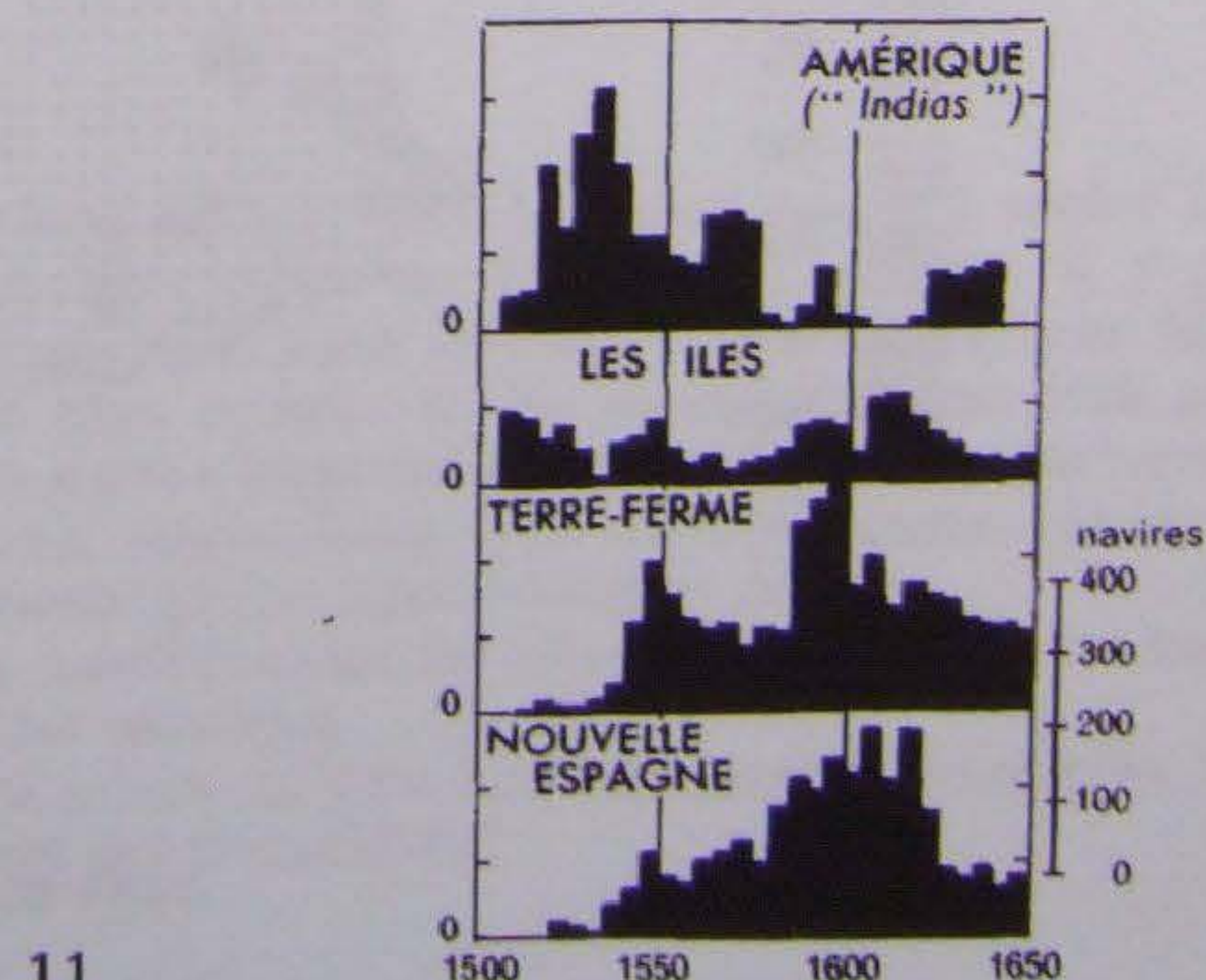
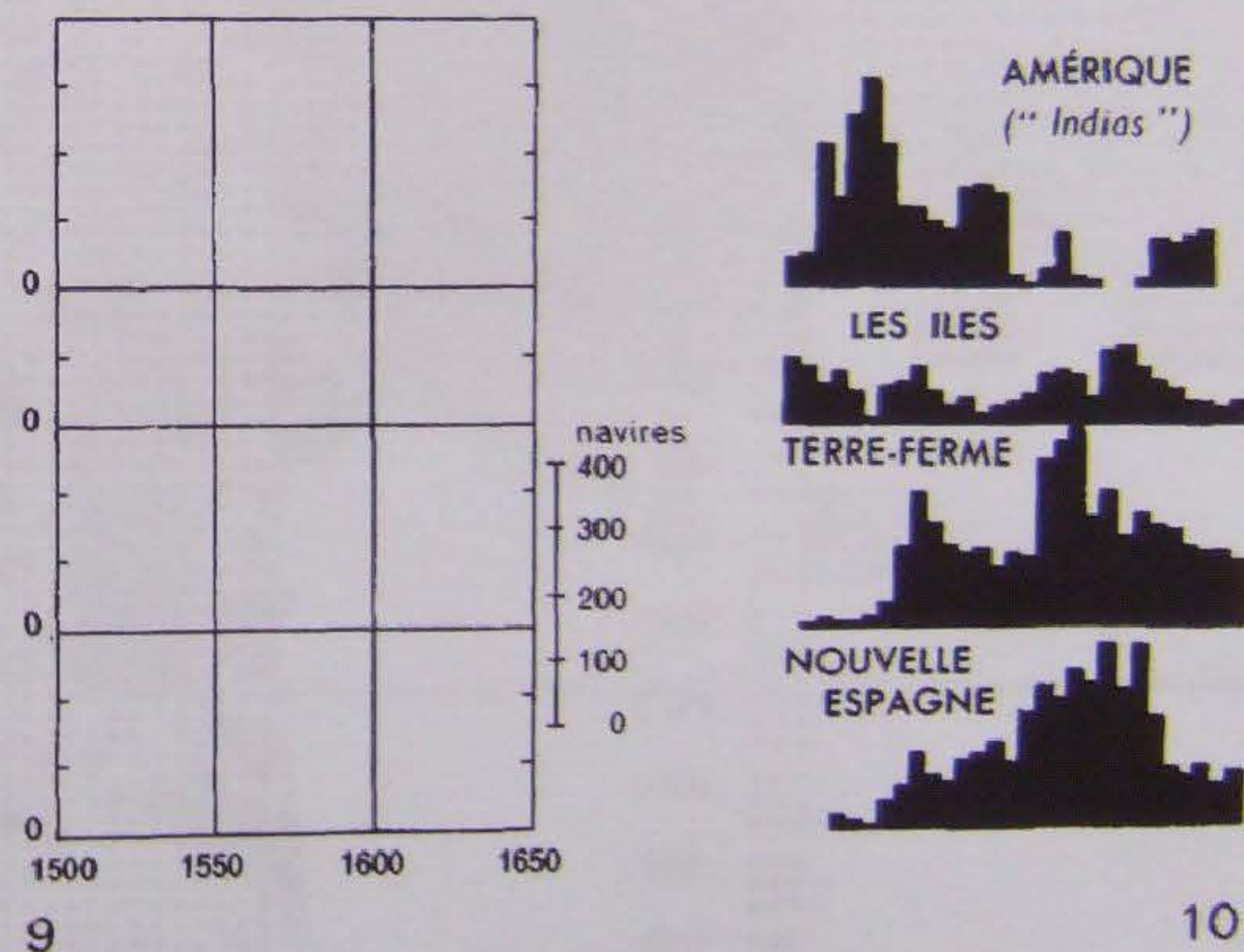
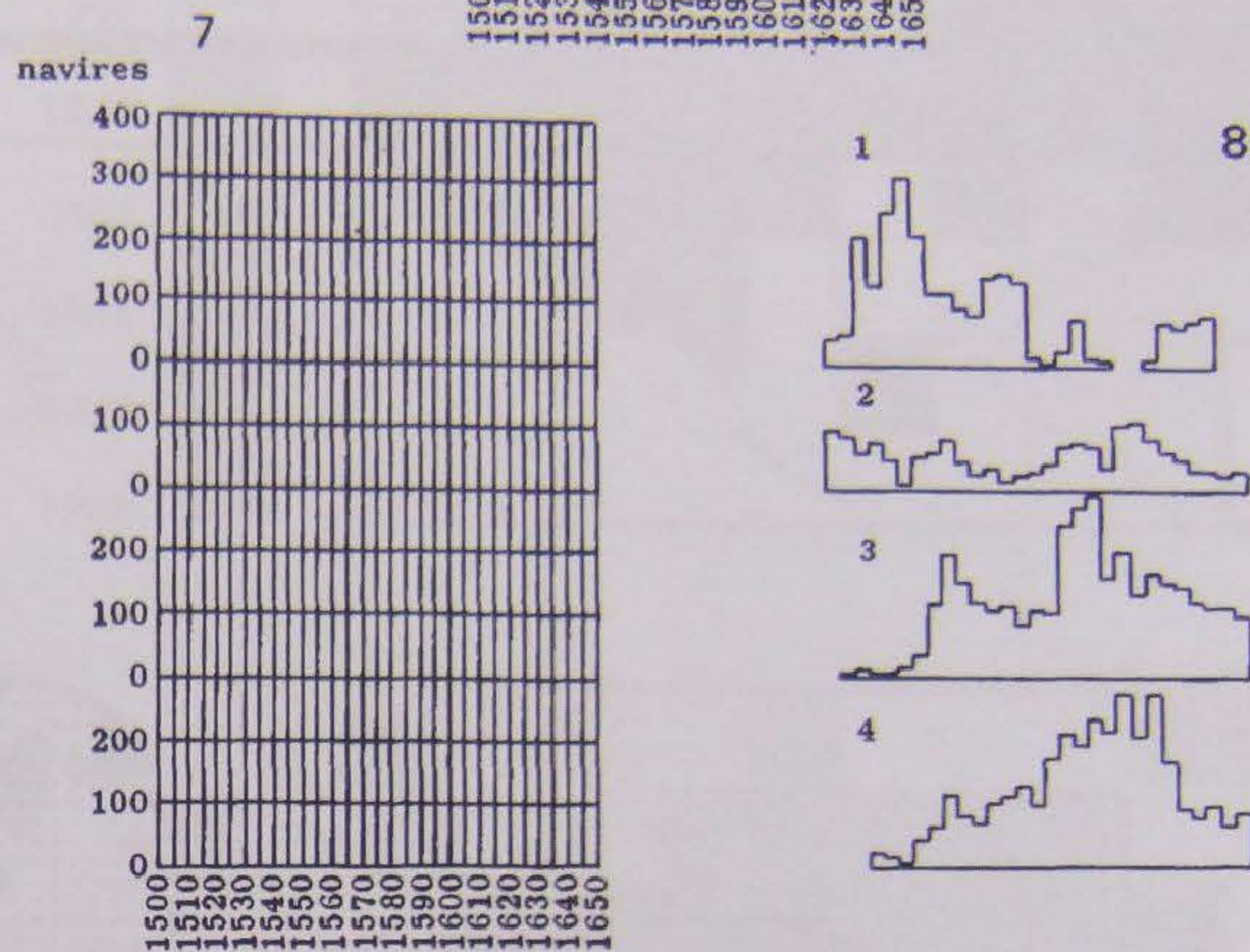
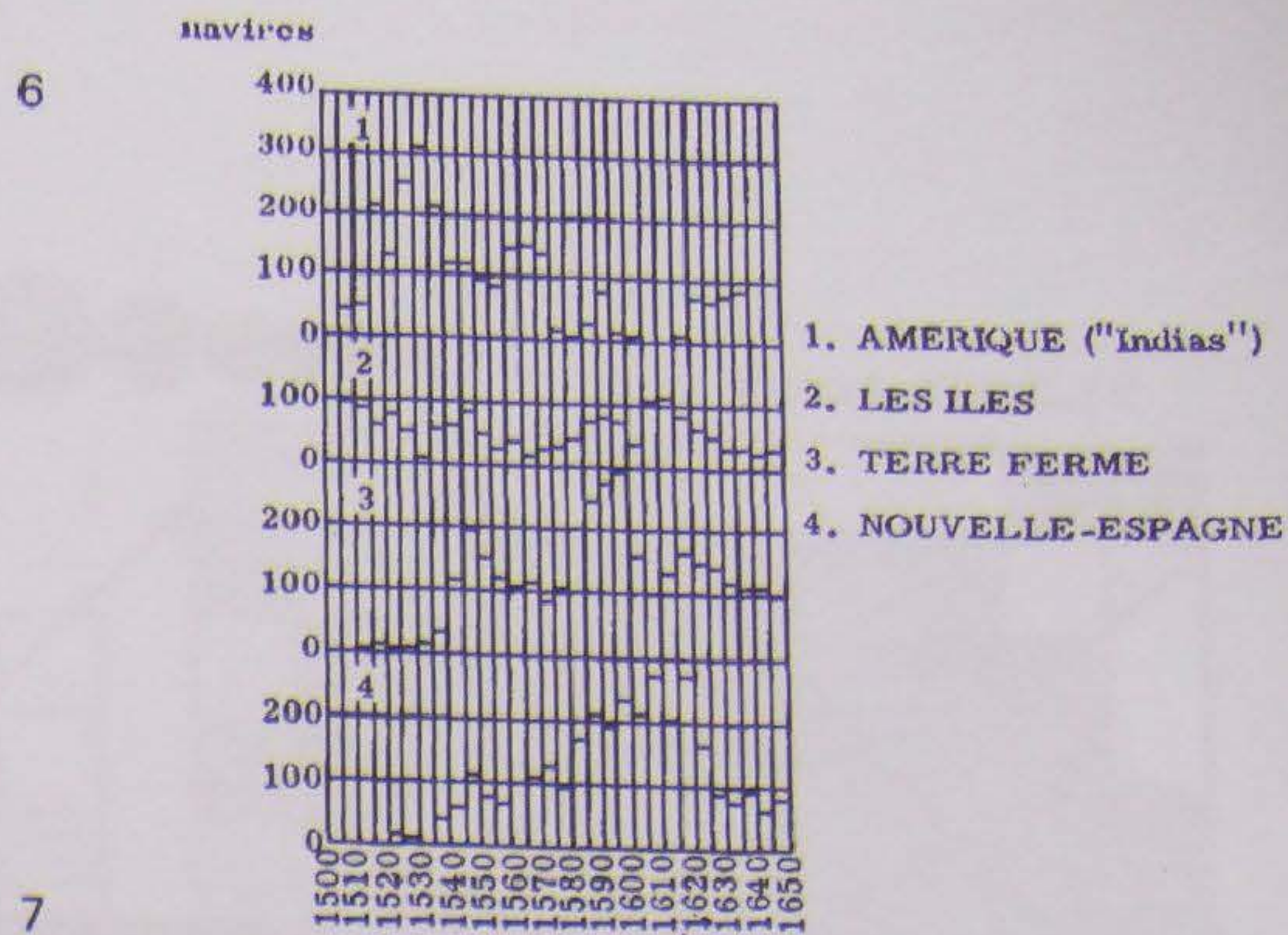
- la suppression des signaux connus ou que l'on peut reconstituer, jusqu'au niveau compatible avec une éventuelle lecture de détail (9);
  - la diminution de visibilité des signes restants (emploi de traits fins, de pointillés, de valeurs claires);
  - l'augmentation de la prévisibilité des signes d'identification, en accentuant la présomption d'homogénéité.
- Une seule échelle verticale accentue la présomption d'homogénéité de toutes les courbes. Quelques dates caractéristiques seulement catégorisent le temps, le rendent spontané et en accentuent la présomption d'homogénéité.

Conjointement l'effort portera sur :

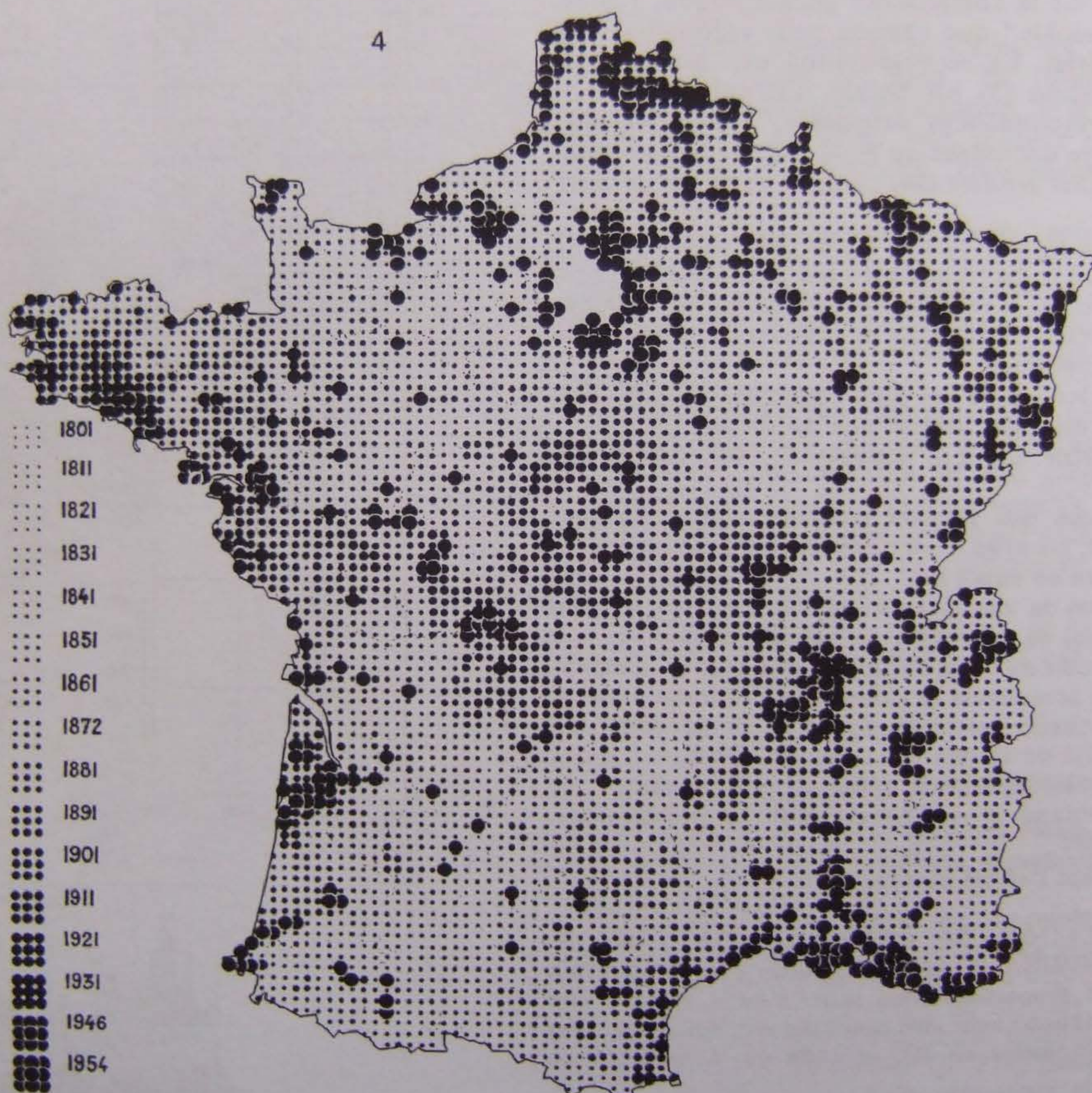
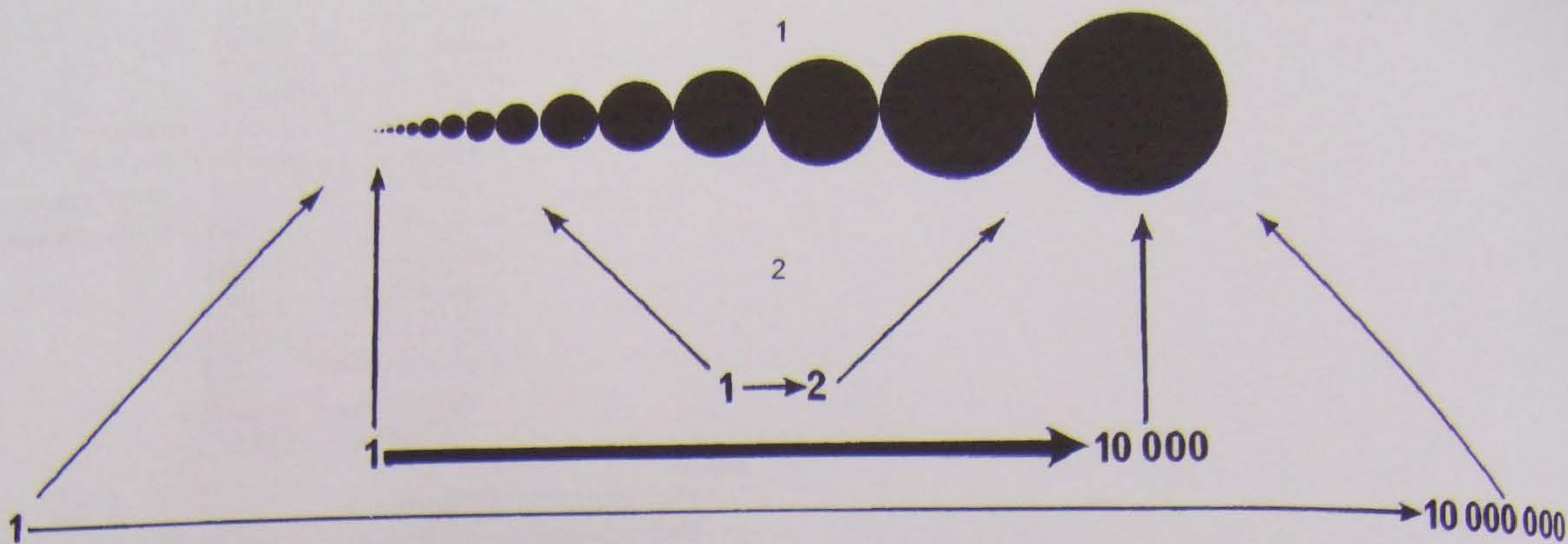
**L'AUGMENTATION DE VISIBILITÉ DE L'INFORMATION ORIGINALE**, par exemple en pochant en noir les colonnes proportionnelles (10), d'où il résulte une double perception : celle des hauteurs des colonnes dans le plan, seule visible en (6), et celle de la quantité de "noir".

La superposition (11) devient lisible et le rapprochement des sous-titres facilite l'effort d'identification.

\*Information empruntée à P. et H. CHAUNU. Séville et l'Atlantique. Atlas. SEVPEN. Paris, 1956.  
Il s'agit du nombre des navires partant de Séville, ventilé suivant les grandes régions destinataires et le temps.







DATE DU MAXIMUM DE POPULATION



## LES ÉCARTS SENSIBLES EN PERCEPTION QUANTITATIVE

Les composantes quantitatives (effectifs, mesures, rapports...) *ne sollicitent pratiquement pas la perception sélective*. La question "telle quantité précise, où est-elle?" est le plus souvent inutile et résulte de l'habitude néfaste de la lecture élémentaire. (Cependant pour y répondre, une redondance de forme est toujours possible, pp. 357 et 377.)

Une variation quantitative s'accommode donc d'un grand nombre de paliers (ex. p. 373) et n'en est que plus fine.

La lisibilité quantitative dépend essentiellement de la mise en œuvre de l'étendue maximum de la gamme de taille (Étendue : rapport entre le plus petit et le plus gros signe de l'image).

Il est facile de construire (en implantation ponctuelle) deux cercles dont le rapport de surface est de 1 à 10 000 (1). Un rapport de 1 à 20 peut encore donner une image lisible mais

La lisibilité est pratiquement nulle au-dessous du rapport 1 à 10.

Par contre, l'étendue des séries de l'information est extrêmement variable (p. 357) et :

la lisibilité conduit à étendre (2) ou à réduire (3) la série quantitative pour l'ajuster proportionnellement à la gamme sensible. C'est le *correctif d'extension*.

Les différentes modalités de ce correctif sont développées, suivant les implantations, à partir de la p. 357.

## LES ÉCARTS SENSIBLES EN PERCEPTION ORDONNÉE ET EN PERCEPTION SÉLECTIVE

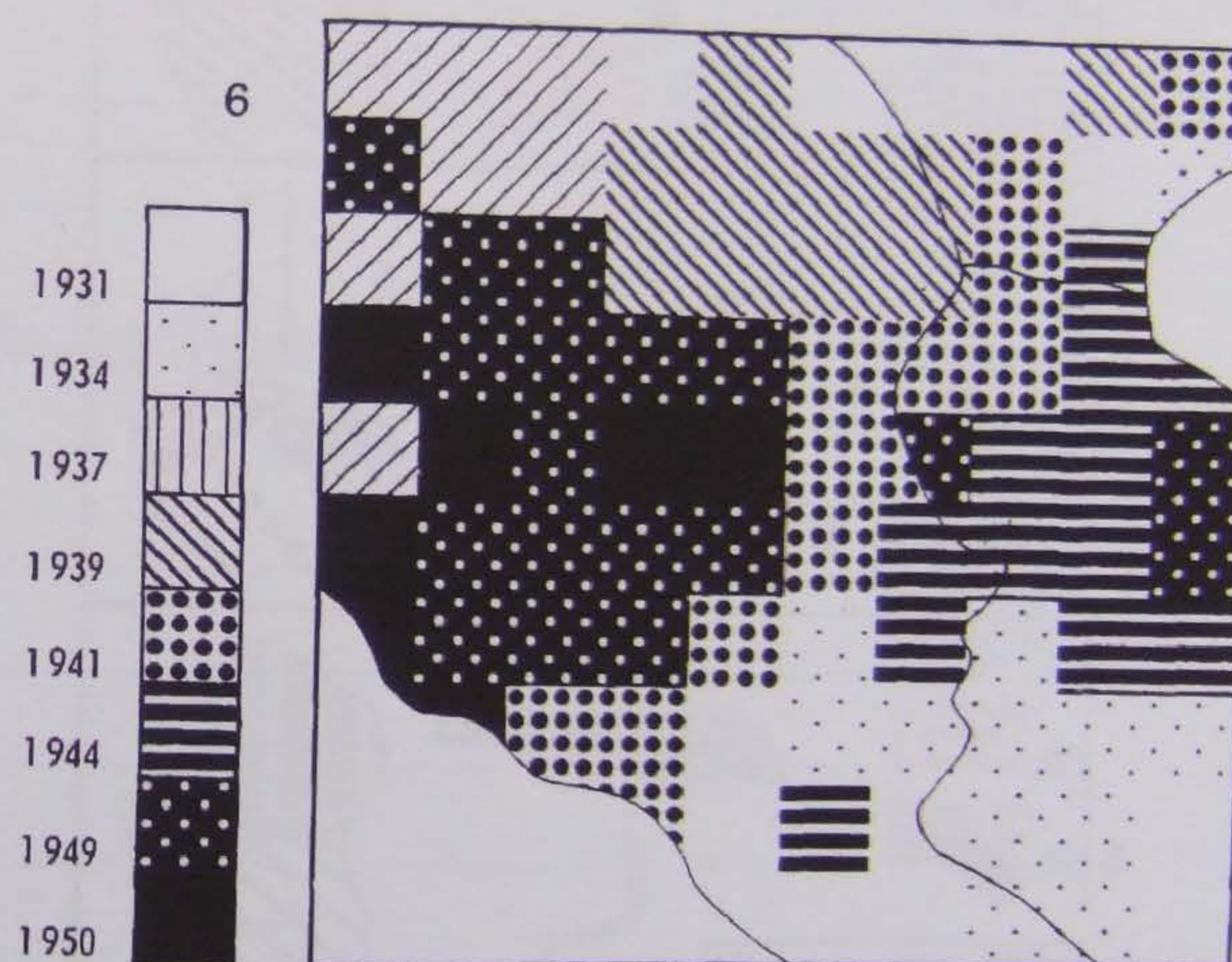
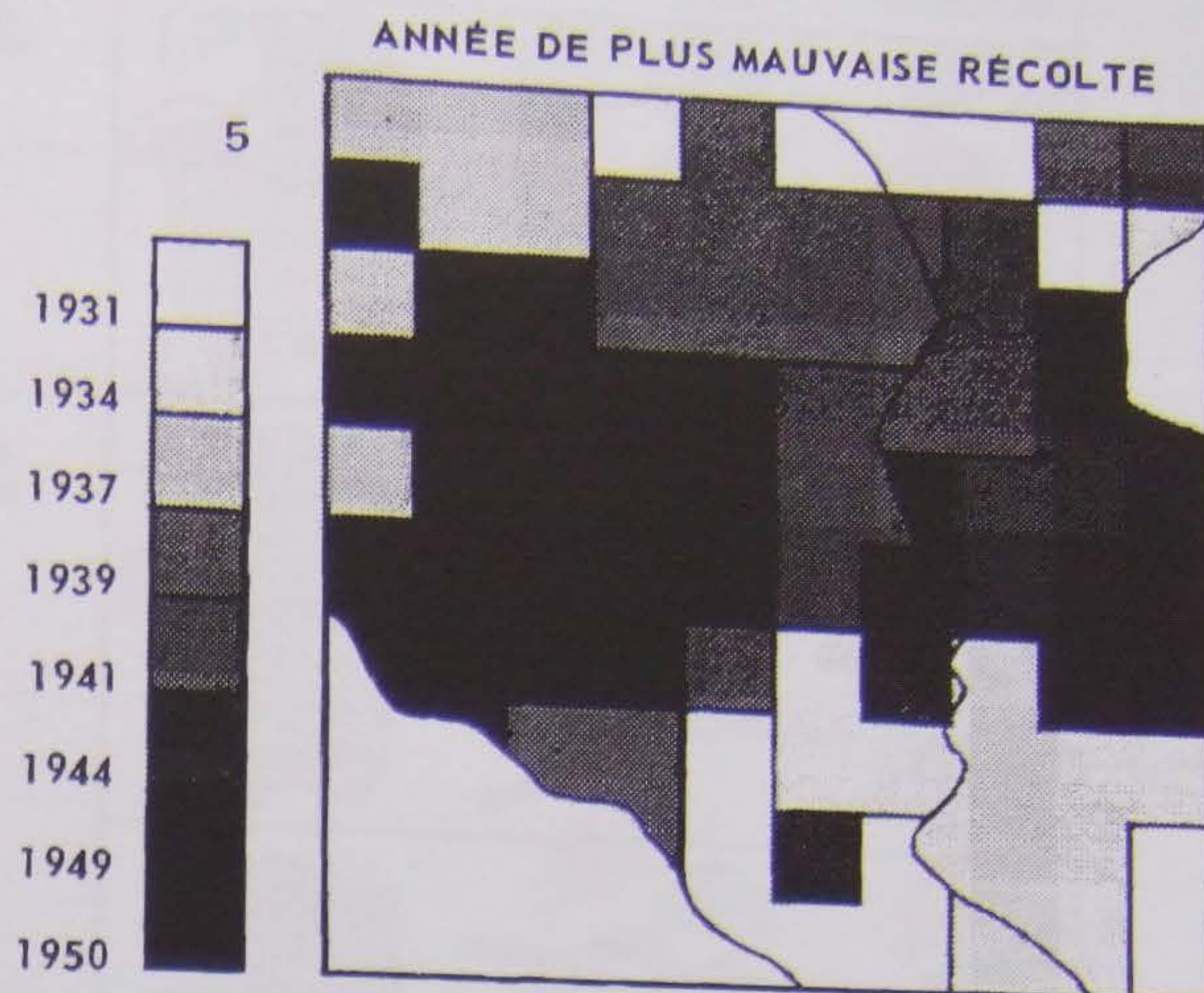
La perception de l'ordre ne sollicite pas la sélection des paliers. Ceux-ci peuvent par conséquent rester nombreux tant que la perception sélective ne s'impose pas. La lisibilité ordonnée ne dépend que de la mise en œuvre de l'étendue maximum des variables ordonnées : taille et valeur. Le grain peut restituer un ordre sensible, aux niveaux moyens de lecture, sans détruire l'associativité des signes (4, p. 337).

Mais une information ordonnée sollicite généralement aussi une perception sélective.

On éprouve une difficulté de lecture devant la carte (4) (dates du maximum de population cantonale).

La composante de temps est représentée par la variation de taille. Celle-ci est relativement longue et il est difficile d'isoler la répartition d'une date précise c'est-à-dire de répondre à la question "telle date (1850, par exemple), où est-elle?"

Dans la carte (5) : année de plus mauvaise récolte, information ordonnée représentée par la variation de

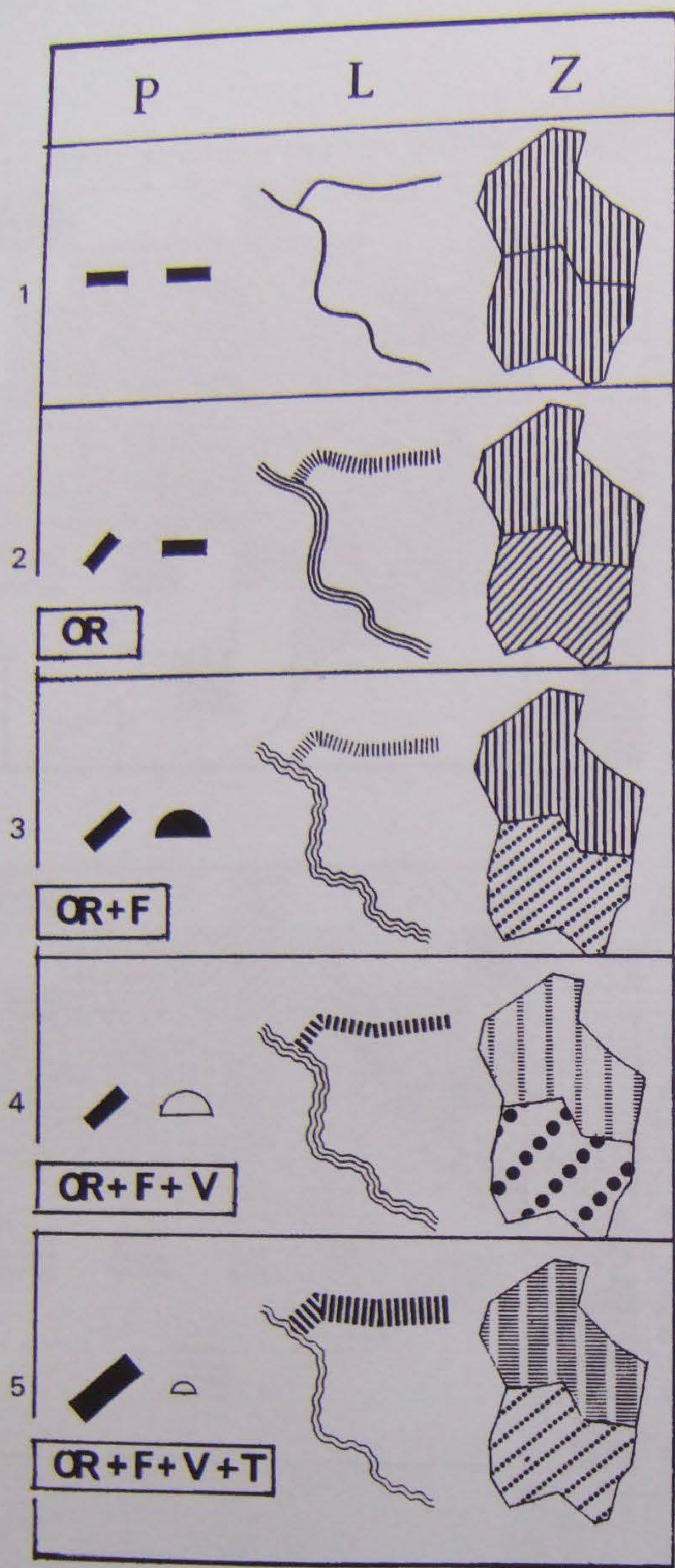


valeur, le lecteur cherchera aussi à isoler une année précise : 1941 ou 1944 par exemple. Il y parviendra mieux que dans la carte précédente, car la variation est plus courte et les signes zonaux plus grands que les signes ponctuels. Cependant il y parviendra beaucoup moins bien que dans la carte (6) qui combine valeur, grain, orientation et forme.

La combinaison de plusieurs variables renforce la lisibilité sélective.

Qu'est-ce qu'une combinaison de variables, et quelles sont ses propriétés?





### LES COMBINAISONS DE VARIABLES

Les signes ponctuels, linéaires ou zonaux, semblables en (1) se différencient en (2) par l'orientation. En (3) ils se différencient à la fois par l'orientation et la forme. C'est une combinaison orientation-forme. La différenciation (4) combine orientation-forme-valeur. En (5)...\* **Toutes les combinaisons de variables rétinienne sont possibles.**

Le tableau (6) ci-contre recense toutes les combinaisons qui peuvent différencier deux signes ponctuels. Dans le groupe 1 (première ligne horizontale) une seule variation sépare les deux signes de chaque paire. Dans les autres groupes, chaque paire se différencie suivant respectivement 2, 3, 4 et 5 et enfin 6 variations. Si les 32 combinaisons avec la taille se trouvent alignées sur la même colonne, on peut constater que la couleur, par exemple, ou toute autre variable est représentée 32 fois.

Les répétitions exclues, il reste 63 combinaisons possibles entre deux signes. Quelles sont les propriétés perceptives d'une combinaison de variables?

\* Lorsque la variation de valeur, normalement obtenue par une différence d'encre (encres noires, gris-foncé, gris-clair) est obtenue comme ici par un baguettage ou un pointillé visibles, celui-ci ajoute à la perception de différence de valeur, la perception d'un grain différent évidemment du noir, qui n'a pas de grain.



**1**

	F	OR	C	G	V	T
1						
2						
3						
4						
5						
6						

**2**

	F	OR	C	G	V	T
1						
2						
3						
4						
5						
6						

**3**

	F	OR	C	G	V	T
1						
2						
3						
4						
5						
6						

**4**

	F	OR	C	G	V	T
1						
2						
3						
4						
5						
6						

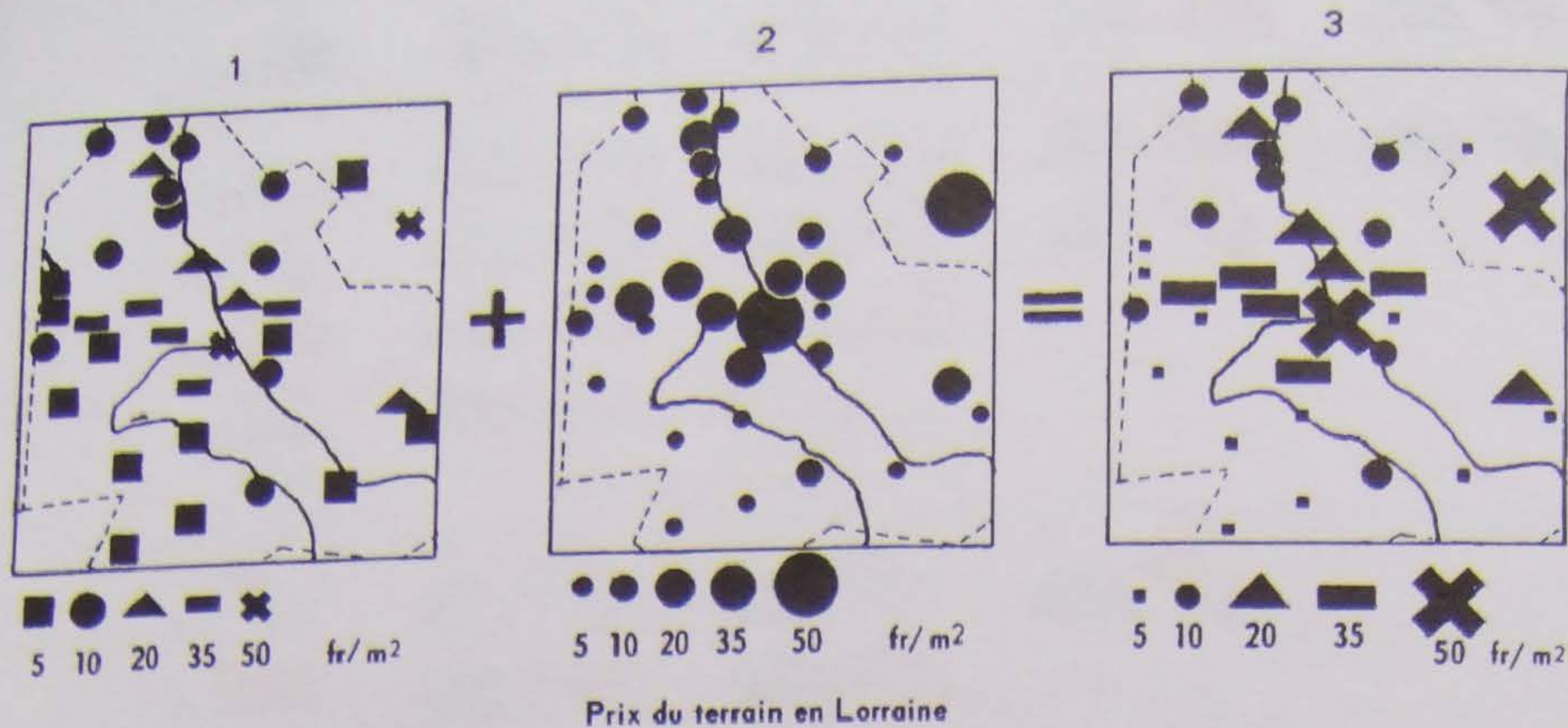
**5**

	F	OR	C	G	V	T
1						
2						
3						
4						
5						
6						

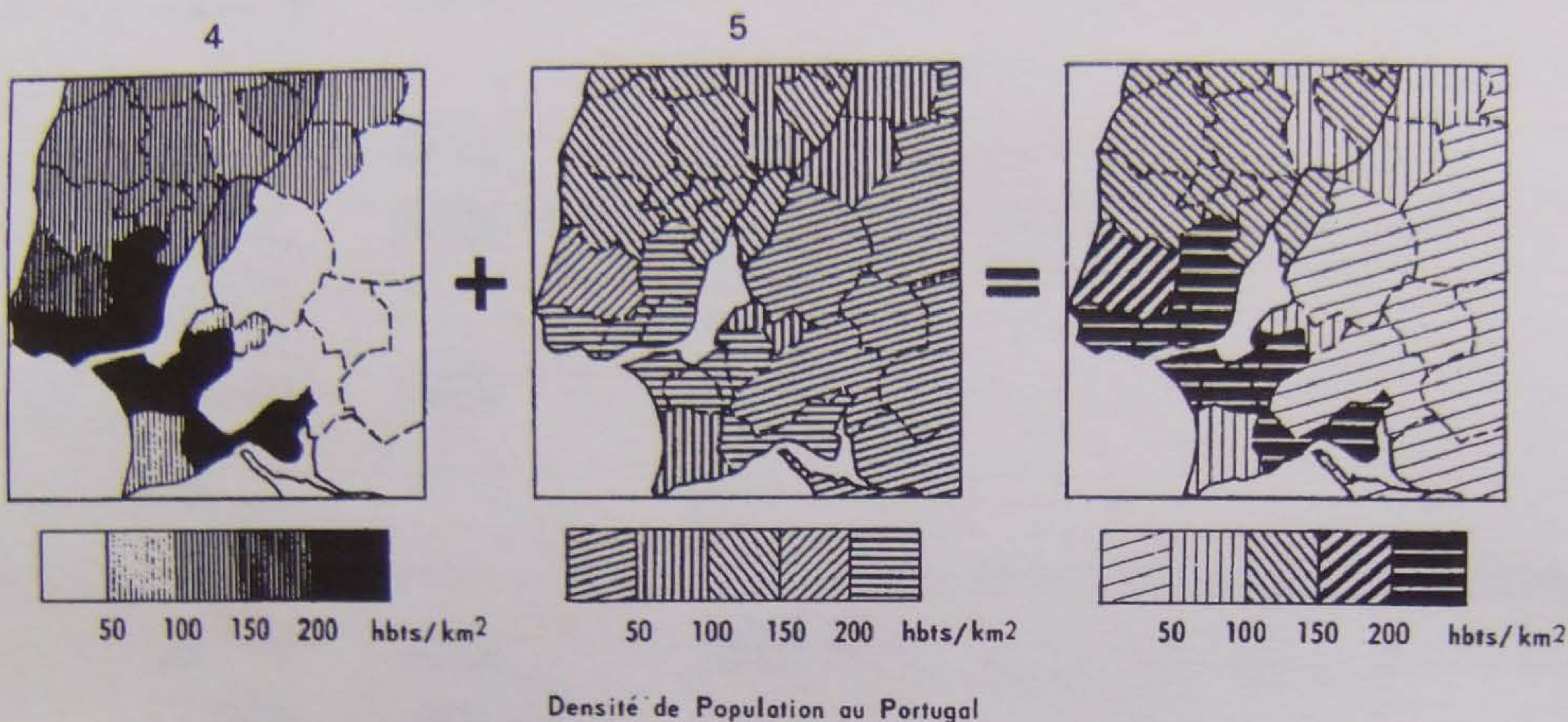
**6**

	F	OR	C	G	V	T
1						
2						
3						
4						
5						
6						





$$\begin{array}{lcl} T & : & \neq \neq 0Q \\ F & : & \equiv \\ \hline T + F & : & \neq \neq 0Q \end{array}$$



$$\begin{array}{lcl} V & : & \neq \neq 0 \\ OR & : & \equiv \\ \hline V + OR & : & \neq \neq 0 \end{array}$$

#### NIVEAUX D'ORGANISATION DES VARIABLES VISUELLES

DIMENSIONS DU PLAN	$\equiv$	$\neq$	$\bigcirc$	$\odot$
TAILLE	$\neq$	$\neq$	$\bigcirc$	$\odot$
VALEUR	$\neq$	$\neq$	$\bigcirc$	
GRAIN	$\equiv$	$\neq$	$\bigcirc$	
COULEUR	$\equiv$	$\neq$		
ORIENTATION	$\equiv$	$\neq$		
FORME	$\equiv$			

#### Propriétés d'une combinaison de variables

Le niveau d'organisation, les propriétés perceptives de chaque variable sont connus (tableau ci-contre). On constate que la variation associative de forme (1) et la variation dissociative de taille (2) fournissent une combinaison dissociative (3). La densité des points de comptage, sensible en (1) est dissociée en (3). De même une variation de valeur (4) et une variation d'orientation (5) fournissent une combinaison ayant les propriétés de la valeur (6).

Une combinaison de variables a les propriétés de la variable du plus haut niveau d'organisation, définies par le tableau p. 96 (à l'exclusion de la combinaison taille-valeur).

Valeur et taille, toutes deux dissociatives, c'est-à-dire fournissant une visibilité variable, peuvent être combinées :

- soit dans le même sens (combinaison concourante 8);
- soit en sens opposés (combinaison compensée 9).



## COMBINAISONS REDONDANTES

Dans l'image (3) la combinaison forme-taille transcrit une seule composante : des quantités de francs au m<sup>2</sup>. De même dans les images (6) et (7), chaque combinaison ne transcrit qu'une seule composante.

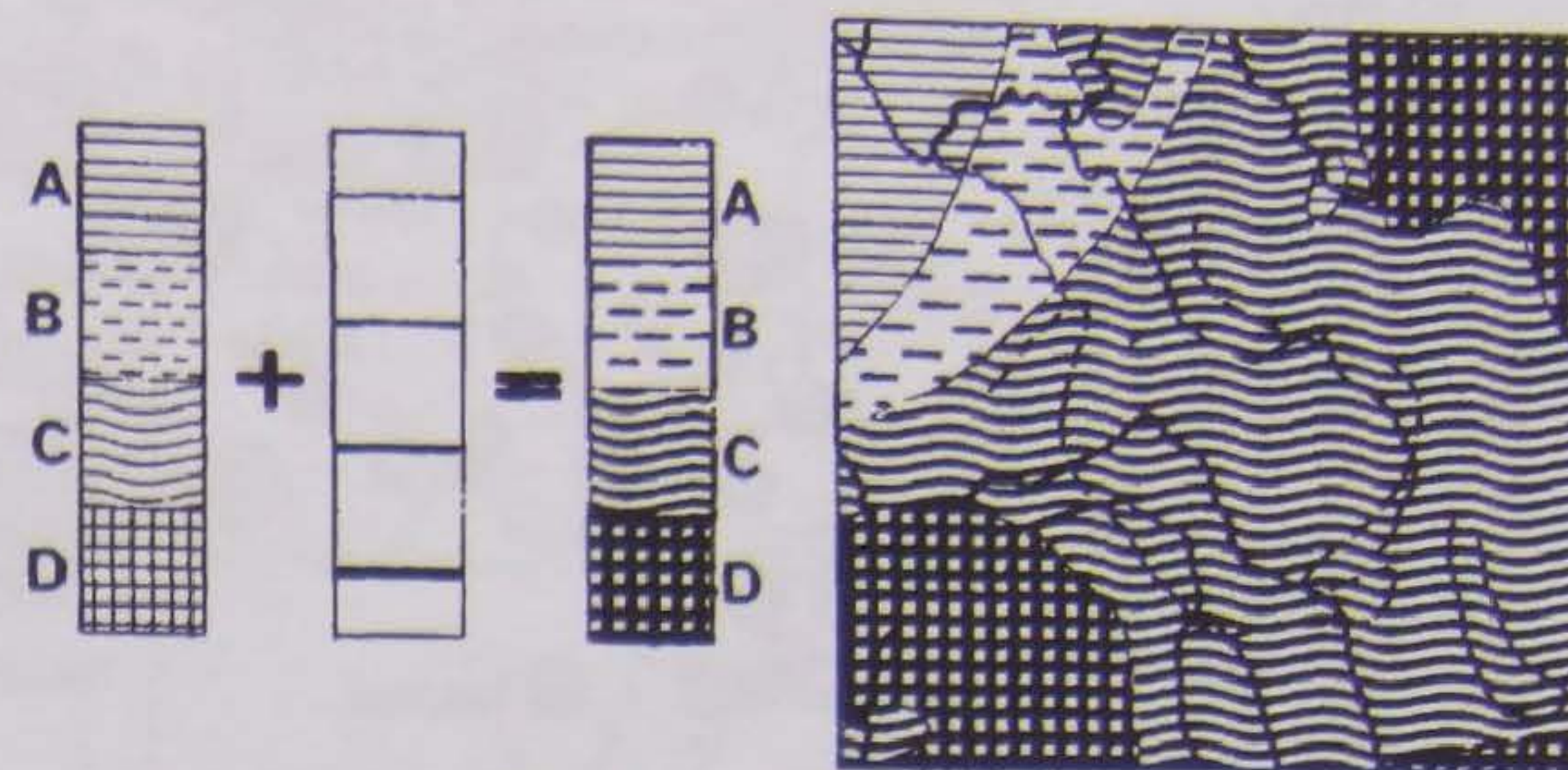
**Une combinaison de plusieurs variables, utilisée pour ne transcrire qu'une seule composante est une combinaison redondante.**

L'écart sélectif est toujours plus grand entre deux paliers d'une combinaison de variables qu'entre deux paliers d'une seule variable, toutes choses égales (à l'exclusion des combinaisons compensées).

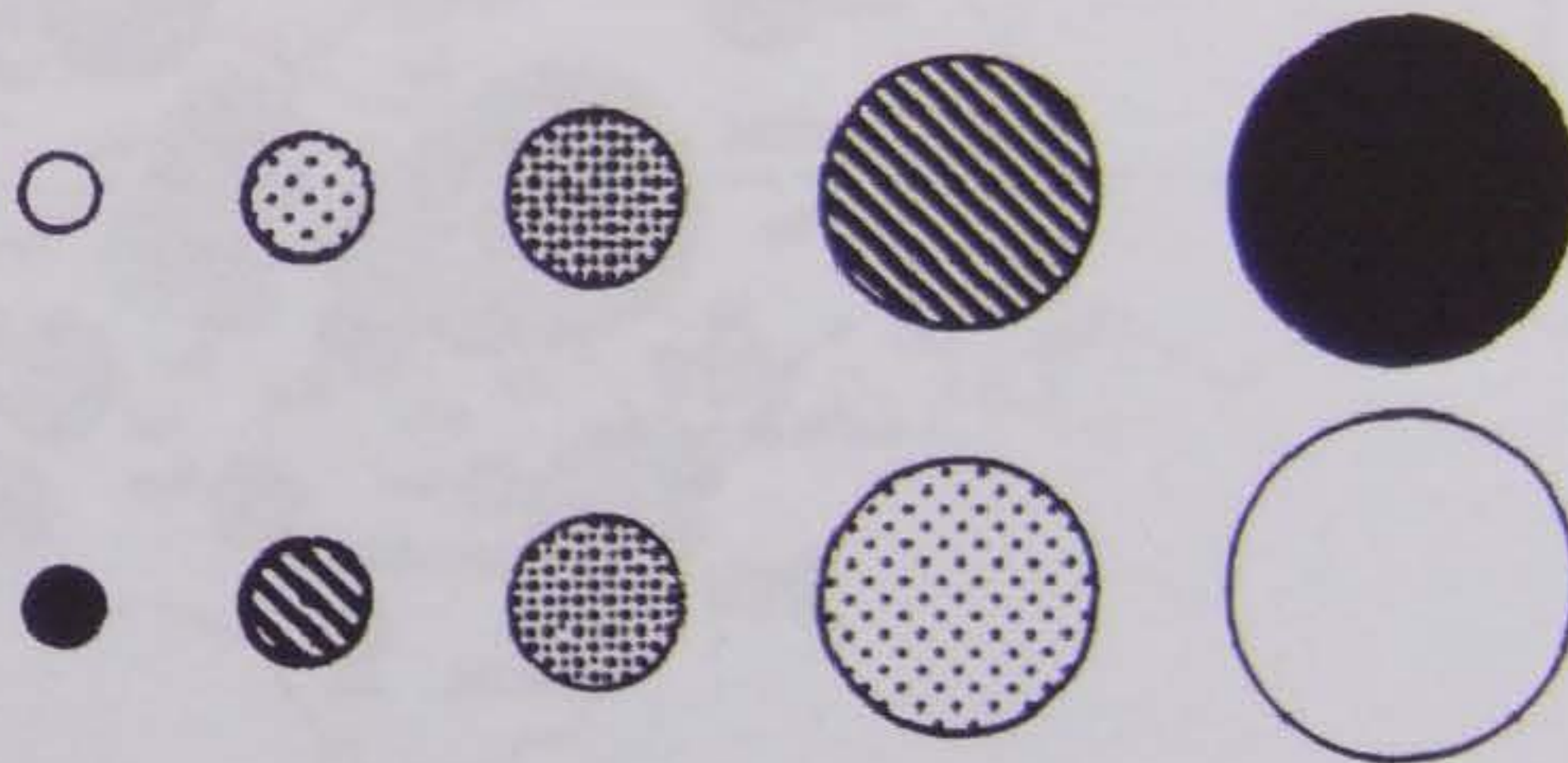
Par conséquent :

**Les combinaisons redondantes accroissent la séparation entre les paliers des variables rétinienne. Elles sont la base de la lisibilité sélective.**

La combinaison redondante concourante taille + valeur (8) permet de renforcer la lisibilité d'une variation quantitative (10) dont l'étendue ne dépasse pas 1 à 10.



7



8

9

### L'emploi des combinaisons redondantes

Le rédacteur graphique rencontre deux principaux types de problèmes dans l'emploi des variables rétinienne :

1°) L'information *accepte une visibilité variable* (p. 323), c'est-à-dire un étalement du faible au fort ou du clair au foncé. Il peut créer une *image ordonnée et sélective* et il construit sa combinaison sur la taille ou sur la valeur, c'est-à-dire :

Taille + G, C, OR, F  
ou Valeur + G, C, OR, F

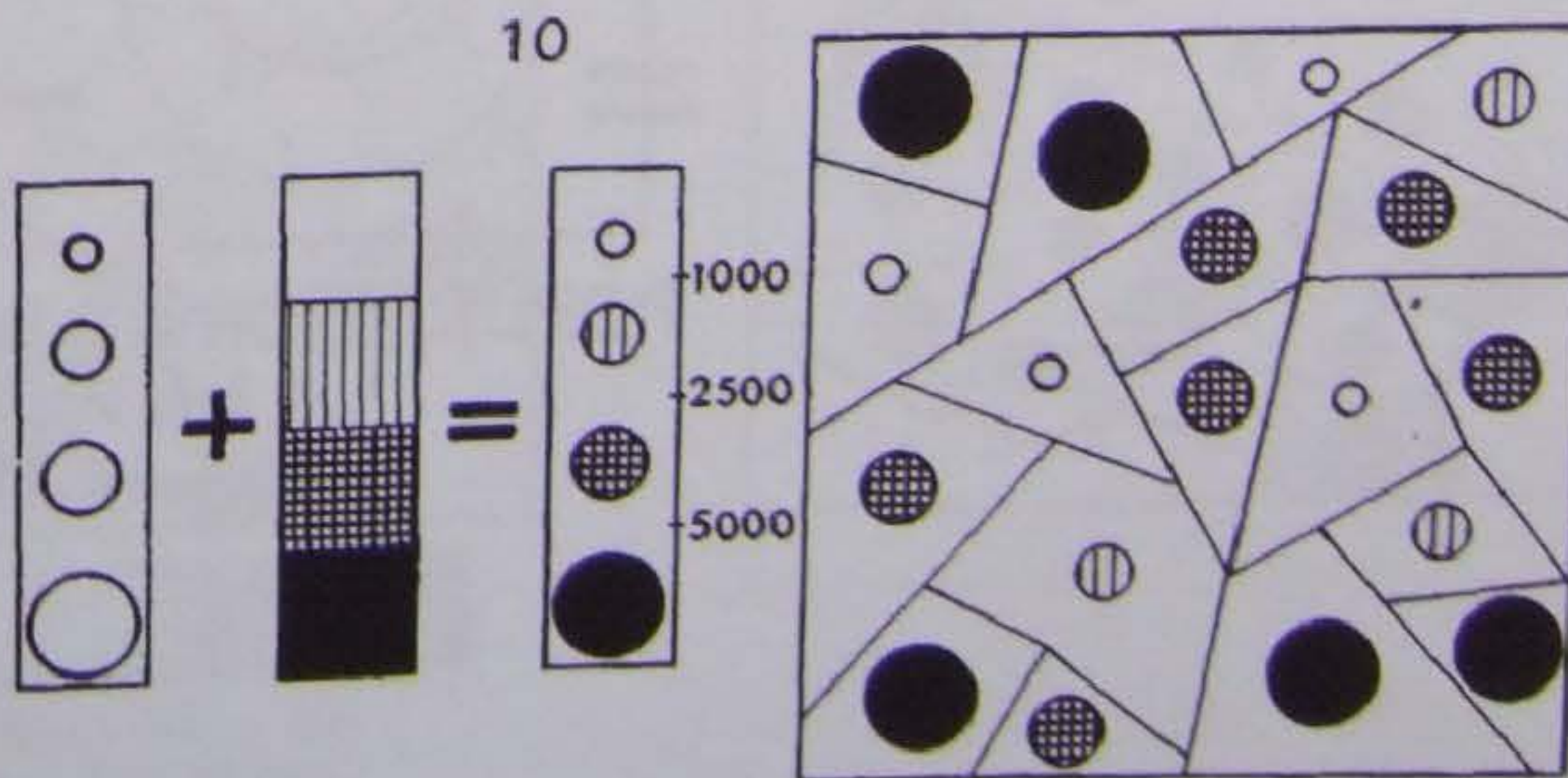
2°) L'information *n'accepte pas de visibilité variable*, tous les signes doivent avoir la même puissance visuelle. Il peut créer une *figuration sélective-associative*, construire sa combinaison sur la base du grain, et *conserver un ordre* dans la variation visuelle :

Grain + C, OR, F

Si l'ordre n'est pas nécessaire, il construira l'une des combinaisons possibles des trois dernières composantes :

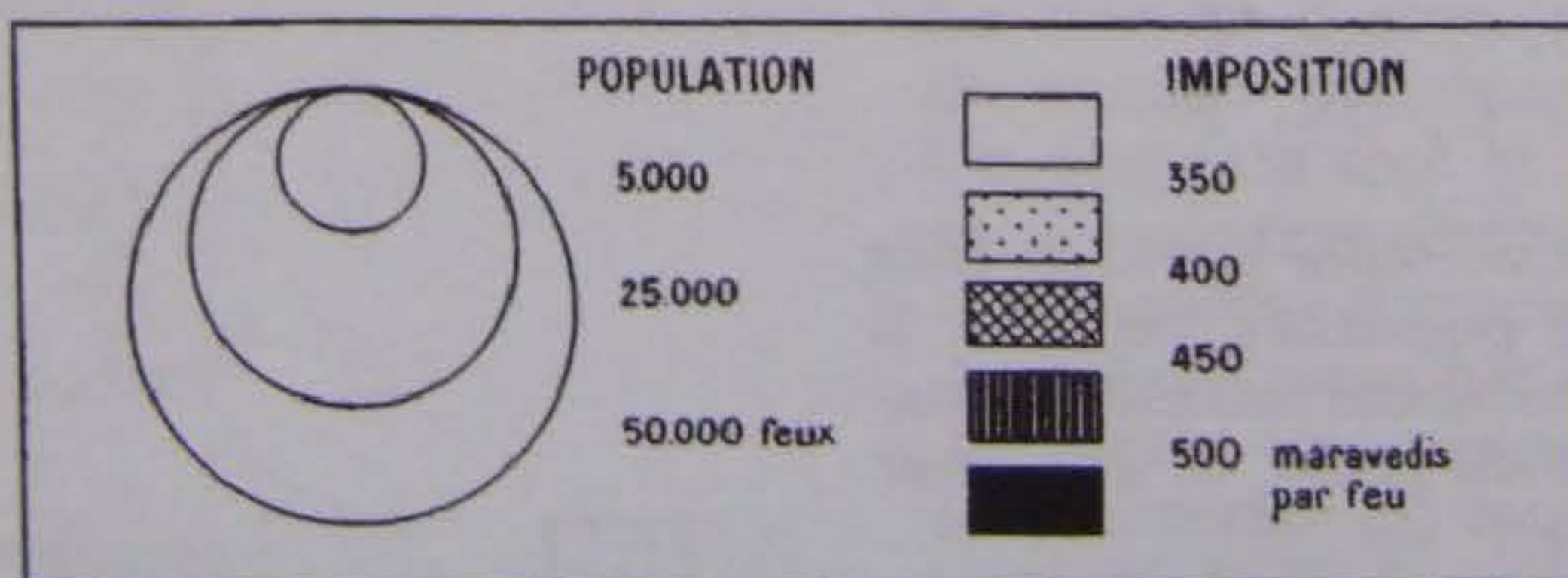
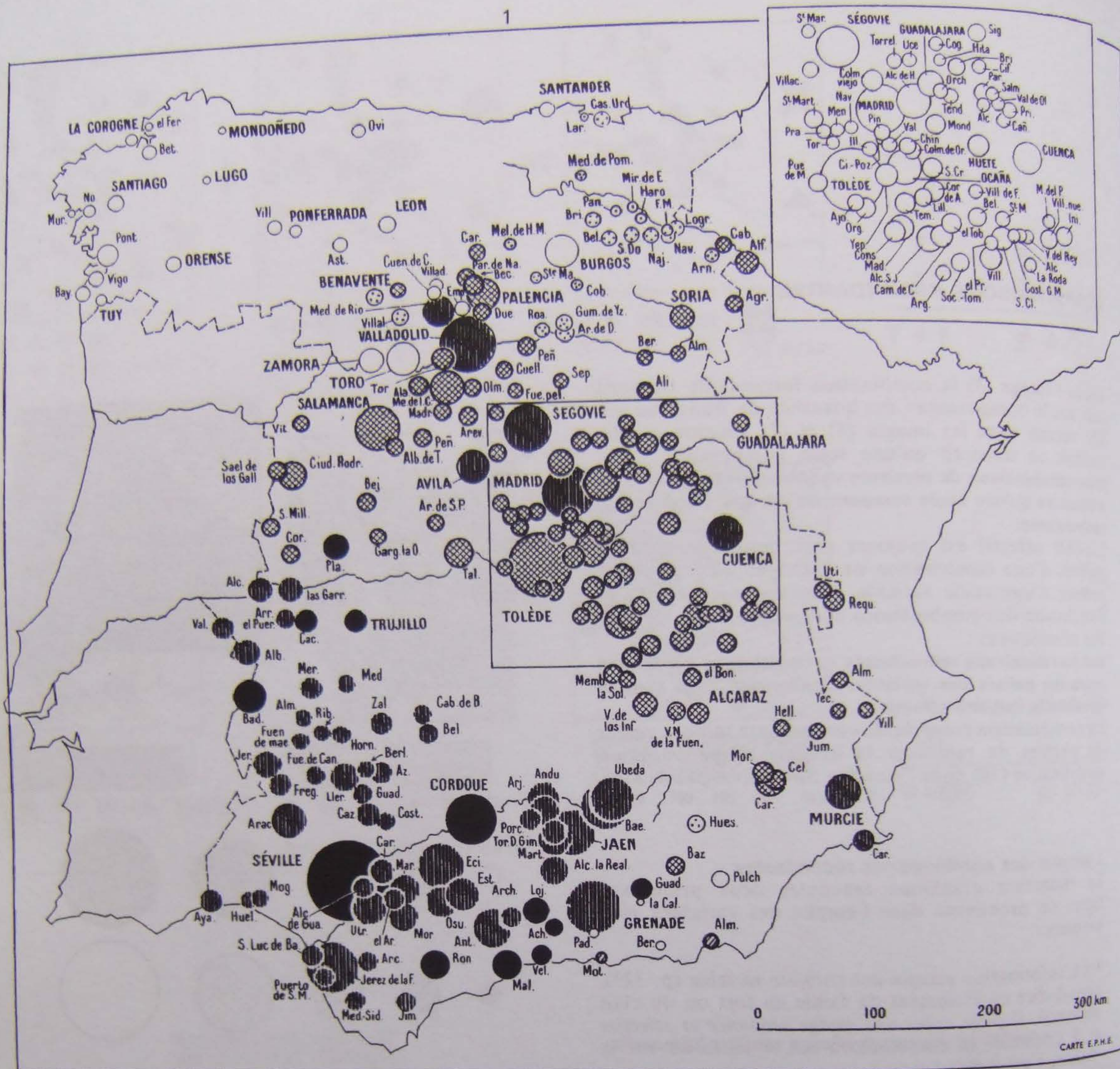
C, OR, F

On trouvera à partir de la p. 323 les modalités d'emploi des combinaisons redondantes et leur longueur dans chaque implantation.



10





POPULATION ET IMPOSITION EN CASTILLE  
A LA FIN DU 16<sup>e</sup> SIECLE  
d'après Alvaro CASTILLO



## COMBINAISONS "SIGNIFICATIVES".

Lorsque, dans une même implantation, deux variables sont chacune affectées à une composante différente, la combinaison n'est plus redondante, elle est "significative". La carte (1) en est un excellent exemple. Chaque variable rétinienne transcrit une composante. Mais les propriétés visuelles des combinaisons de variables sont évidemment applicables aux combinaisons significatives. On n'oubliera donc pas que :

Dans une combinaison significative, l'image se crée sur la taille ou la valeur, ou sur la résultante visuelle des deux. On choisira donc d'affecter taille et valeur à des composantes particulièrement significatives, ou dont la combinaison exprime une multiplication. Par exemple dans la carte d'Espagne ci-contre : quantités  $\times$  taux d'imposition = quantité totale d'impôts.

Dans la carte des vents (p. 353) : force  $\times$  durée = turbulence de l'air.

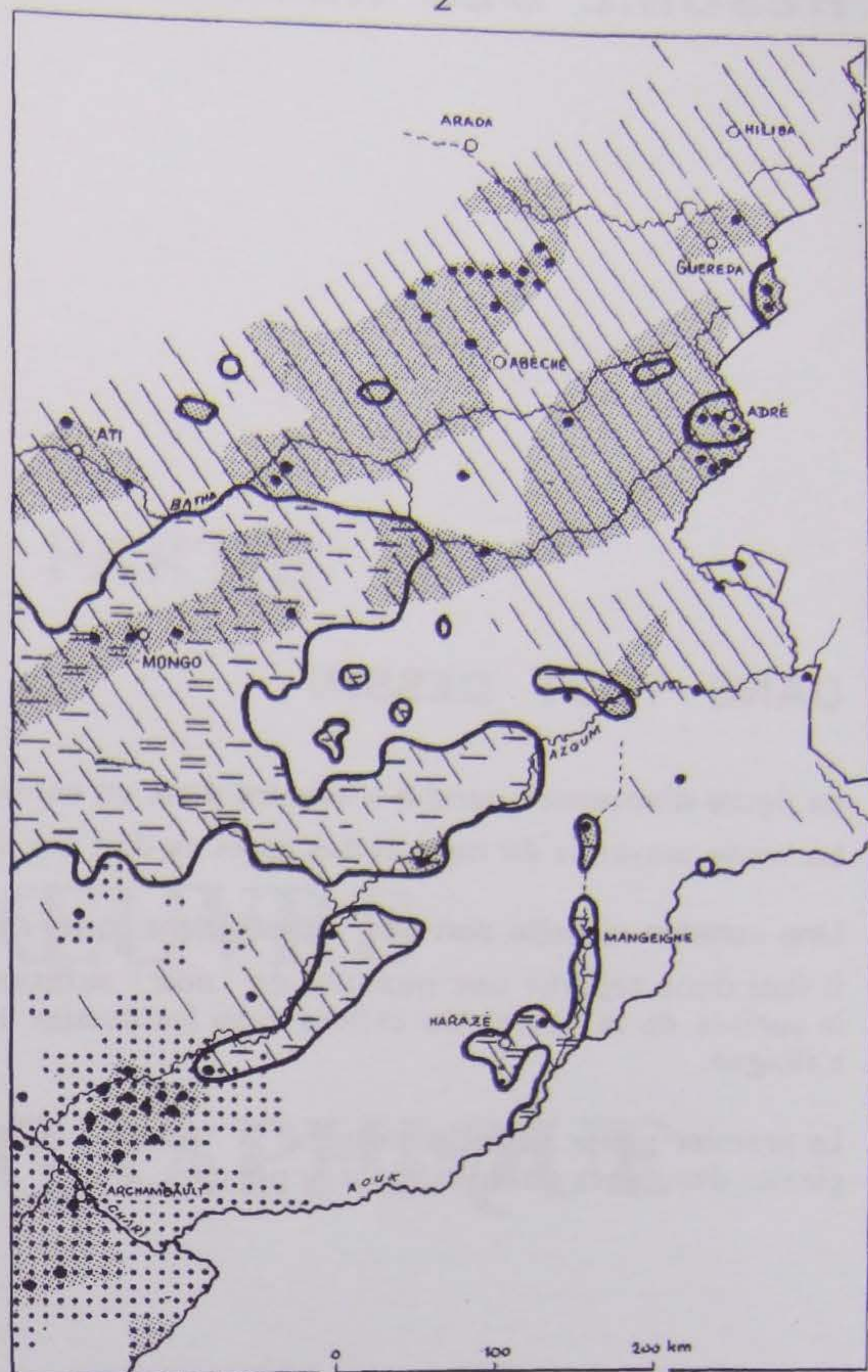
Dans une combinaison significative ponctuelle, taille et valeur ne peuvent bénéficier de toute l'étendue de la variation sensible. Le palier inférieur doit être suffisant pour assurer la lisibilité des autres composantes.

## LA SÉLECTIVITÉ DES DIFFÉRENCES D'IMPLANTATION.

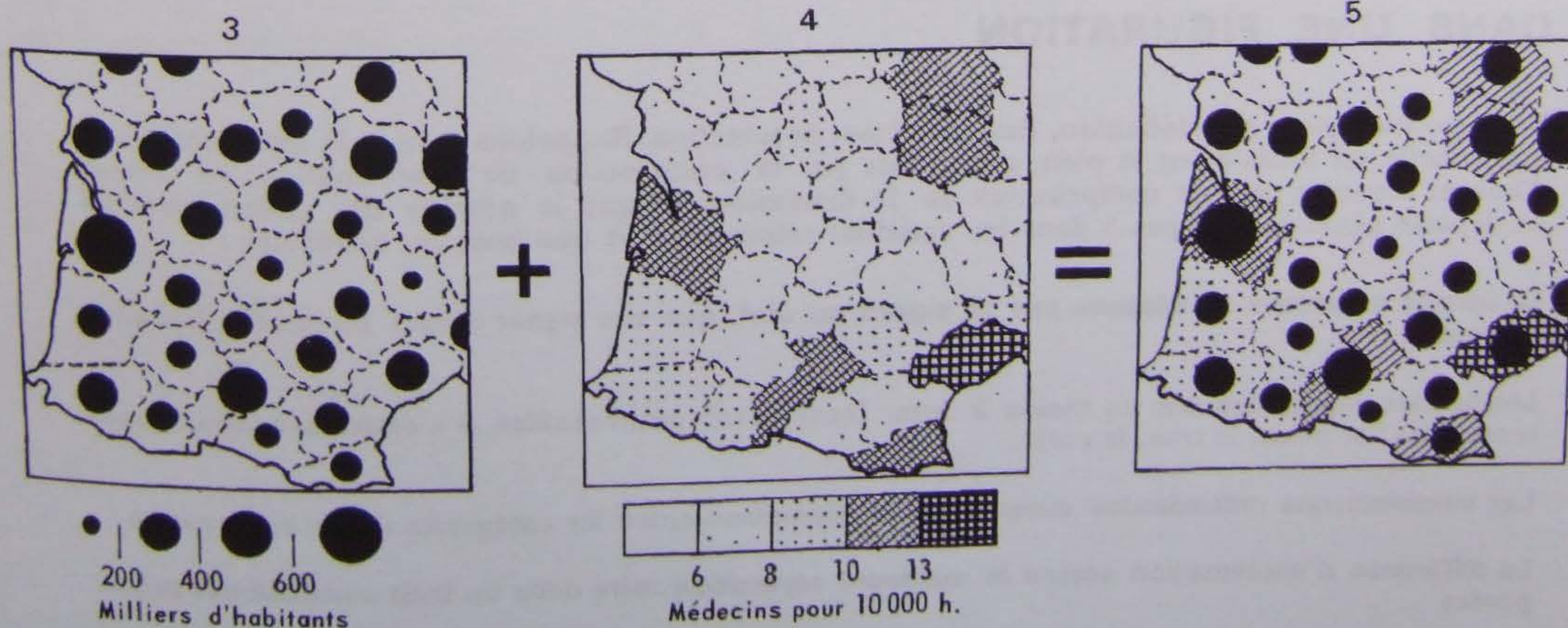
Les superpositions deux à deux ou la superposition des trois implantations : points, lignes, zones assure dans les graphiques une excellente séparation visuelle (5, p. 159).

En cartographie, elle permet par exemple de superposer (3) : variation quantitative d'habitants à (4) : variation ordonnée (paliers de pourcentage des médecins pour 10 000 habitants) ce qui fournit la carte (5). Facile d'emploi et très efficace, c'est la formule sélective recommandée pour tous les croquis, pour toutes les figurations pédagogiques simplifiées (2).

2



Voir p. 163





# RÉSUMÉ DES RÈGLES DE LISIBILITÉ

## DANS TOUT DESSIN

**La figure d'ensemble tend à s'inscrire dans un carré.**

La limite moyenne du rapport des côtés ne doit pas dépasser 1/2.

**Une variable visuelle doit être utilisée dans toute sa longueur.**

Il faut donc répartir une quantité de "noir" suffisante, qui doit représenter en surface 5 à 10 % de la surface de la figure. On évitera ainsi les dessins trop pâles, qui sont invisibles sitôt que l'œil s'éloigne.

**Le premier palier sensible détache la "forme" du "fond" et fait ressortir les correspondances originales des signes qui identifient le plan.**

## DANS L'IMAGE

La densité graphique peut être très grande.

## DANS UNE FIGURATION

Une figuration pose, par définition, des problèmes de sélection. Rappelons : a) que la meilleure sélection visuelle est fournie par le plan, c'est-à-dire par la construction de l'information en autant d'images séparées que de composantes de 3<sup>e</sup> dimension; b) que le nombre des paliers sélectifs ne dépasse généralement pas 5 dans les variables rétinienne, et que pour en bénéficier :

**La densité graphique ne dépasse pas 10 signes au cm<sup>2</sup>, que ces signes soient ponctuels, linéaires ou zonaux.**

**Les formes séparables ont au moins 2 mm.** Dans les très petites tailles, il n'existe que trois formes séparables : le point, le trait, la croix.

**Les combinaisons redondantes accentuent la séparation** entre les catégories d'une composante

**La différence d'implantation assure la meilleure séparation** entre deux ou trois composantes superposées.



## DEUXIÈME PARTIE

### LES DIAGRAMMES

## MISE EN ŒUVRE

# DU SYSTÈME GRAPHIQUE



# CLASSEMENT DES PROBLÈMES GRAPHIQUES

*1<sup>er</sup> ordre d'après*

**le groupe d'imposition.**

diagrammes

réseaux

cartographie

Problèmes de  
symbolique  
(voir forme et  
couleur).

*2<sup>e</sup> ordre d'après*

**le nombre de variables visuelles nécessaires**

- 1 représentation
- 2 possible en
- 3 une seule image

+ de 3 : intervention de  
la fonction (inventaire,  
traitement, message).

*3<sup>e</sup> ordre d'après*

**le niveau d'organisation des composantes**

≠ simplification par  
mise en ordre.

O simplification  
par lissage et  
Q régionalisation.

*4<sup>e</sup> ordre*

**d'après la longueur  
des composantes** (diagrammes)

courtes cas particuliers  
longues constructions de base

**d'après l'implantation**  
(réseaux et cartographie)

ponctuelle

linéaire

zonale



# I

## LES DIAGRAMMES

### Définition.

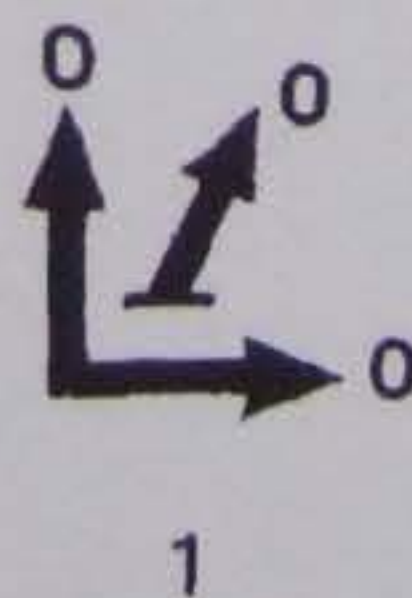
La construction graphique est un diagramme lorsque les correspondances dans le plan peuvent s'établir entre toutes les divisions d'une composante et toutes les divisions d'une *autre* composante.

### Processus de construction.

Pour *construire* un diagramme il faut : a) Définir une représentation des composantes; b) Noter les correspondances. La construction de base s'exprime par le schéma (1) c'est-à-dire qu'elle implique la mobilisation orthogonale des dimensions du plan, la mobilisation, pour la 3<sup>e</sup> composante, d'une variable rétinienne ordonnée et la mise en ordre des composantes qualitatives par diagonalisation (p. 168).

### L'unité de l'image.

Tout diagramme à deux ou trois composantes peut être construit en *une image*. Les constructions particulières ne sont justifiées que par la présence de composantes très courtes.





# A. Diagrammes à deux composantes

Ils excluent tout programme de comparaisons qui conduirait évidemment à introduire une troisième composante. Ils ont par conséquent comme objet la réduction interne par mise en ordre et regroupement des catégories de chaque composante. Le tableau ci-dessous présente, suivant le niveau des composantes, les principales formules auxquelles on aboutit.

## NIVEAU D'ORGANISATION DES COMPOSANTES

2 ordonnables  
1 ordonnable  
pas d'ordonnable

$\neq \neq$

$\neq \circ$

$\circ \circ$

$\neq \varnothing$

$\circ \varnothing$

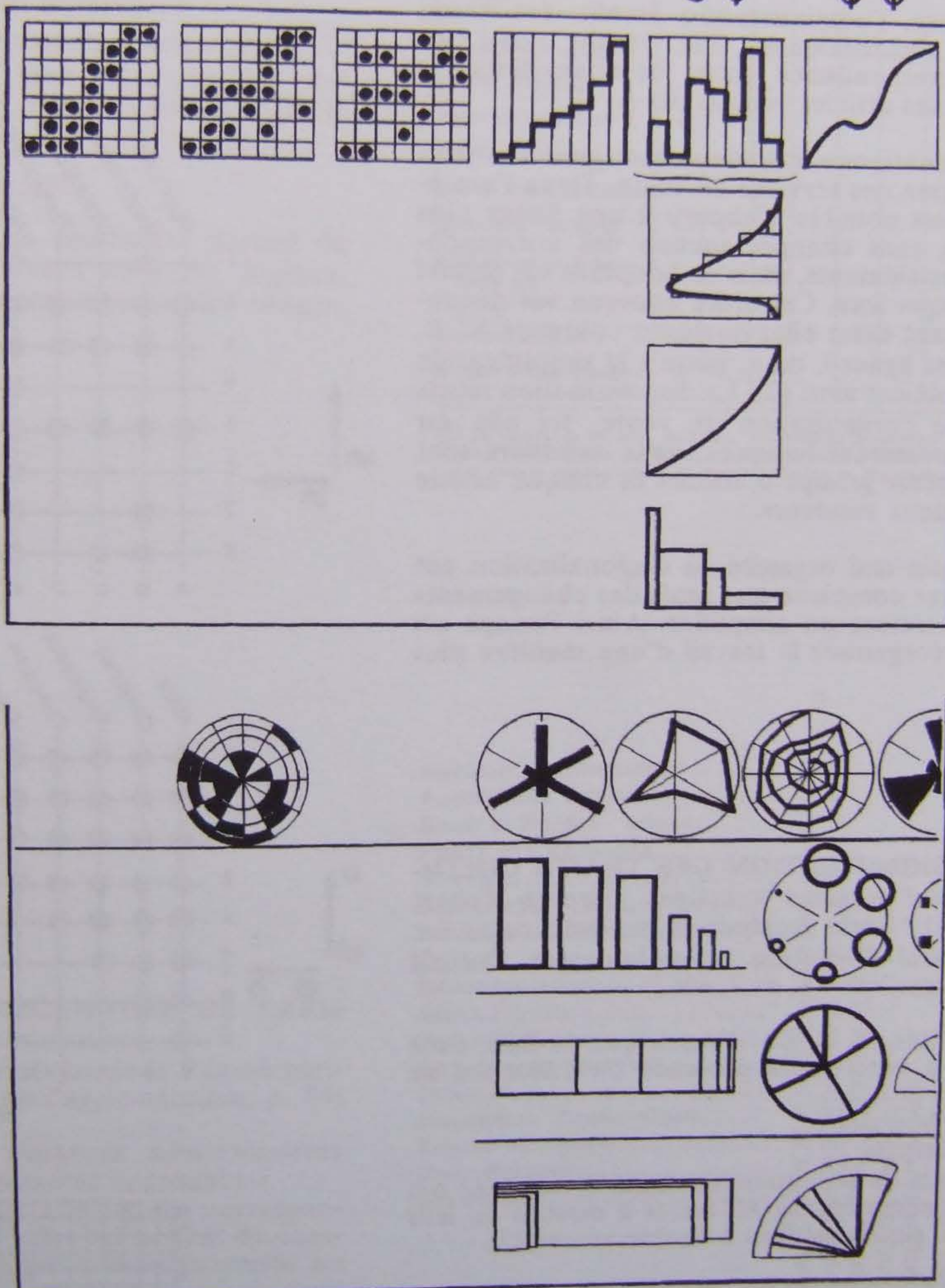
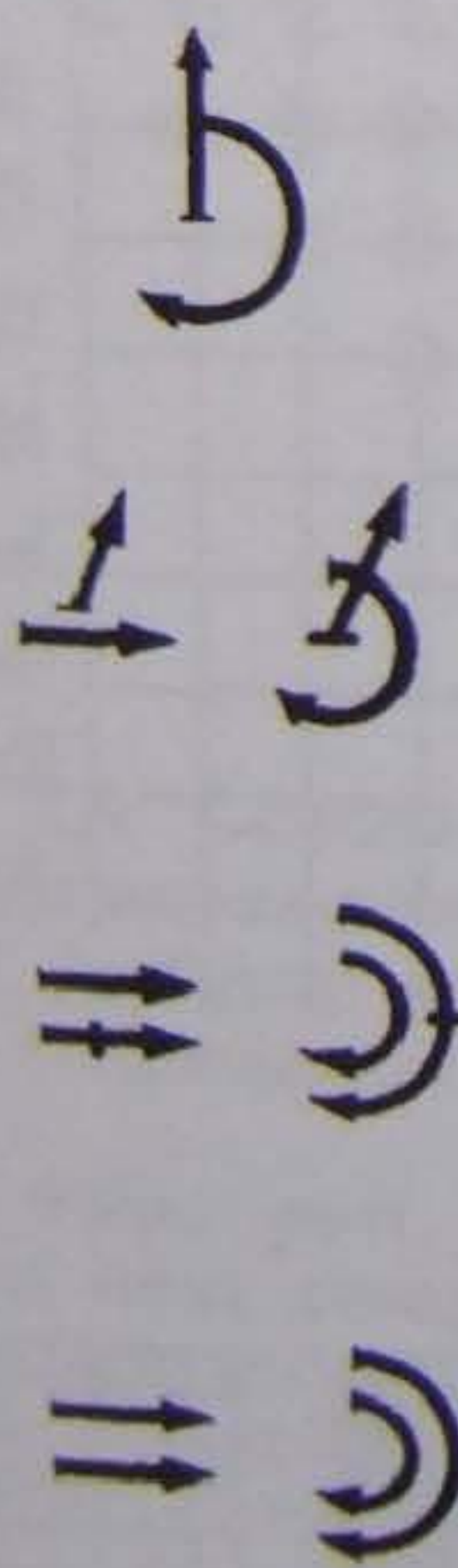
$\varnothing \varnothing$

Construction  
de base



I  
M  
P  
O  
S  
I  
T  
I  
O  
N

Cas particuliers





# 1. PROBLÈMES NON QUANTITATIFS.

## ≠ ≠ DEUX COMPOSANTES ORDONNABLES.

### 1<sup>er</sup> exemple : ORGANISATION DE VENTE.

Soit une liste de vendeurs A, B, C... et une liste d'articles vendus l, m, n... dans un magasin.

- ≠ 8 vendeurs
- ≠ 12 articles

Pour ses besoins, l'administration établit des listes, généralement alphabétiques. Elle établit aussi un tableau de correspondance entre les deux listes (1) pour connaître les articles vendus par A, B...

Mais ces listes contiennent aussi un renseignement relatif à l'organisation des services de vente. Dans l'exemple proposé il est possible d'aboutir à une image plus simple que (1), sans changer aucune des correspondances entre les éléments, mais en adoptant un nouvel ordre dans chaque liste. Cet ordre nouveau est découvert en permutant entre elles quelques colonnes A, B, C, puis quelques lignes l, m, n, jusqu'à la simplification maximum. On obtient ainsi (2). La diagonalisation révèle la structure de l'organisation de vente. Ici elle est simple et apparemment logique : deux vendeurs sont affectés à un même groupe d'articles et chaque article est vendu par deux vendeurs.

Dans un magasin mal organisé, la diagonalisation eut donné une image complexe que seuls des changements d'affectation auraient pu simplifier. Ainsi l'image est un moyen de réorganiser le travail d'une manière plus logique.

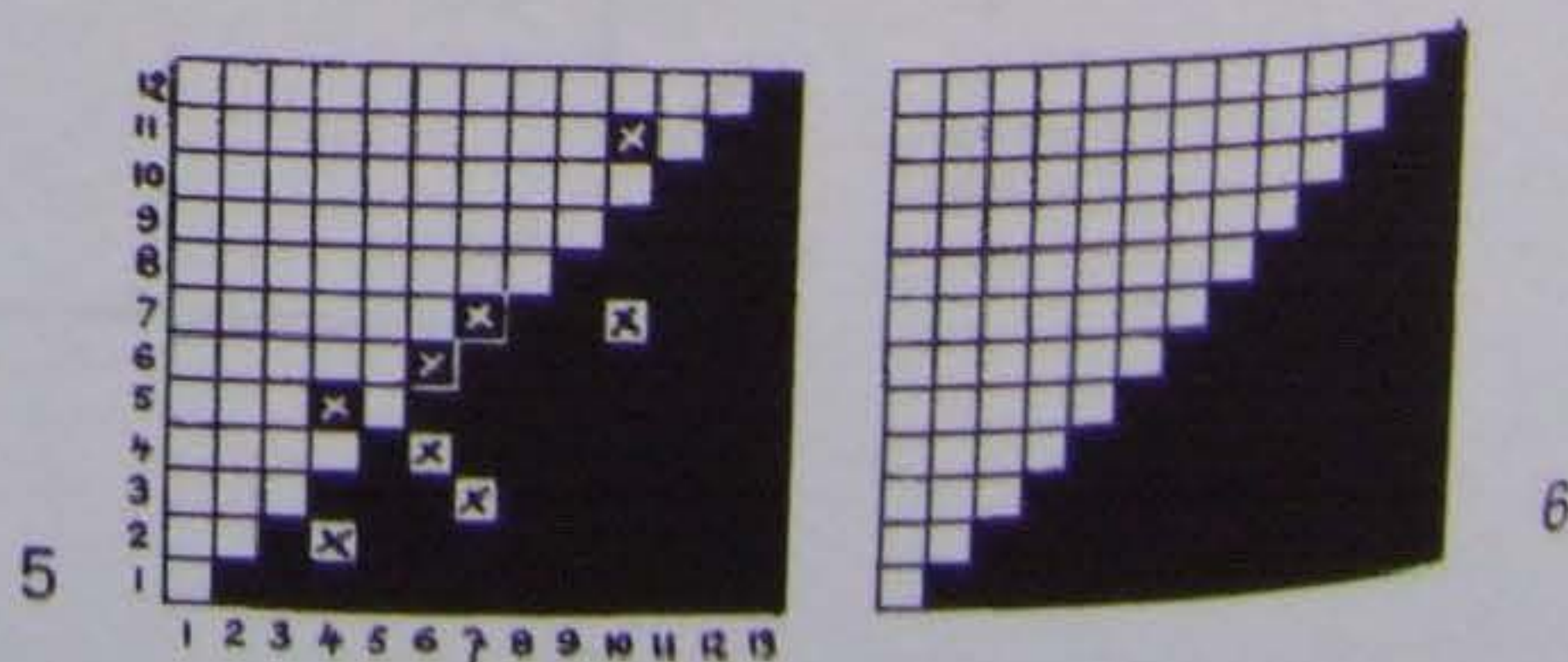
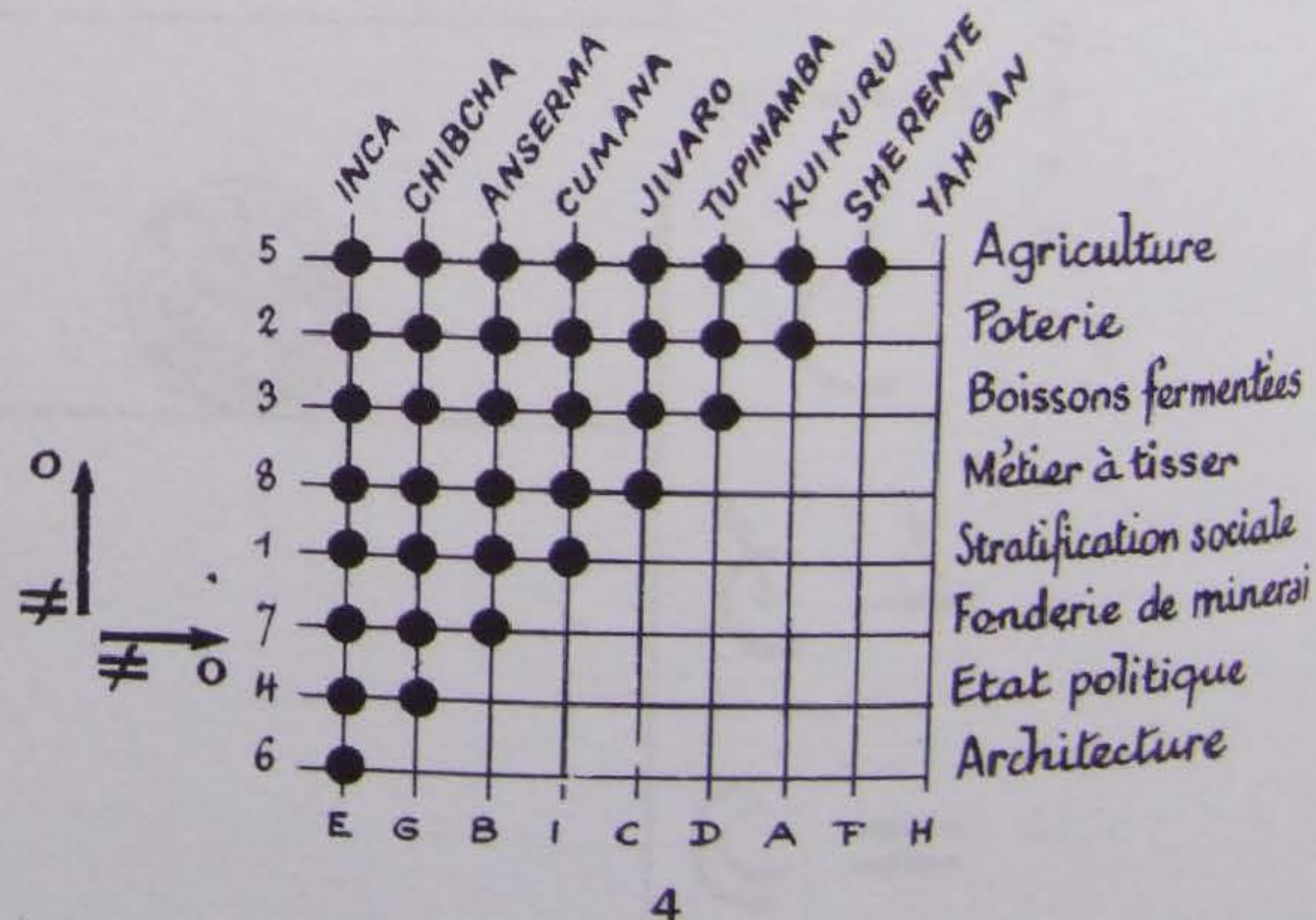
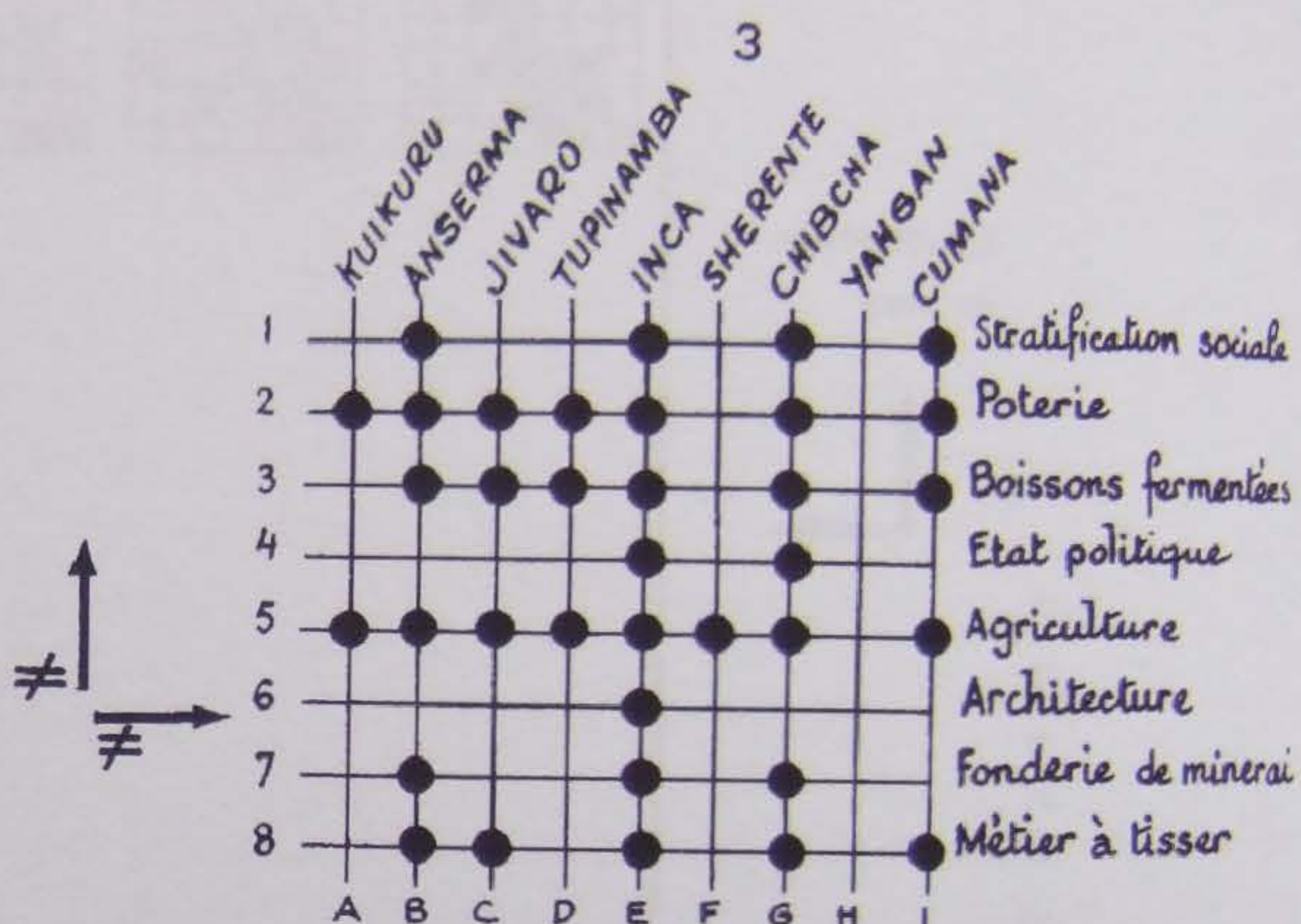
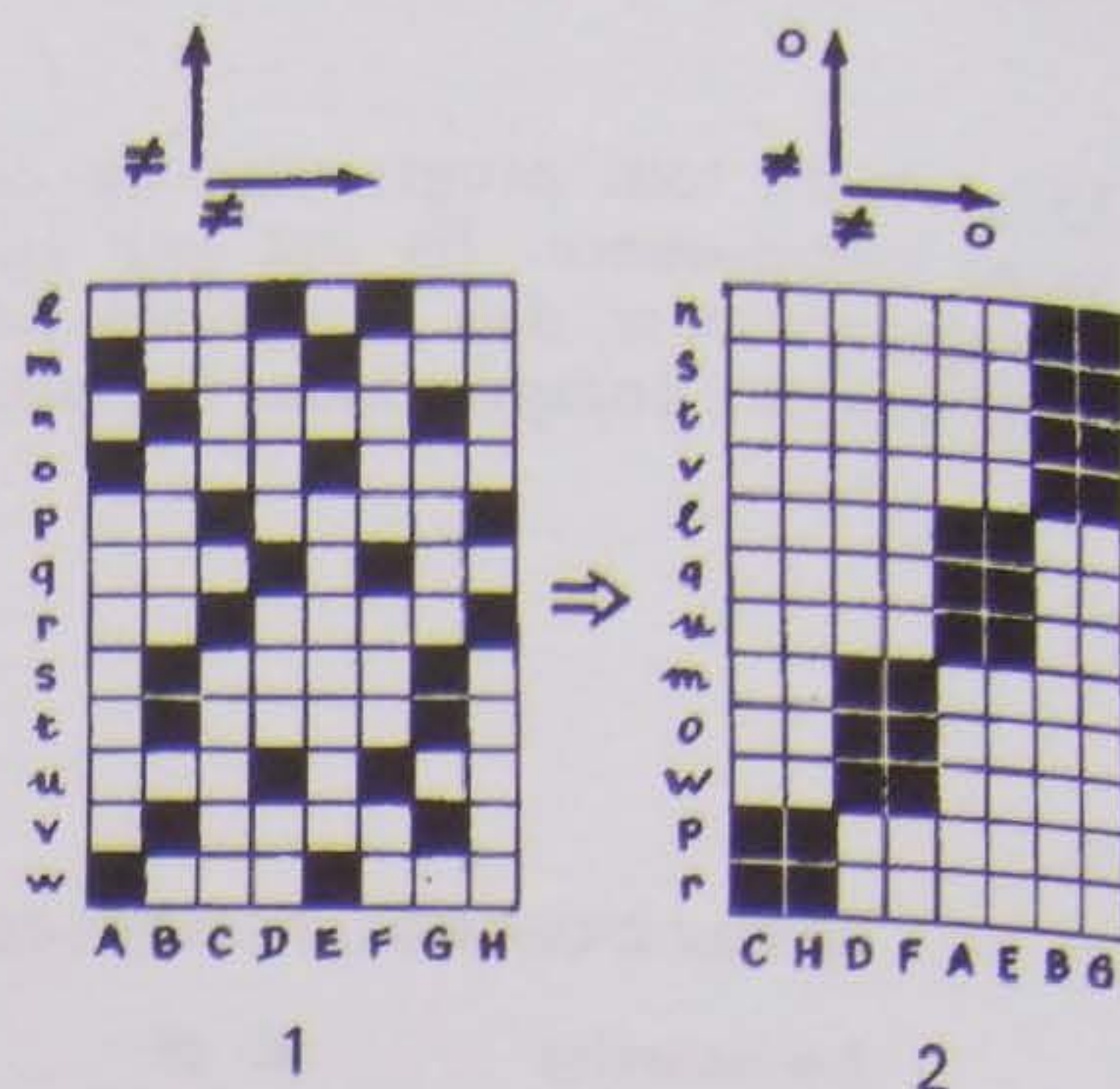
### 2<sup>e</sup> exemple : SIGNIFICATION DES TRAITS CULTURELS dans neuf sociétés humaines (d'après Robert L. CARNEIRO "Scale Analysis as an instrument for study of cultural Evolution", Southwestern Journal of Anthropology. Vol. 18, n° 2, 1962).

Soit neuf sociétés, A, B, C... d'Amérique du Sud, dans lesquelles on a constaté la présence ou l'absence de traits culturels 1, 2, 3...

- ≠ 9 sociétés humaines
- ≠ 8 traits culturels.

Dans la période de recensement, traits et sociétés ont été mis en correspondance au fur et à mesure de leur identification, sur un tableau à double entrée (3).

La recherche d'une image plus simple, par permutation des lignes et colonnes aboutit à la triangulation (4). Il suffit de classer les sociétés par nombre de traits : Inca 8, Chibcha 7... et les traits par nombres de sociétés : Agriculture 8, Poterie 7...





Ainsi, traits et sociétés se trouvent-ils réciproquement classés les uns dans l'ordre décroissant du nombre de traits, les autres dans l'ordre croissant de rareté. Le caractère inclusif ou cumulatif des traits culturels (dans l'exemple cité) est précisé par cet ordre. En effet la présence du métier à tisser par exemple entraîne la présence de tous les traits précédents (boisson, poterie, agriculture) et sa connaissance suffit pour affirmer leur existence. Mais elle n'apporte aucune information relative aux traits suivants (stratification sociale, fonderie) qui peuvent être présents (Inca) ou absents (Jivaro).

Les scalogrammes aboutissent rarement à une image parfaite.

L. GUTTMANN qui a le premier mis en évidence l'intérêt de cette méthode, propose une appréciation numérique de la différence entre un scolagramme donné (5) et son modèle parfait (6); c'est le "coefficient de reproductibilité" calculé suivant la formule :

Nombre de différences

$C = 1 - \frac{\text{Longueur de la 1}^{\text{re}} \text{ composante} \times \text{longueur de la 2}^{\text{e}}}{\text{Longueur de la 1}^{\text{re}} \text{ composante} \times \text{longueur de la 2}^{\text{e}}}$

une différence étant soit un case vide, soit une case pleine par rapport à la figure idéale et dans l'exemple ci-contre (6) :

$$C = 1 - \frac{8}{12 \times 13} = 0,949$$

Dans les sciences humaines ce coefficient permet de classer plusieurs diagrammes dans un ordre logique, en fonction du degré de corrélation entre les couples de concepts.

### 3<sup>e</sup> exemple : LA CIRCONSCRIPTION DE PARIS pour diverses instances administratives.

D'après I.N.S.E.E., Étude statistique de la Région parisienne (fasc. 1. Délimitation de l'agglomération, p. 85) (7).

Départements d'une part, instances administratives d'autre part sont deux composantes ordonnables.

Ordonnées chacune suivant le nombre des correspondances (nombres du tableau), elles permettent de construire la figure (8). Celle-ci montre immédiatement les principales aberrations de l'ensemble envisagé (cercles sur la figure) vis-à-vis soit des départements (Oise, Aube, Yonne), soit des instances (Cour d'Appel). La rédaction d'une telle image est à la portée de toute dactylographe. Une carte peut en être déduite.

G - LISTE des DÉP/TEMENTS (autres que celui de la Seine) COMPOSANT la CIRCONSCRIPTION PARISIENNE de CERTAINS ORGANISMES

Organismes	Seine Oise	Seine et Marne	Oise	Eure et Loir	Loiret	Loire et Cher	Eure	Aube	Marne	Yonne	Cher
Académie de Paris	+	+	+		+						+
Archidiocèse de Paris	+	+				+	+		+		+
Cour d'Appel de Paris	+	+		+				+		+	
Assistance Publique (Santé et A.)	+	+							+		
Assurances Sociales	+	+	+	+							
Arrondissements miné- rlogiques	+	+									
Eaux et Forêts	+	+									
Anciens Combattants et Victimes de la Guerre	+	+									
Electricité (distrib- ution)	+	+	+								
Gaz (distribution)	+	+	+								
Economie Nationale (Inspection de 1 <sup>er</sup> )	+	+		+	+	+	+				
Police Judiciaire	+	+	+								
Ponts et Chaussées	+	+									
P.T.T.	+	+	+								
(1ère) Région Militaire dont	+	+		+	+	+	+				
Subdivisic de Paris	+	+									
Reconstruction à Urba- nisme (1)	+	+	+								
Santé Publique à Popu- lation	+	+	+								
Sécurité Sociale	+	+	+								
Travail à Main d'Oeuvre	+	+									

(1) Le décret du 28 Août 1941 fixe les régions à aménager comme devant s'étendre aux départements de la Seine, Seine-et-Oise, Seine-et-Marne, ainsi qu'aux communes des 5 cantons de Creil...Senlis du département de l'Oise.

Anciens Combattants.....	X X										2
Assistance Publique.....	X X										2
Eaux et Forêts, Mines.....	X X										2
Ponts et Chaussées.....	X X										2
Travail.....	X X										2
Electricité - Gaz.....	X X X										3
Police Judiciaire.....	X X X										3
P. T. T.....	X X X										3
Reconstruction.....	X X X										3
Santé Publique.....	X X X										3
Sécurité Sociale.....	X X X										3
Assurances Sociales.....	X X X X										4
Diocèse.....	X X					X X		X			5
Inspection Economique.....	X X					X X X X					6
Région Militaire.....	X X					X X X X					6
Cour d'Appel.....	X X					X			X X X		6
Académie.....	X X X					X		X X X			7
	17	17	8	4	4	3	3	2	2	1	1
	Seine	Seine	Oise	Eure	Eure	Loiret	Loiret	Cher	Marne	Aube	Yonne
	et Oise	et Marne		et Loir							



# ≠ 0 UNE COMPOSANTE ORDONNABLE UNE COMPOSANTE ORDONNÉE

## 1<sup>er</sup> exemple : ORGANISATION DE VENTE.

Soit :

≠ 8 vendeurs A, B, C...

0 12 articles ordonnés suivant leur valeur.

En reportant la liste classée d'articles sur une coordonnée il est possible de classer, sur l'autre coordonnée, la liste des vendeurs dans un ordre D, F, A... (1) correspondant, c'est-à-dire en formant l'image la plus proche possible de la diagonale. Ce tableau répond à toute question d'identification fondée sur l'ordre de valeur des articles vendus, par exemple : "qui vend les articles les moins chers?", ou "quelle est la qualification (en valeur d'article vendu) de tel ou tel vendeur?"

## 2<sup>e</sup> exemple : CLASSEMENT HISTORIQUE.

On connaît, pour une série de mines d'argent de Yougoslavie, des dates de mise en exploitation et d'arrêt d'activité - (ces dates peuvent être plus ou moins précises).

Ce renseignement historique, quoique sommaire, prend tout son intérêt lorsqu'on établit le tableau ci-contre (3), qui permet un classement des mines et éventuellement des regroupements.

Il constitue en plus le support temporel d'une appréciation quantitative de production, mais cette dernière introduit une composante nouvelle (v. p. 222).

# 0 0 DEUX COMPOSANTES ORDONNÉES.

## 1<sup>er</sup> exemple : ORGANISATION DE VENTE.

Soit :

0 8 vendeurs, classés suivant leur âge

0 12 articles, classés suivant leur valeur.

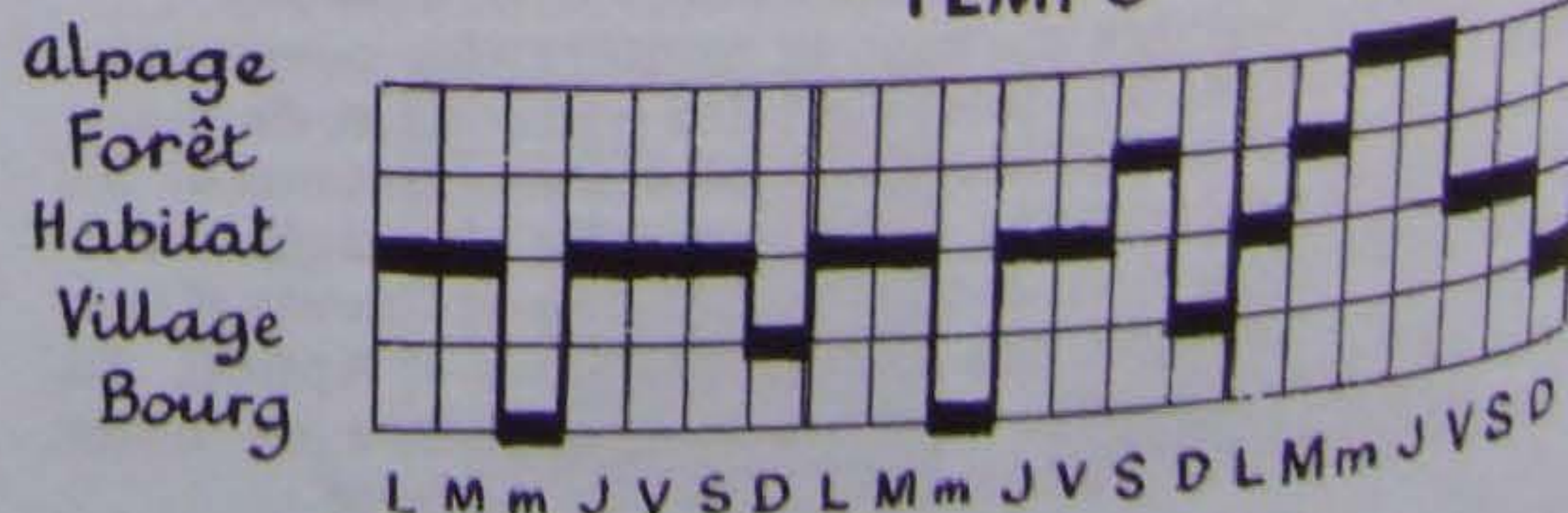
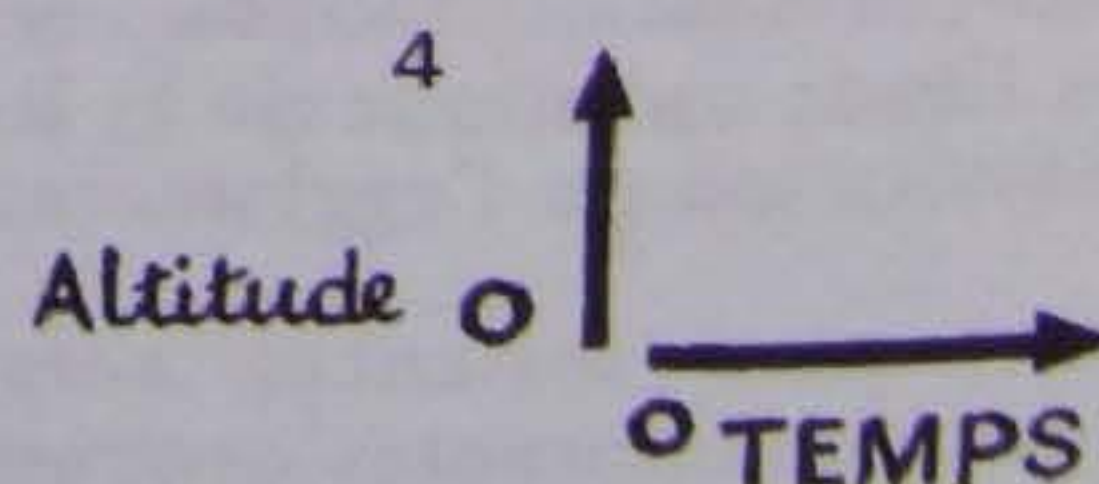
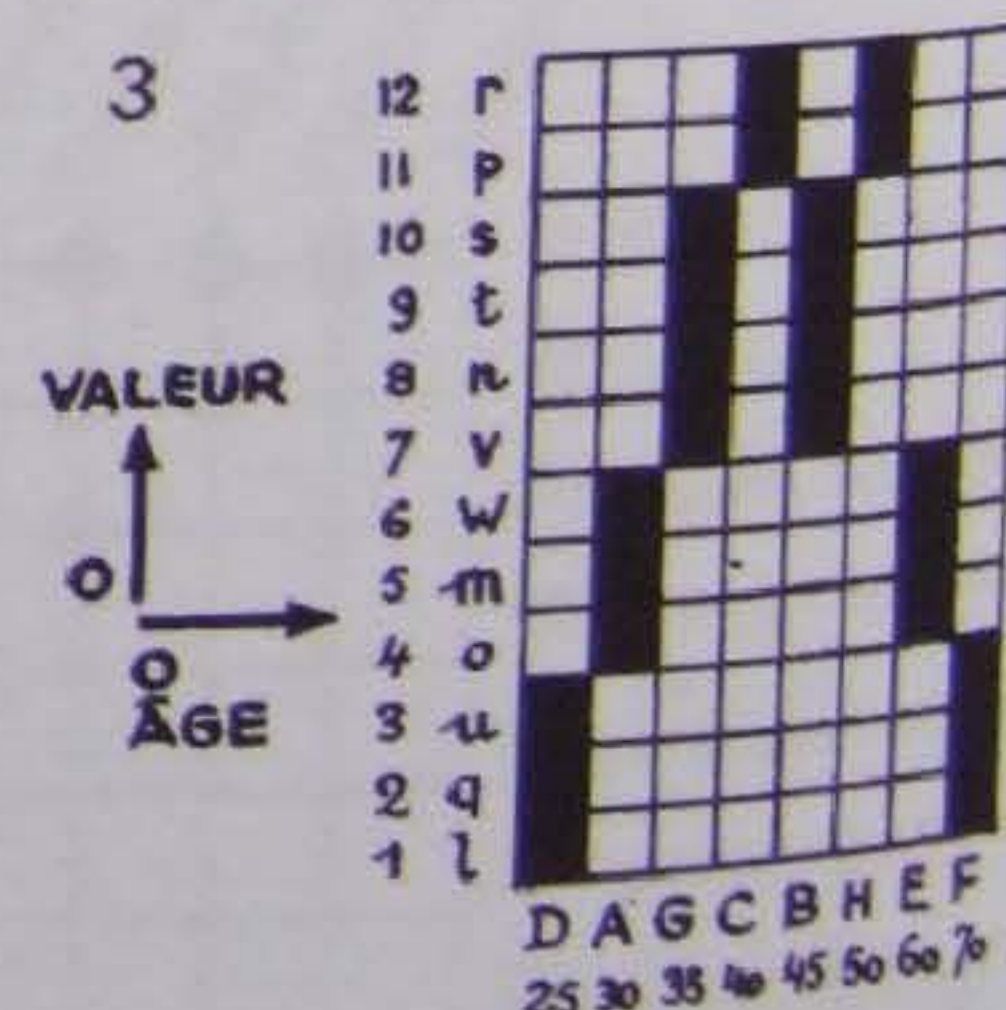
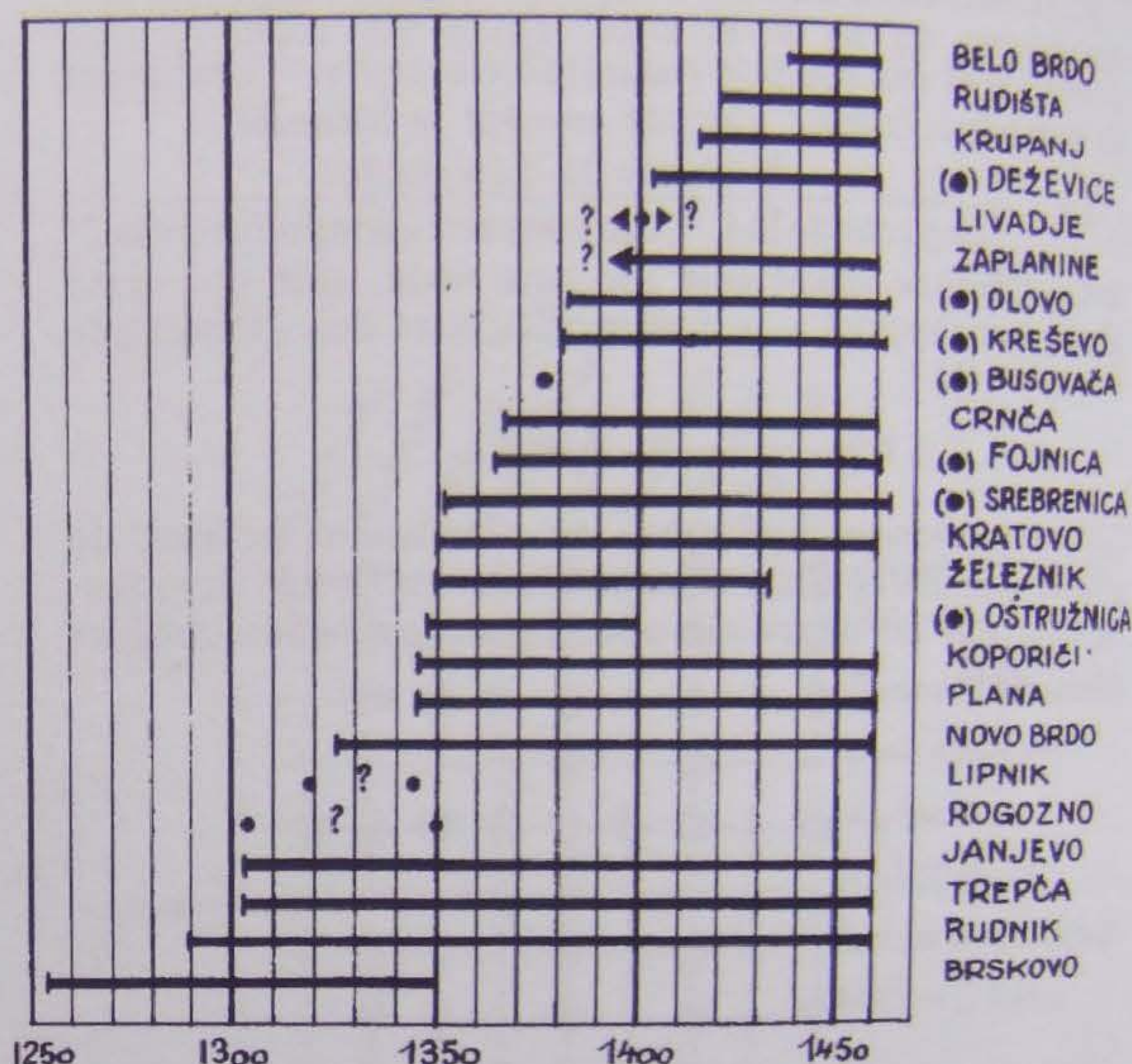
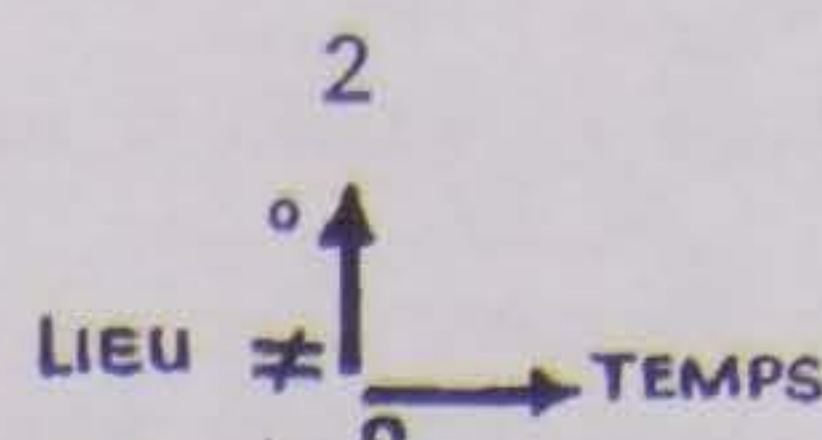
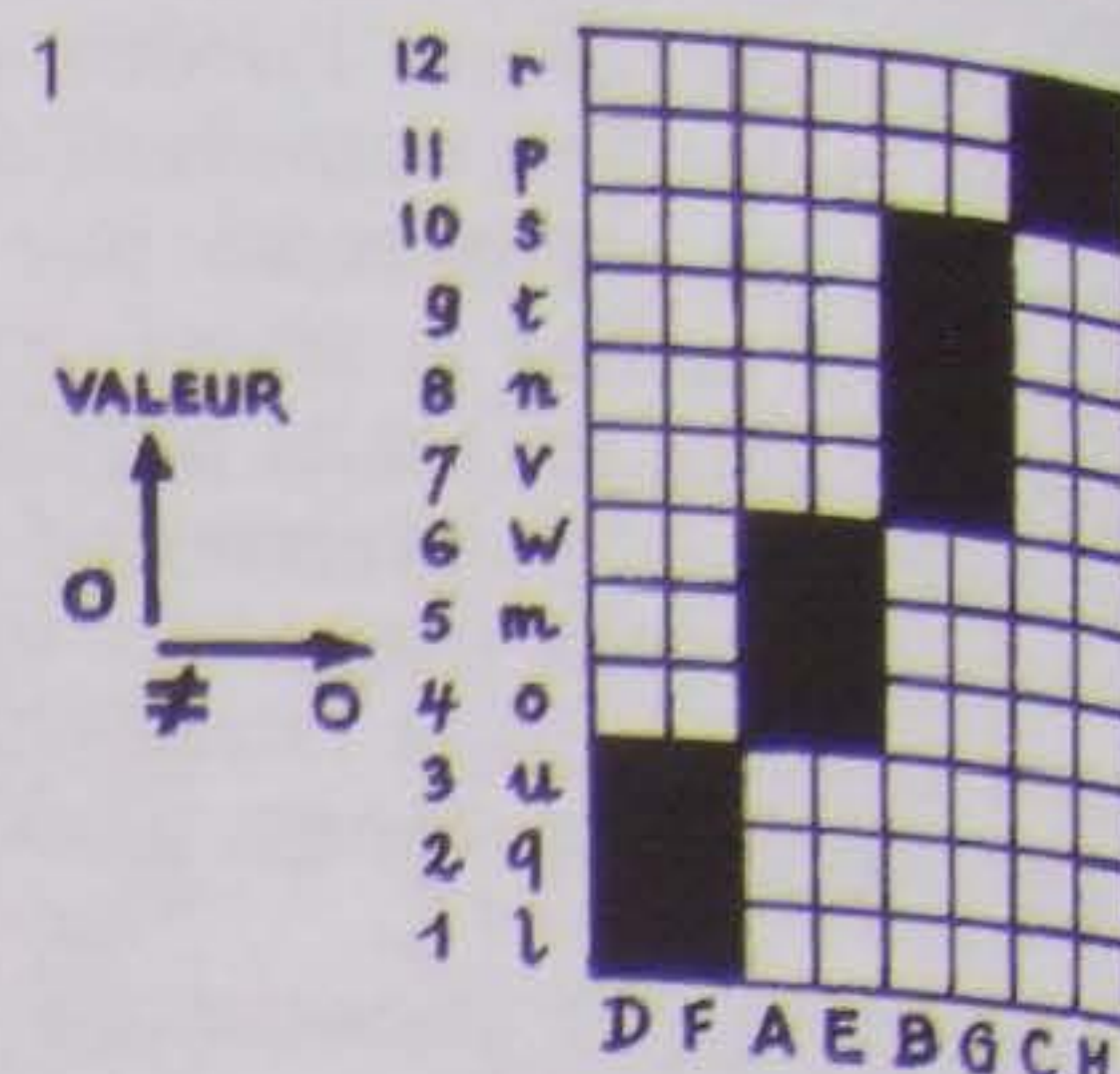
Il n'y a plus de liberté pour construire la figure (3), plus de mise en ordre possible, il reste seulement à apprécier la signification de la correspondance entre les deux ordres. Dans cet exemple les articles les plus chers sont confiés à des vendeurs d'âge moyen, tandis que les articles les moins chers sont confiés à un tandem jeune-vieux. La logique du chef de vente apparaît clairement.

## 2<sup>e</sup> exemple : LES "JOURS" D'UN PAYSAN MONTAGNARD.

Soit : 1<sup>o</sup>) des lieux de fréquentation ou de travail, ordonnés dans l'espace suivant l'altitude;

2<sup>o</sup>) la suite des jours, c'est-à-dire deux composantes ordonnées, au travers desquelles on suit l'activité d'une famille ou d'un individu.

Mise en graphique suivant la construction de base, l'information trace la classique image ci-contre (4) qui permet de nombreuses observations lorsqu'elle est développée sur une longue période.





## 2. PROBLEMES QUANTITATIFS.

**Q ≠ court**

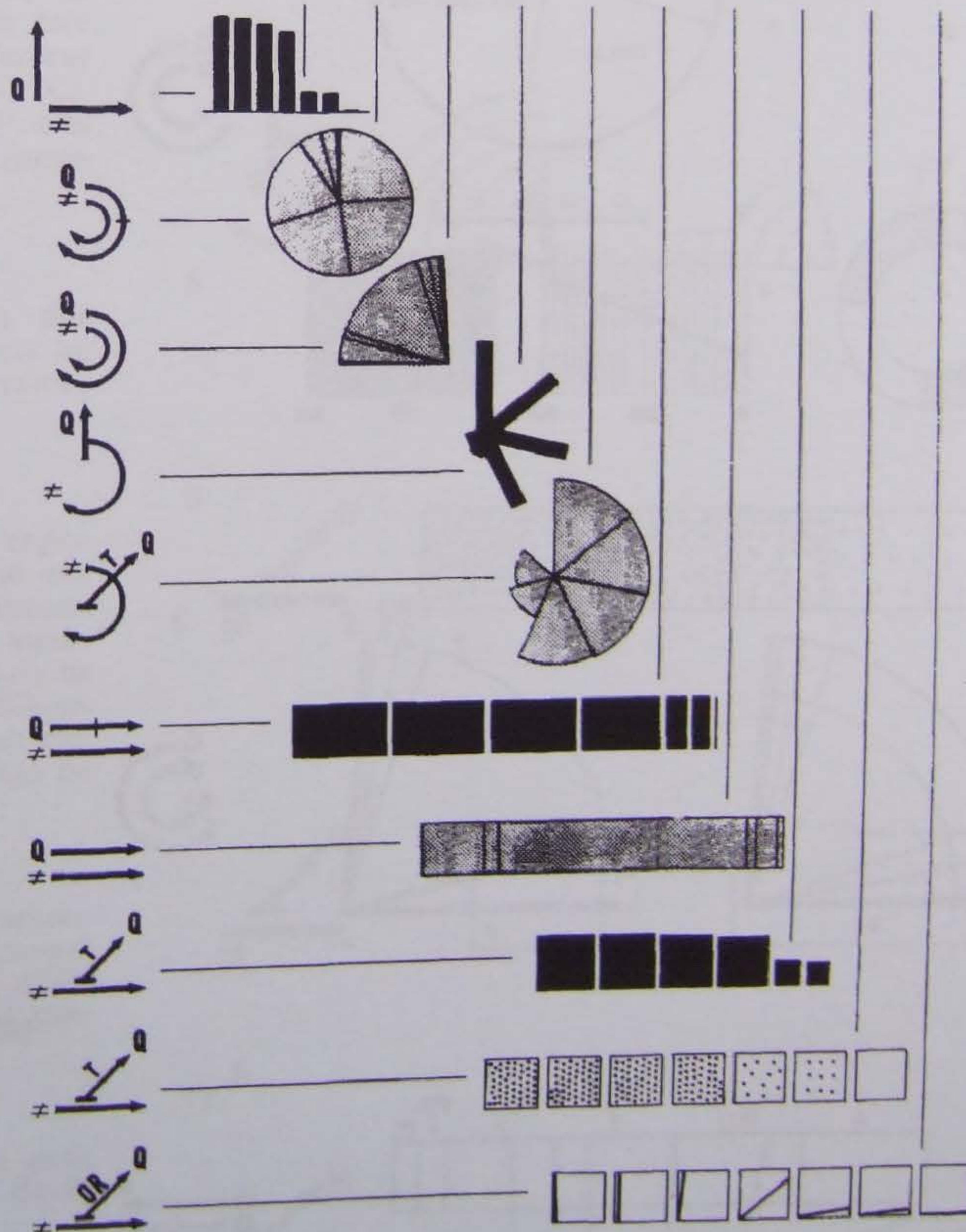
UNE COMPOSANTE ORDONNABLE COURTE

La série quantitative permet d'ordonner la composante  $\neq$ . La série  $\neq$  courte (jusqu'à 6 catégories environ).

Une composante  $\neq$  courte (jusqu'à 6 catégories environ) autorise des "constructions particulières" différentes du schéma de base puisque le nombre d'images nécessaires sera au plus égal à la longueur de  $\neq$ .

C'est en fonction de la nature de la mémorisation et des comparaisons internes, exposées dans le tableau ci-dessous, que l'on choisira la construction convenable. Toutes les figures traitent la même information (1).

MEMORISATION	1 image visuelle (formes significatives)	●		●	●			●	
	n images verbales (1/2, 1/3, 1/4...)		●	●					
COMPARAISONS INTERNES	des parts au total		●	●			●		
	des parts entre elles	●		●				●	
	perception des parts nulles	●			●	●			●
	non-superposition des parts	●	●		●	●	●		●
FACILITE DE CONSTRUCTION		●				●	●		



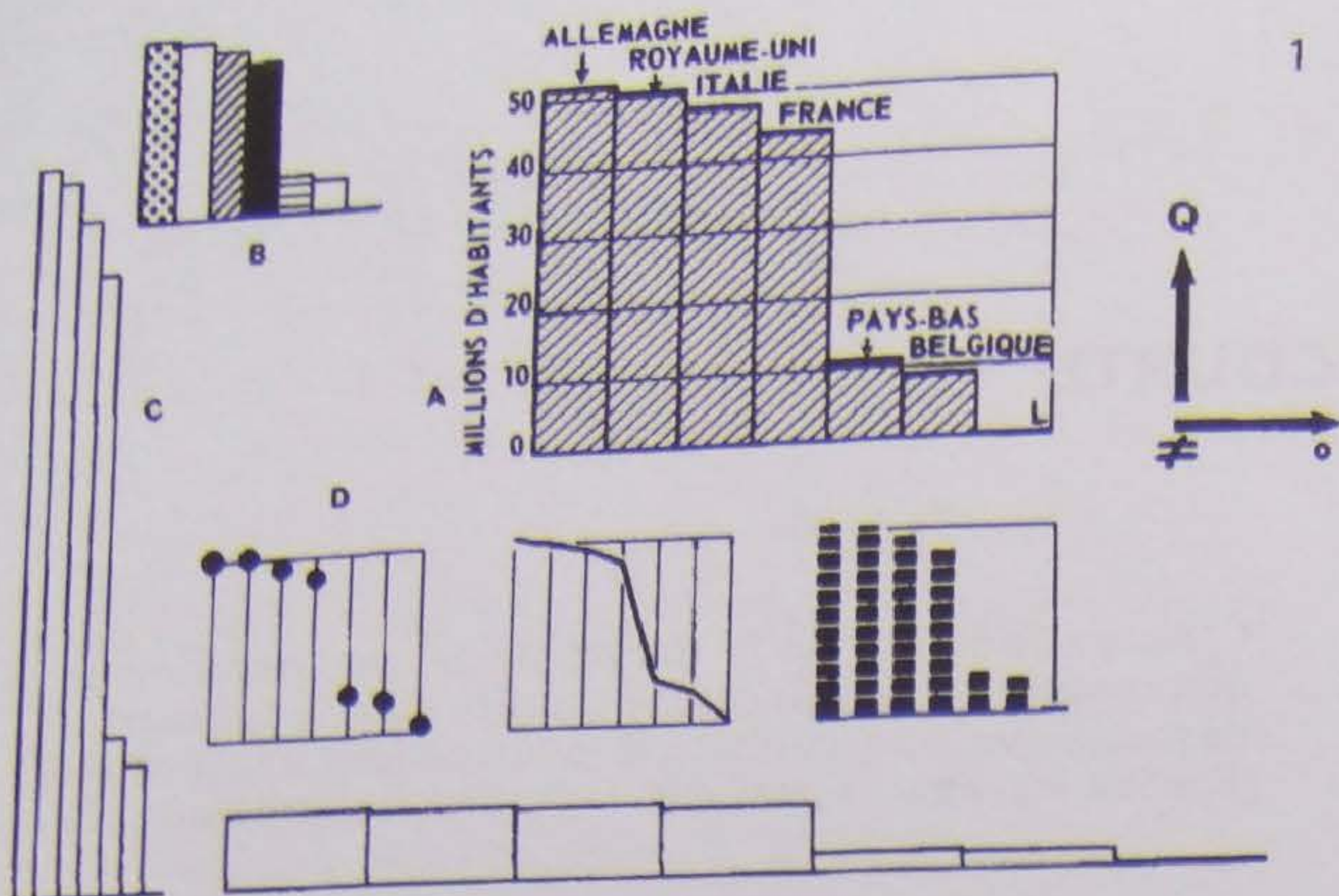
POPULATION EN 1958

 $\neq$ 

**Q**

Allemagne O.	52 M
Belgique	9
France	44
Italie	48
Luxembourg	0,3
Pays-Bas	11
Royaume-Uni	51





Soit l'information (1) page précédente.

## CONSTRUCTION DE BASE.

- (1) L'image résultant de la construction de base favorise les comparaisons internes. Elle exclut la comparaison au total. La forme extérieure est significative. La redondance (B), ne présente pas d'intérêt. Les règles de lisibilité excluent les dessins (C). Parmi les formules (D), on retiendra celle de droite, qui peut donner une impression comparable et est utile particulièrement pour exprimer de très petites quantités (nombre d'entrées journalières dans un port par exemple).

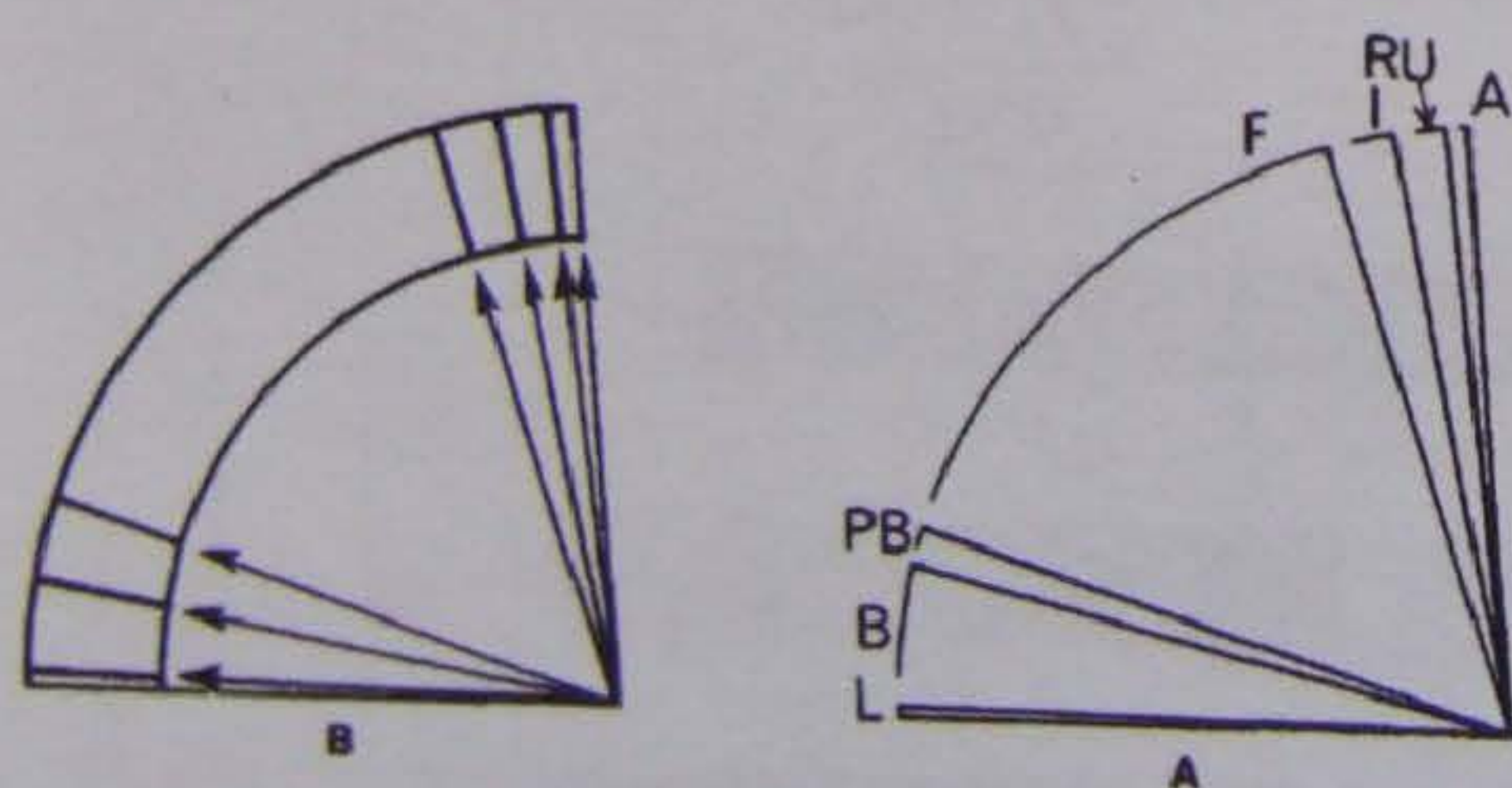
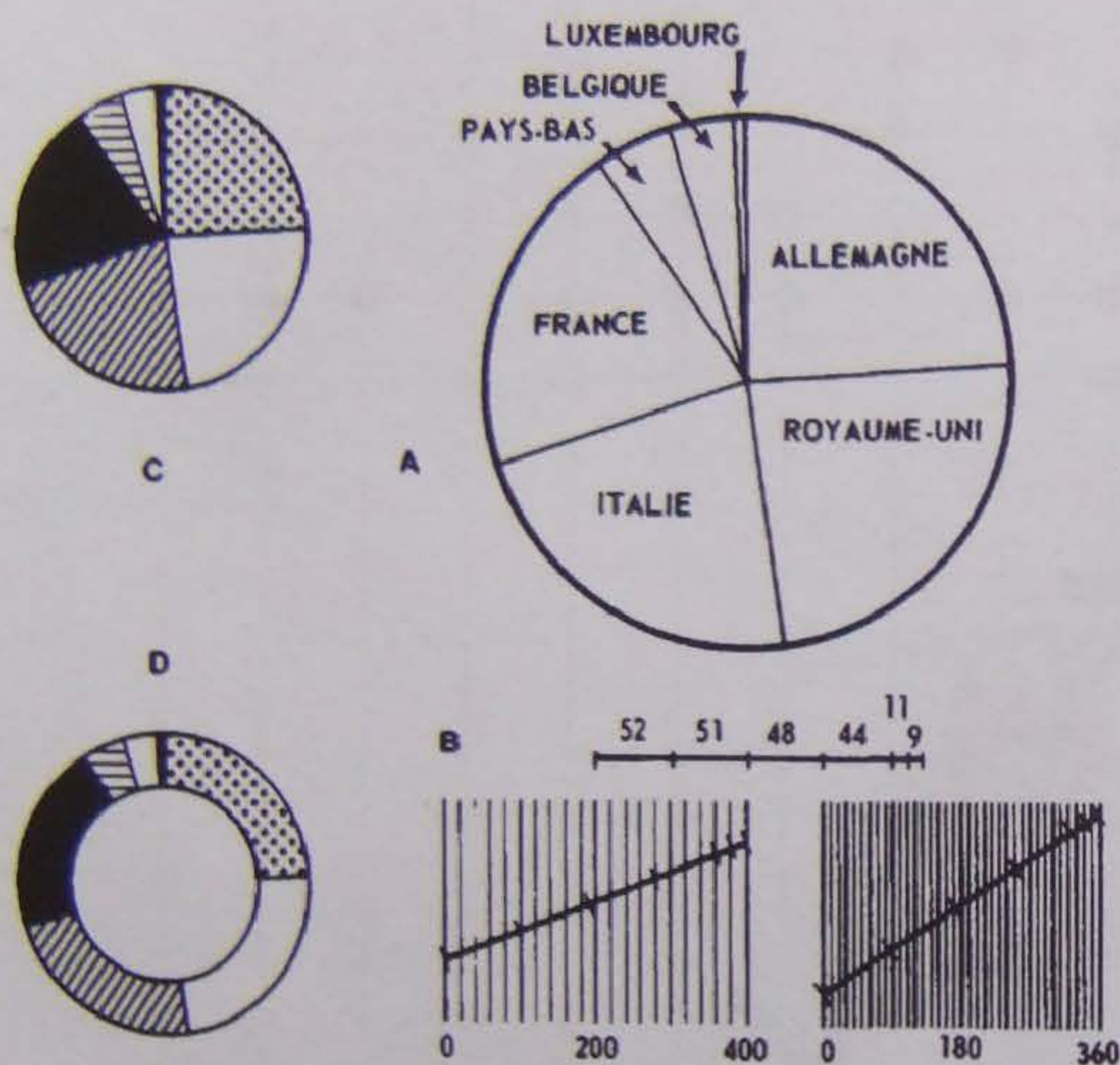
## CONSTRUCTIONS PARTICULIÈRES.

- (2) **Cercle et secteurs proportionnels.**  
N'étant pas l'objet de comparaisons visuelles externes, le problème  $\neq$  (court) Q peut s'exprimer utilement dans une construction dont la forme extérieure est sans signification. Les formes internes, à condition d'être peu nombreuses, traduisent dans une perception habituelle et universelle quelques fractions caractéristiques :  $1/4$ ,  $1/3$ ,  $1/2$ , capables d'exprimer verbalement l'essentiel de l'information.

Chaque part se trouve définie par rapport au total, qui est considéré comme l'unité.

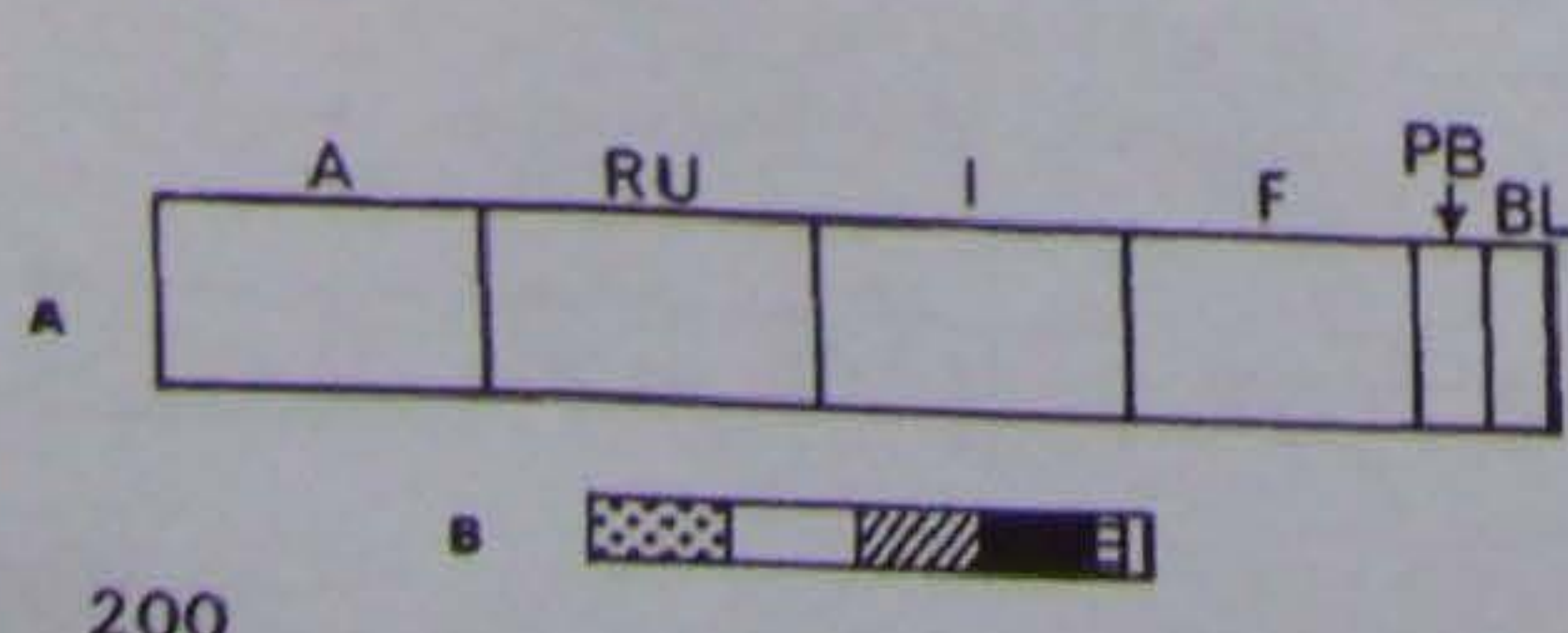
La redondance de l'angle au centre (comparer C à D) joue à cet égard un rôle important.

Pour construire la figure, il faut disposer du total et le transformer en grades ou en degrés. Cette opération peut se faire graphiquement (B). On additionne les parts le long d'une droite. Cette droite est ensuite reportée sur un papier millimétré, entre deux parallèles distantes de 400 (grades) ou de 360 (degrés). On lit ainsi les angles correspondants et ils peuvent être reportés sur le cercle. Il est recommandé d'identifier les parts (ici les noms des pays) sur la figure elle-même. La redondance (C) n'est pas indispensable.



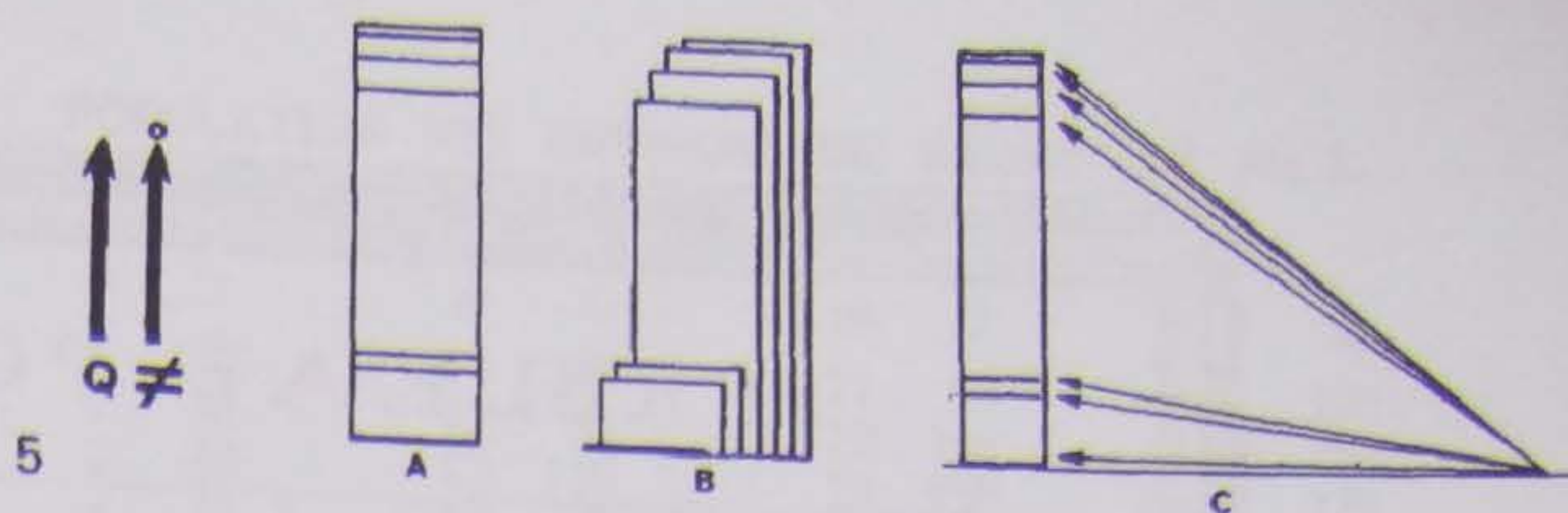
- (3) **Superpositions de Secteurs.**  
Pour faciliter la comparaison des parts entre elles, difficile dans la construction (2), on dispose les parts à partir d'une origine commune. Il importe généralement que le cercle entier, facilement imaginaire, corresponde au total des parts. Celles-ci ont alors un sens.  
Cette construction est surtout utilisée comme en (B) pour représenter par exemple des vitesses.

- (4) **Construction linéaire.** La plus simple et facile de toutes mais elle a peu d'efficacité visuelle malgré la présence du total. Il est difficile d'évaluer des parts sans prendre des mesures précises. Cette construction pose des problèmes de disposition de nomenclature. Ils sont évités lorsque la ligne est verticale.

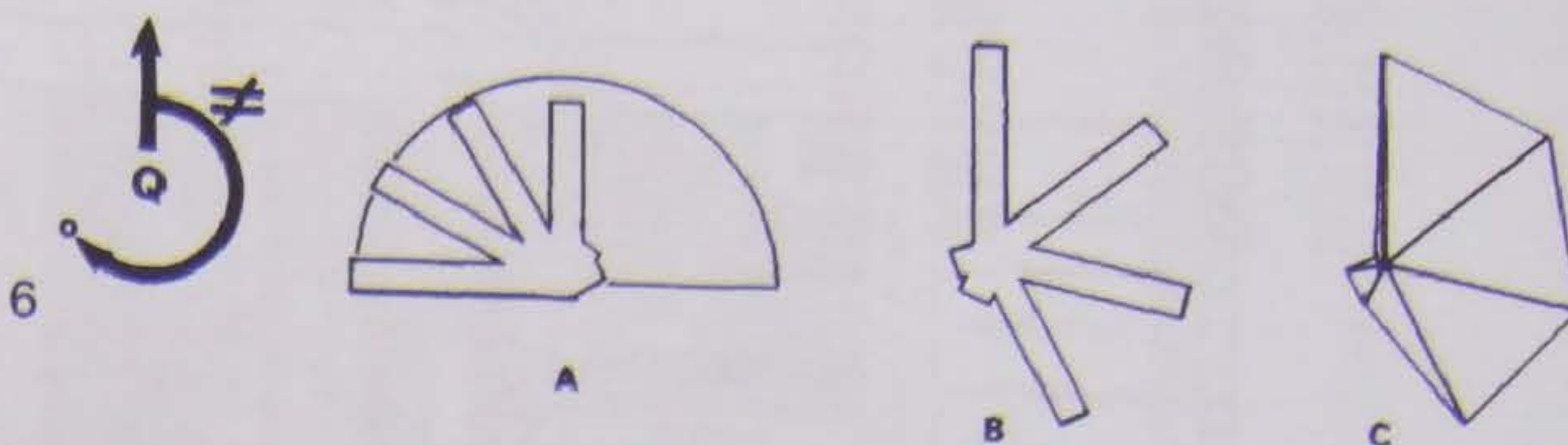




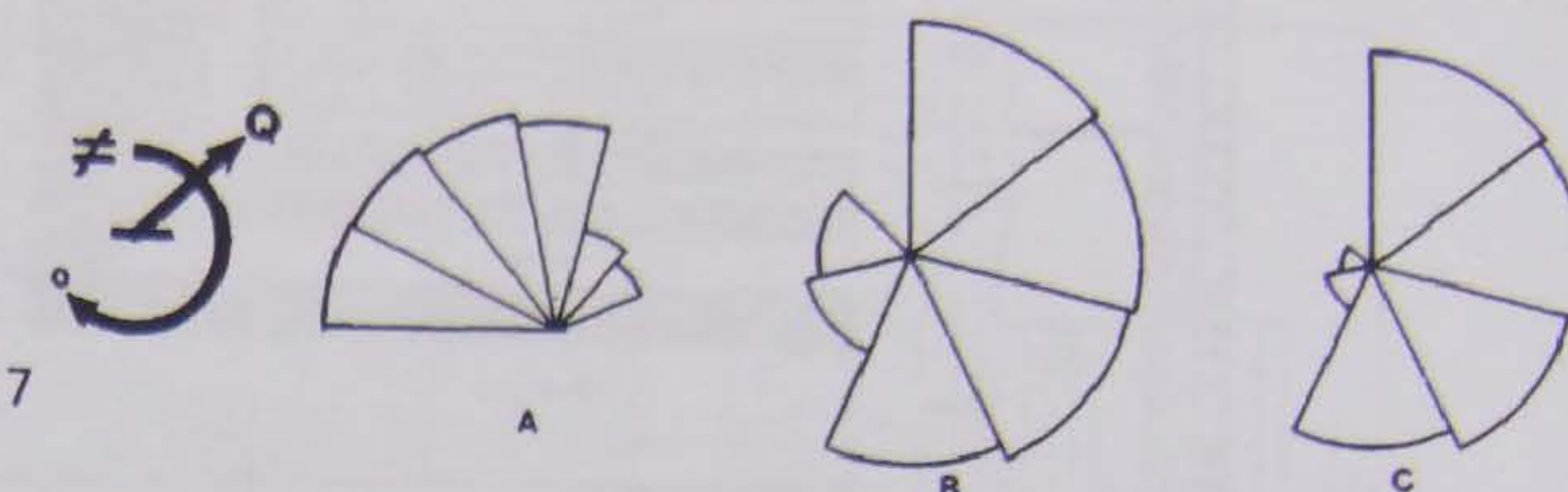
(5) Même construction que (4) mais **les quantités ne sont pas cumulées**. Favorise les comparaisons entre parties. Difficiles problèmes de nomenclature. Des variantes (B) (C) soulignent la nécessité de rappeler l'origine commune des quantités : le zéro.



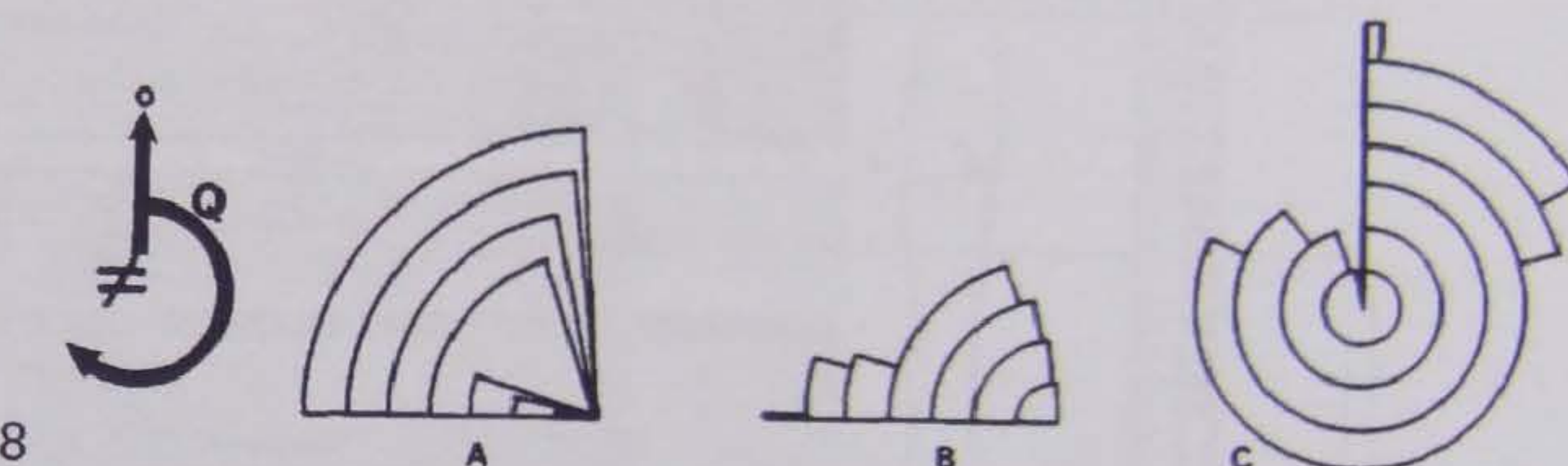
(6) **Variables polaires de (1)**. Sont peu efficaces, quoique spectaculaires. La formule (C) présente l'intérêt de construire une "forme" mémorisable. Mais les quantités sont représentées d'une manière ambiguë, car les surfaces apparentes ne leur sont pas proportionnelles.



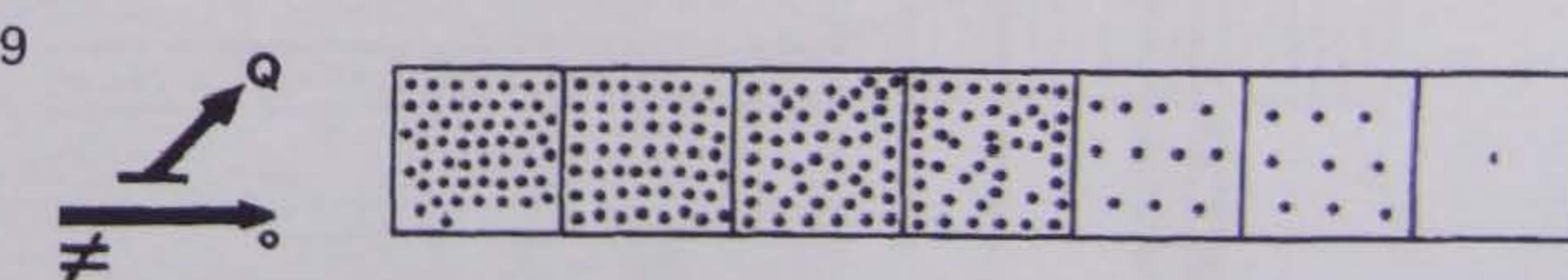
(7) Autre variable polaire de (1) mais dans laquelle **les quantités sont exprimées par la surface des secteurs**. Les angles au centre sont comme en (6), constants. La longueur des rayons doit être proportionnelle à  $\sqrt{Q}$ . Ne pas commettre l'erreur de construire des rayons proportionnels à  $Q$  (C). Les surfaces sont alors proportionnelles à  $Q^2$ . Ces constructions dessinent comme (6c) une forme mémorisable.



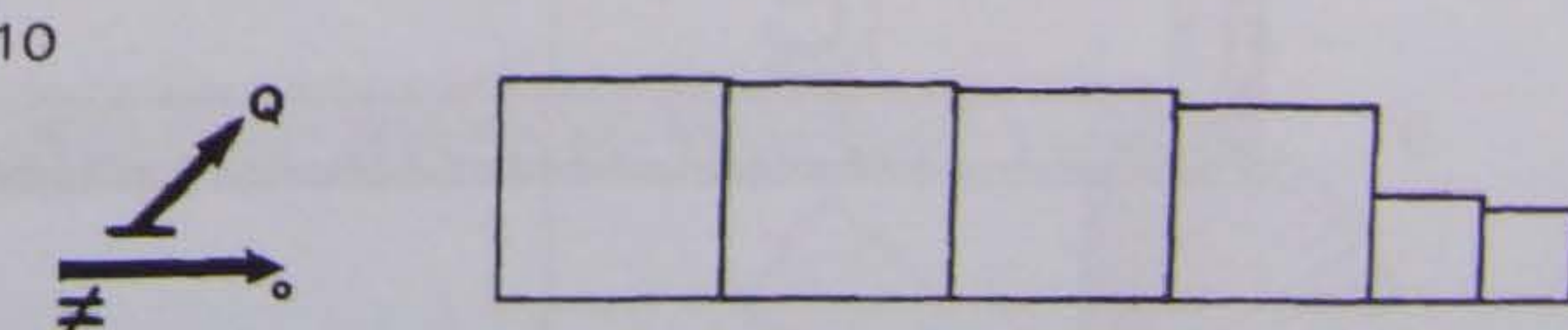
(8) Les constructions résultant de l'**inversion des composantes** dans le schéma (8) par rapport au schéma (6) aboutissent à des images aberrantes qu'il faut connaître pour en éviter l'emploi.



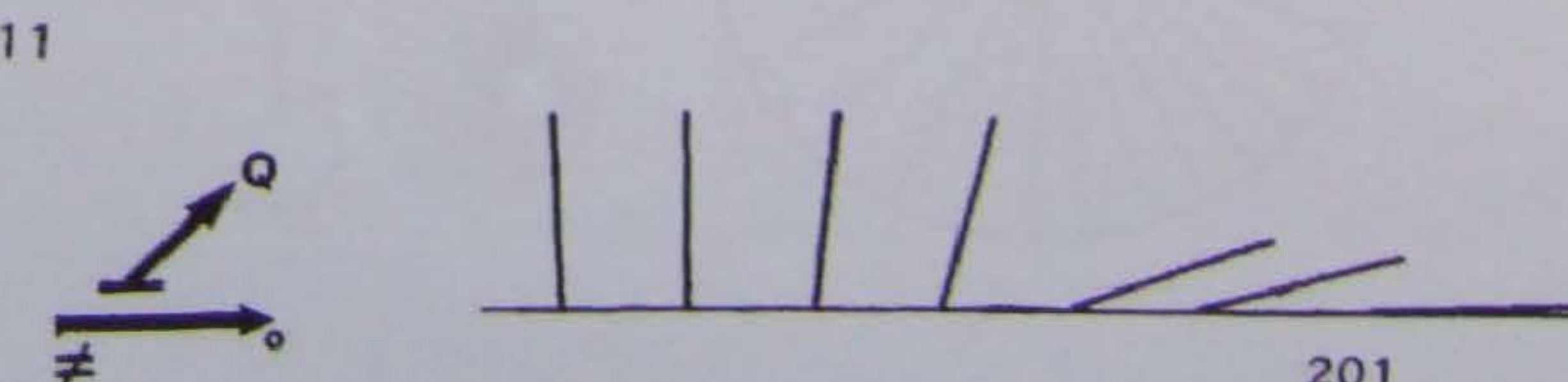
(9) La composante rétinienne de taille peut s'exprimer par un **nombre de points proportionnel** aux quantités à exprimer. Cette formule, qui aboutit à une perception densitative (rapport des quantités à la surface) est appropriée aux informations contenant ce problème, telles que comparaisons de densités régionales, de densités par produit etc. Mais la formule n'est efficace que dans le cas de très grandes différences de densité.



(10) La **taille (surface)** permet d'apprécier les quantités, le côté du carré devant être proportionnel à  $\sqrt{Q}$ . Mais le lecteur apprécie mieux les différences de hauteur et la construction (2) est préférable.

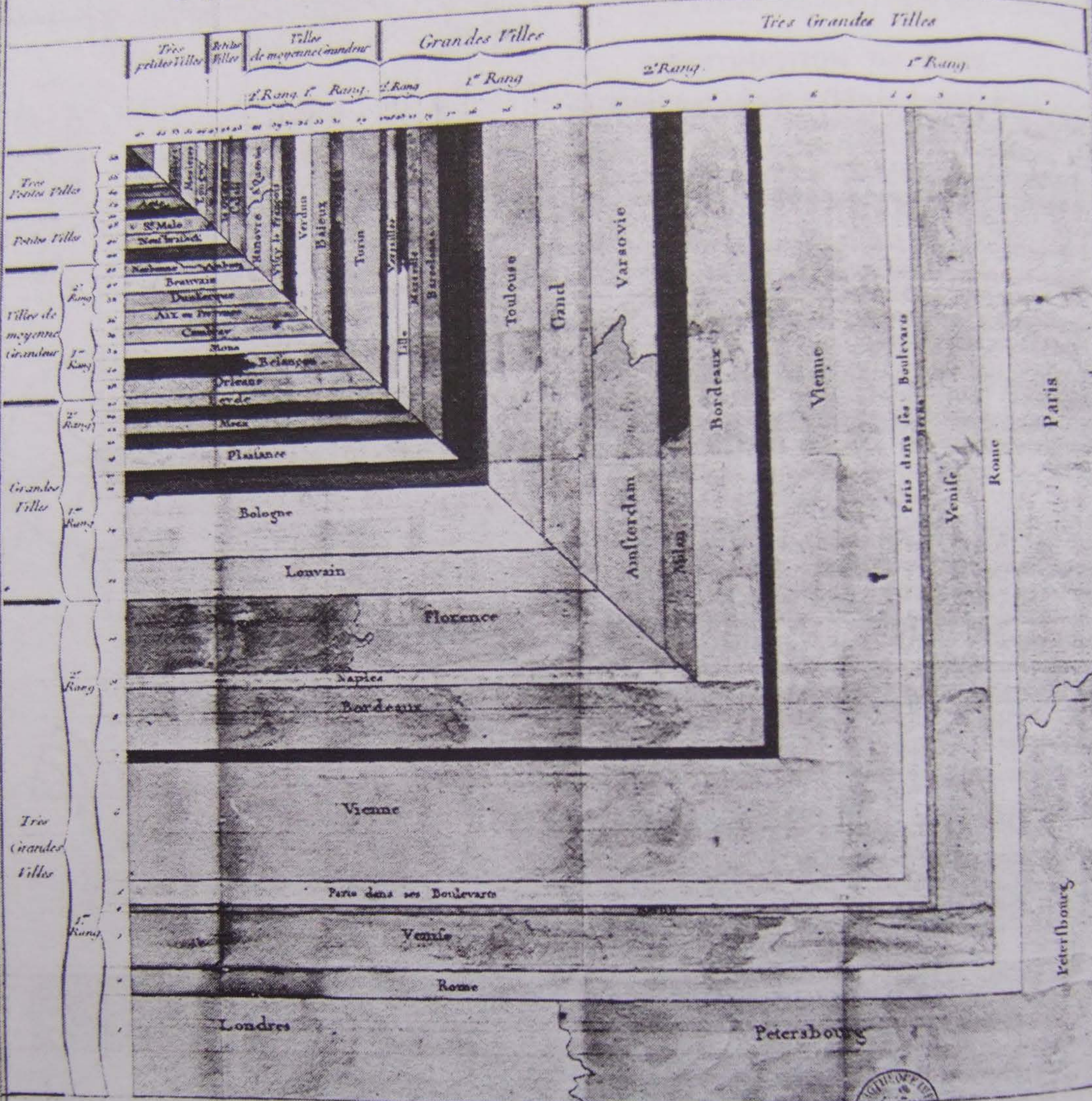


(11) L'ordre des parts est perceptible, mais on peut juger ici du peu d'efficacité quantitative de la **variation non polaire d'orientation**.



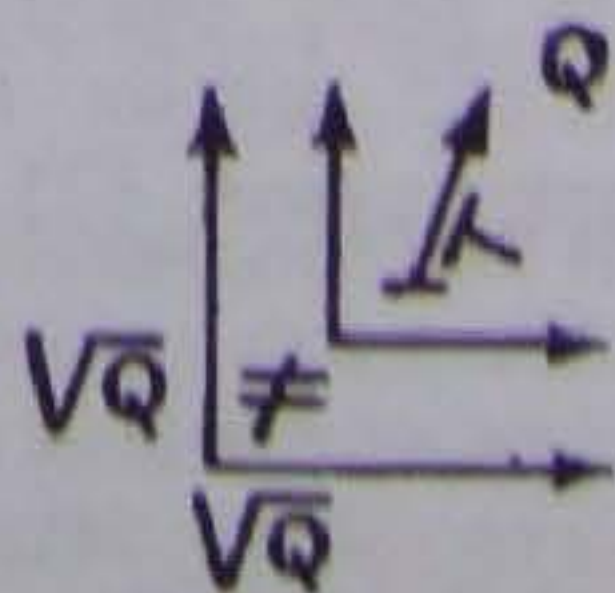


# TABLEAU POLÉOMÉTRIQUE



Echelle de six Toises de Pied de Roy

La Pouce Quarrée équivalant au 25 Toises Royales





**Q ≠ long**

## LES RÉPARTITIONS

(information connue pour chaque élément\*).

Le "Tableau Poléométrique" (1), édité en 1782 par Dupain-Triel, est l'une des plus anciennes représentations proportionnelles de phénomènes humains actuellement connues. Le P. de DAINVILLE a démontré (Revue "Population", Paris, 1958) que son auteur était Charles de FOURCROY, Directeur des Fortifications.

Chaque ville est représentée par un carré de surface proportionnelle à la surface géographique occupée par la ville (et pour les plus petites, par une moitié seulement, jusqu'à la diagonale).

Superposés les uns aux autres, les carrés se classent automatiquement. Il en résulte des groupements visuels qui conduisent l'auteur à proposer une "catégorisation urbaine". Cet exemple permet d'apprécier l'évolution de la représentation graphique et l'efficacité des formules plus récentes qui suivent la construction de base.

### La répartition

Soit l'information (2), c'est-à-dire une liste alphabétique de villages 1, 2, 3... 40 (≠ 40) et leur population (nombre de feux).

Notons d'abord que les constructions particulières, et par exemple (5) et (6) perdent ici toute efficacité. ≠ est trop long pour elles.

Au diagramme (3) qui représente directement le classement alphabétique, la construction de base substitue le diagramme (4) dans lequel les villages sont classés suivant les quantités.

Il fait apparaître des paliers, c'est-à-dire des types quantitatifs de villages, aux alentours de 70 et de 200 feux (il faut considérer ce palier avec prudence, les évaluations statistiques ayant une attirance bien connue pour les nombres "arrondis") et des "queues" c'est-à-dire des petits et des très grands villages. Ces types de village font passer le lecteur de la notion de quantité par village à la notion générale de typologie, indépendante des cas particuliers et des nombres exacts de population.

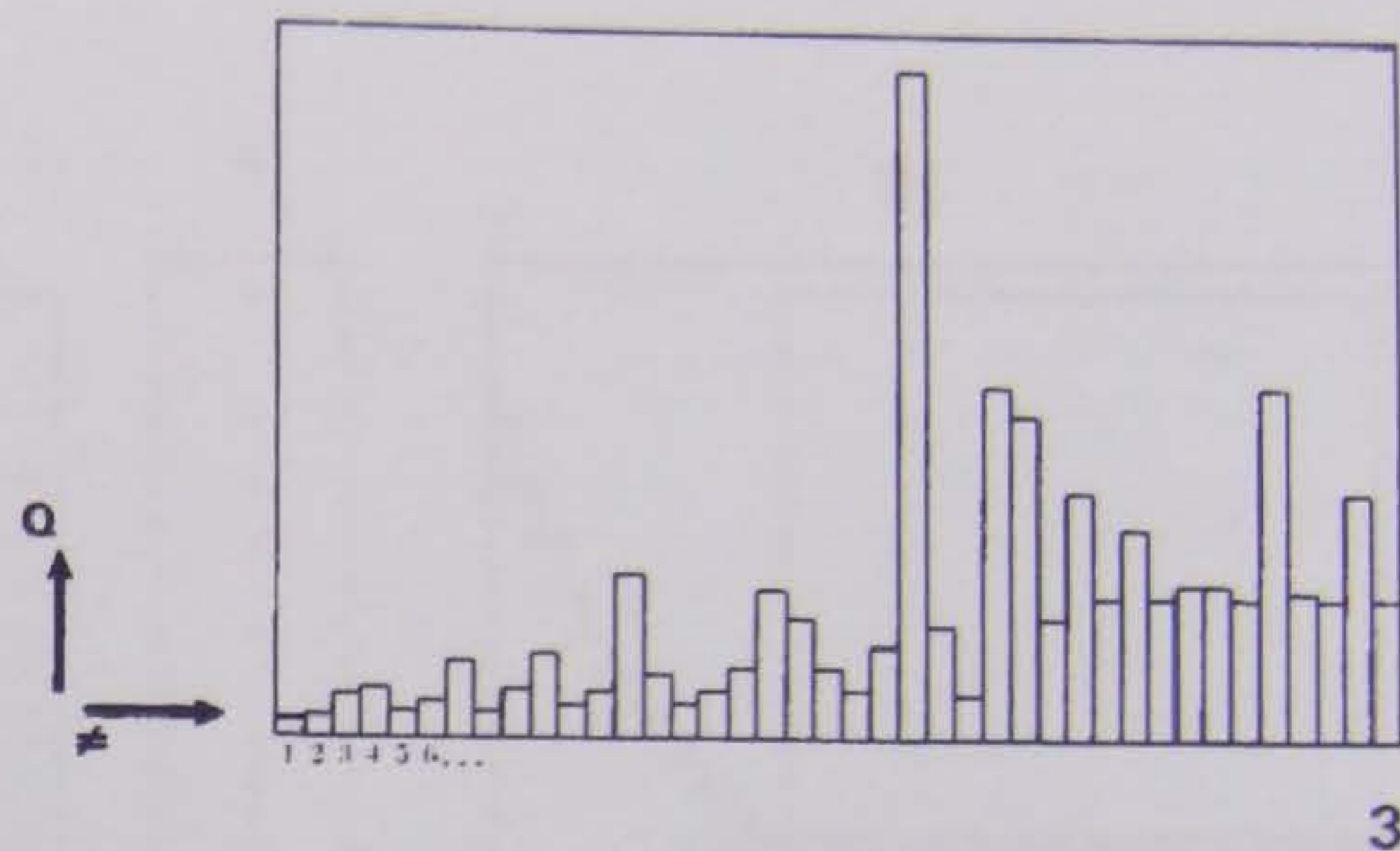
Le diagramme (4) est une **répartition**.

## POPULATION DES ENVIRONS DE MADRID AU 16e S.

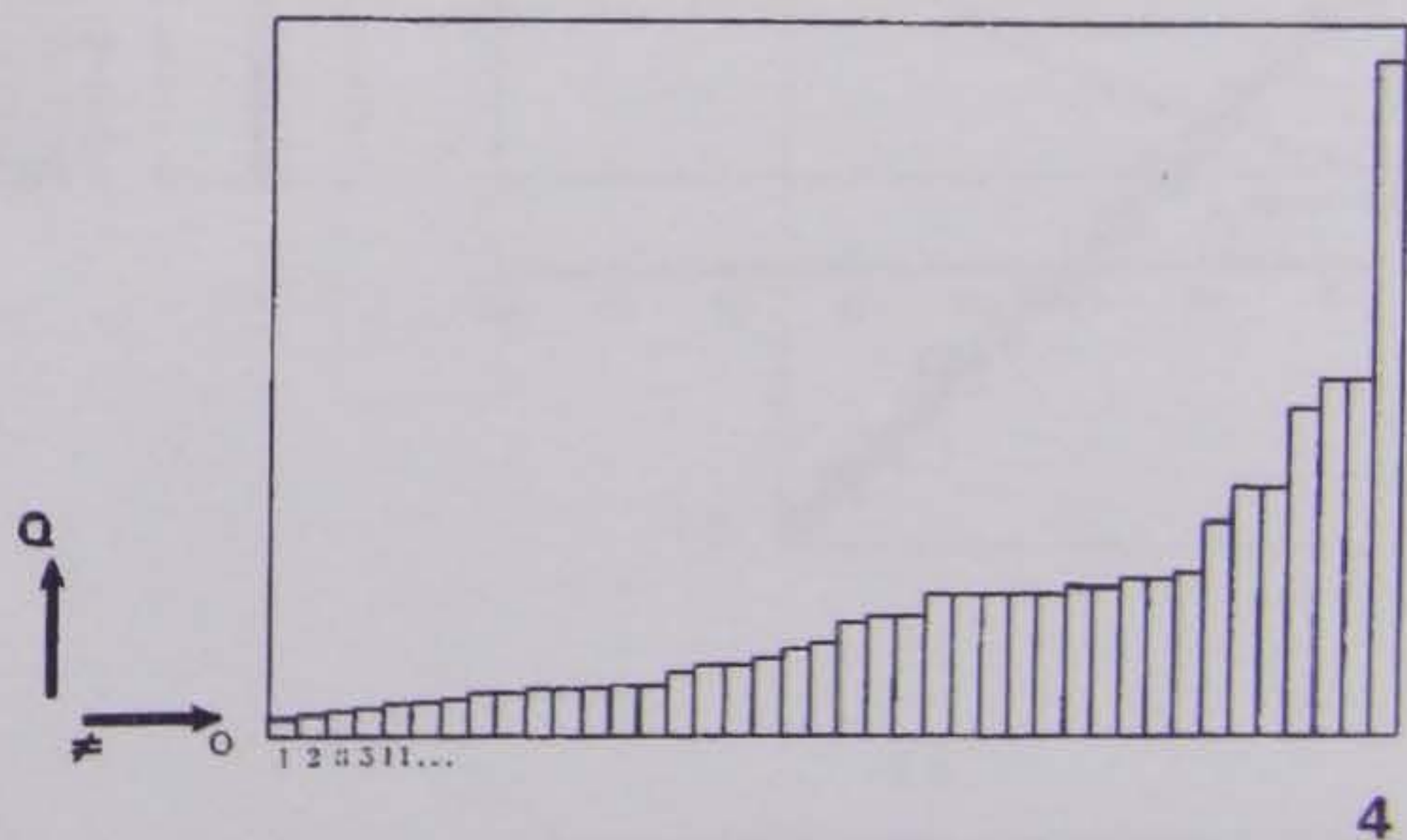
Par village (≠), en quantité de feux (Q)

≠	Q	≠	Q	≠	Q	≠	Q
1 .	25	11 .	45	21 .	68	31 .	300
2 .	30	12 .	65	22 .	130	32 .	200
3 .	60	13 .	230	23 .	950	33 .	220
4 .	70	14 .	90	24 .	160	34 .	220
5 .	37	15 .	47	25 .	60	35 .	200
6 .	50	16 .	65	26 .	500	36 .	500
7 .	110	17 .	100	27 .	460	37 .	210
8 .	35	18 .	210	28 .	170	38 .	200
9 .	70	19 .	170	29 .	350	39 .	350
10 .	120	20 .	100	30 .	200	40 .	200

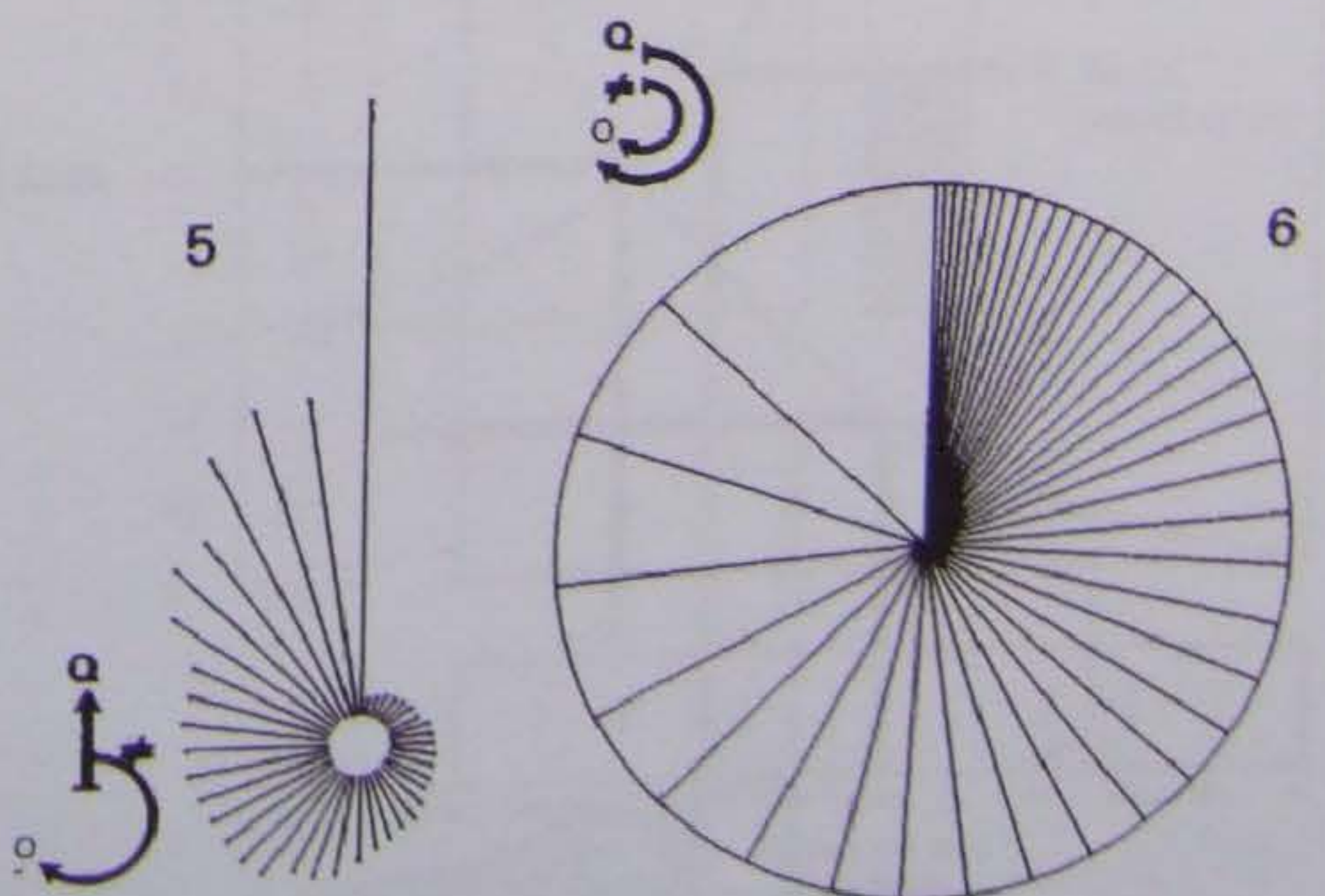
2



3

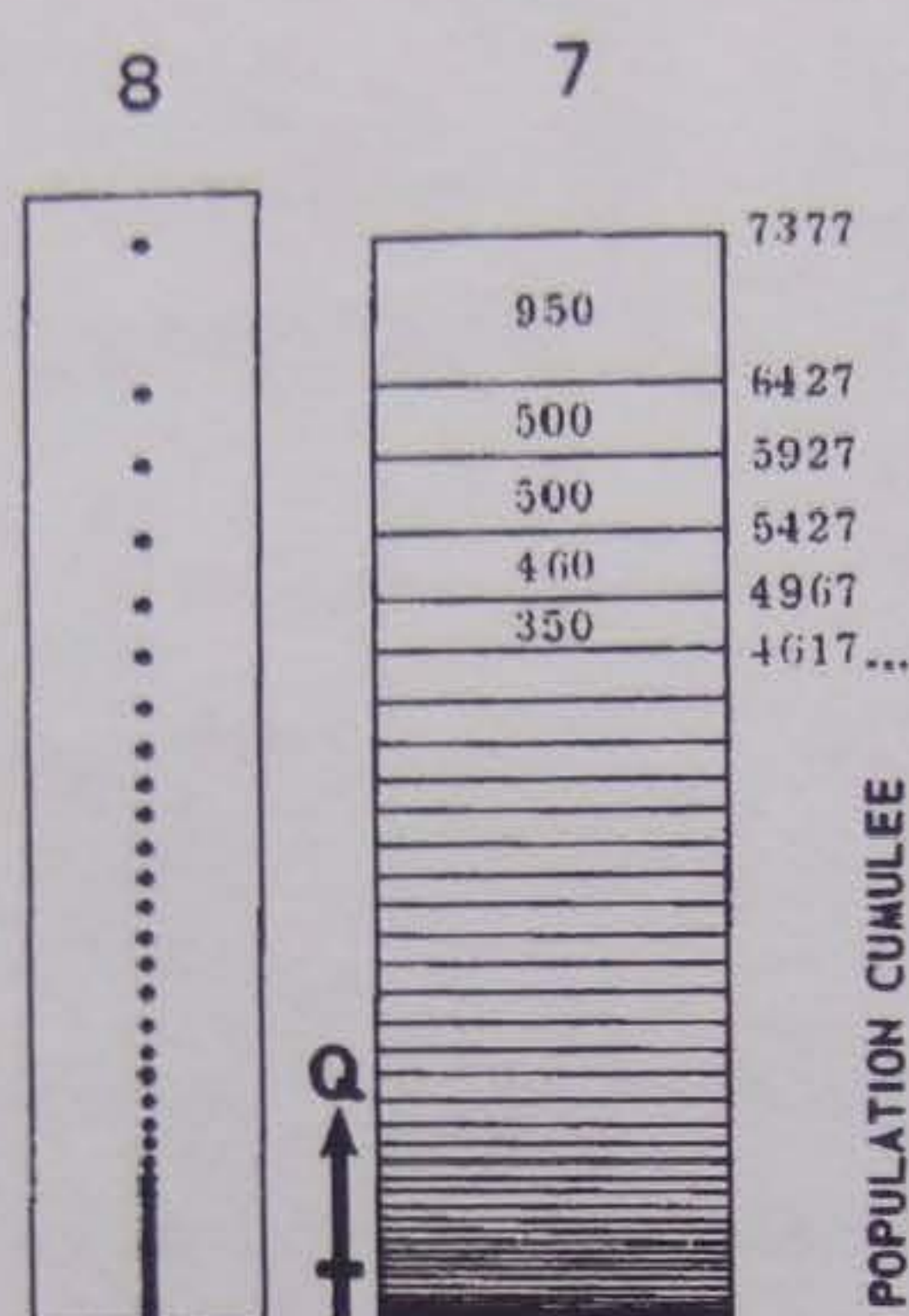
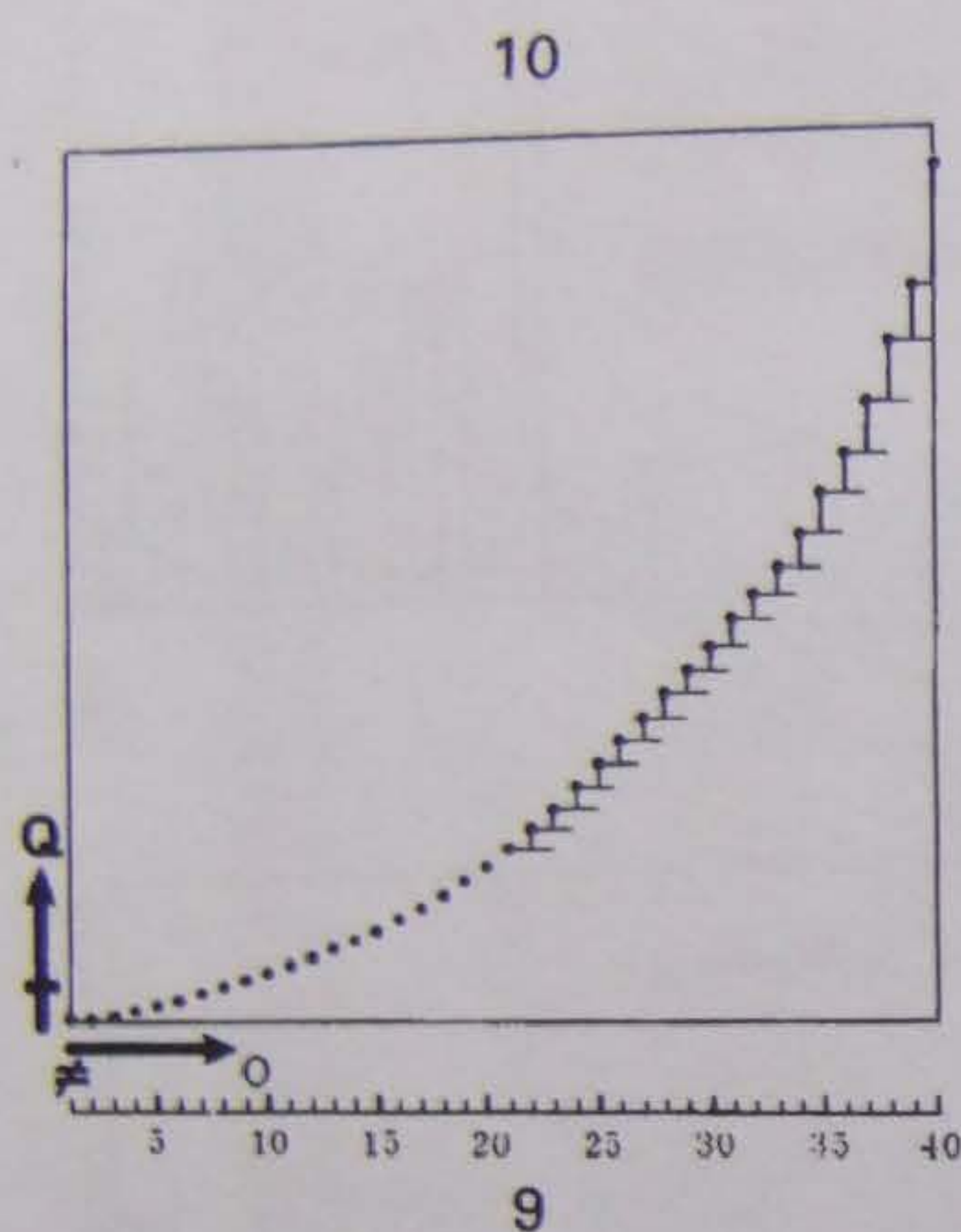
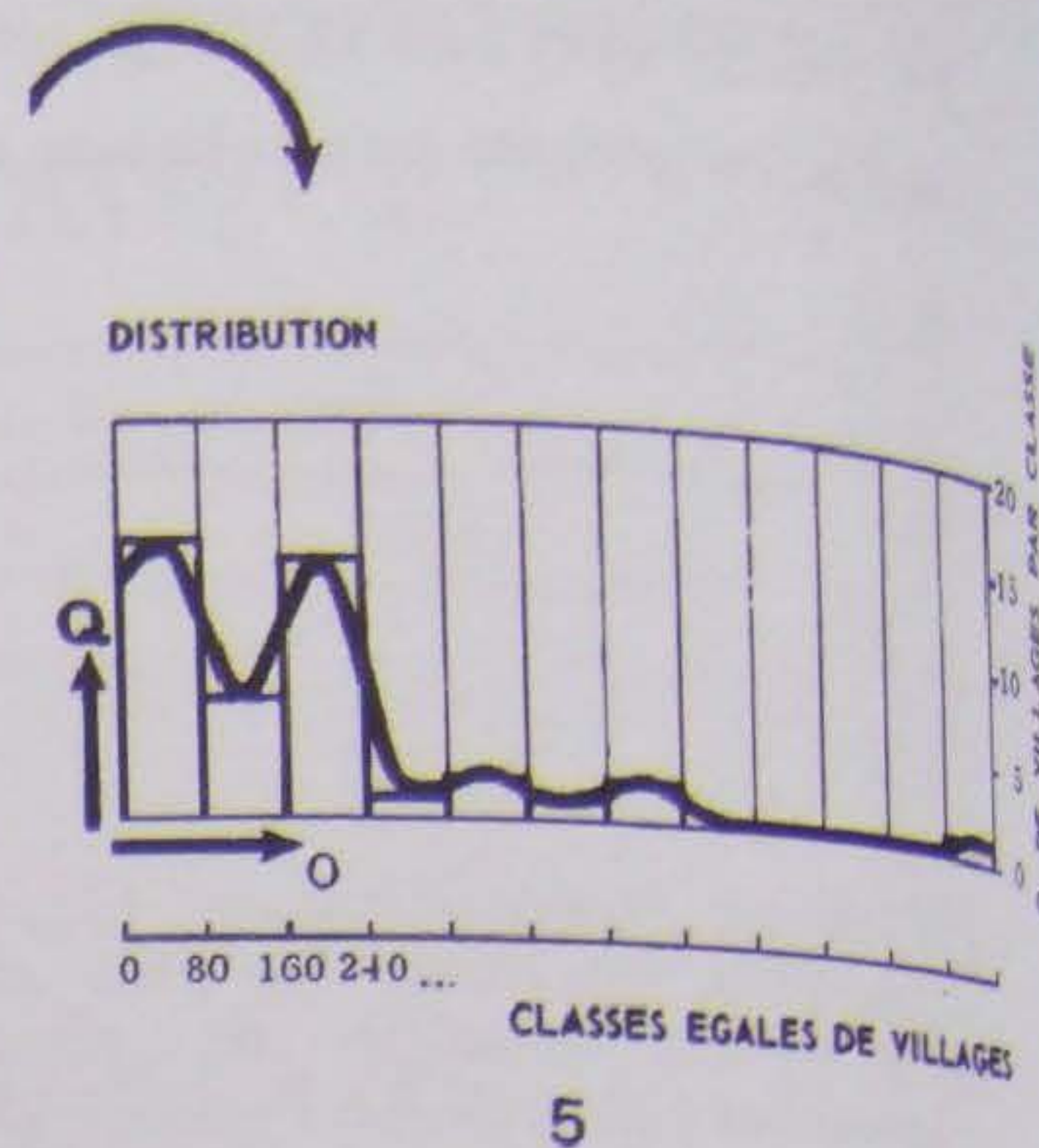
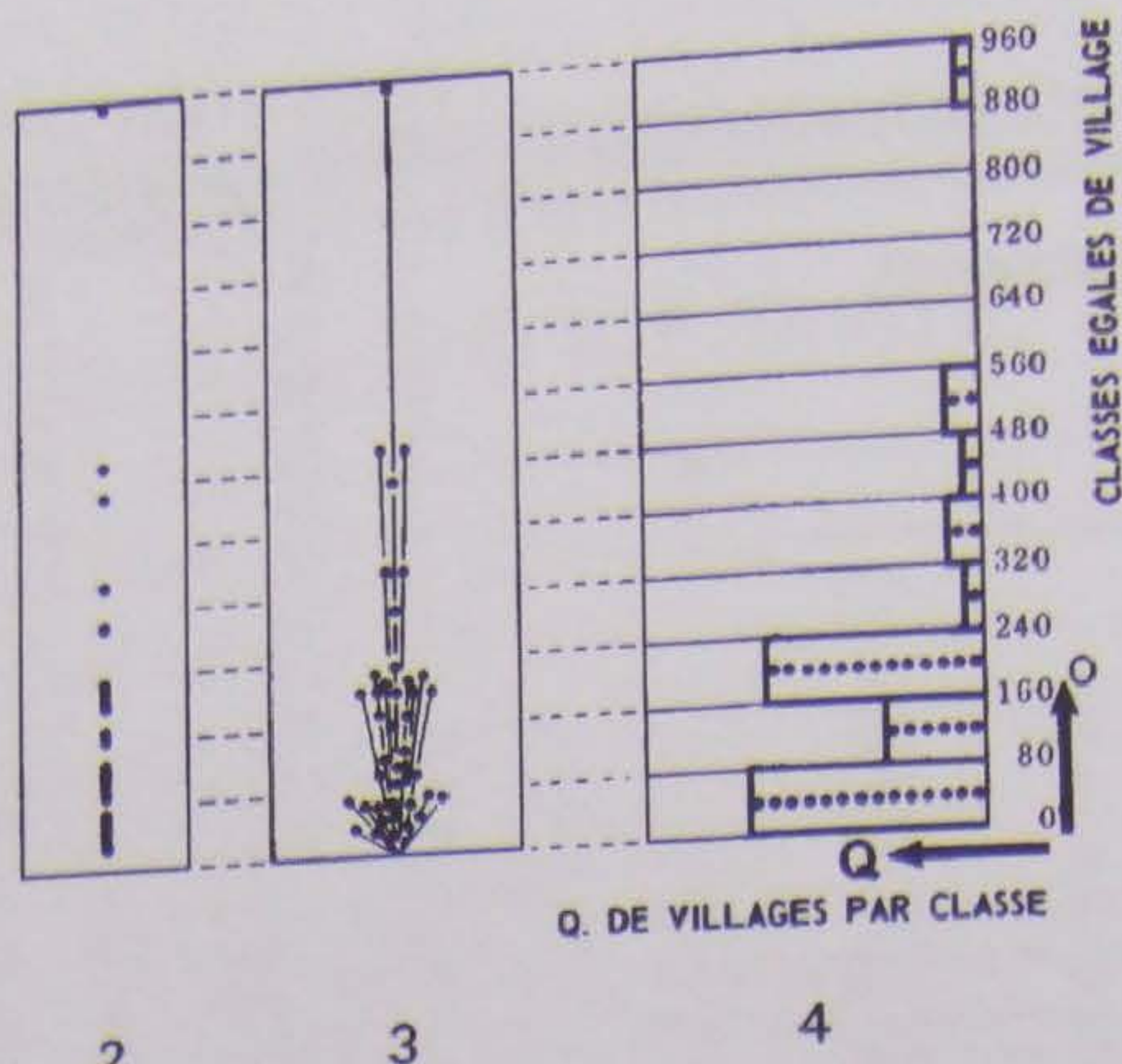
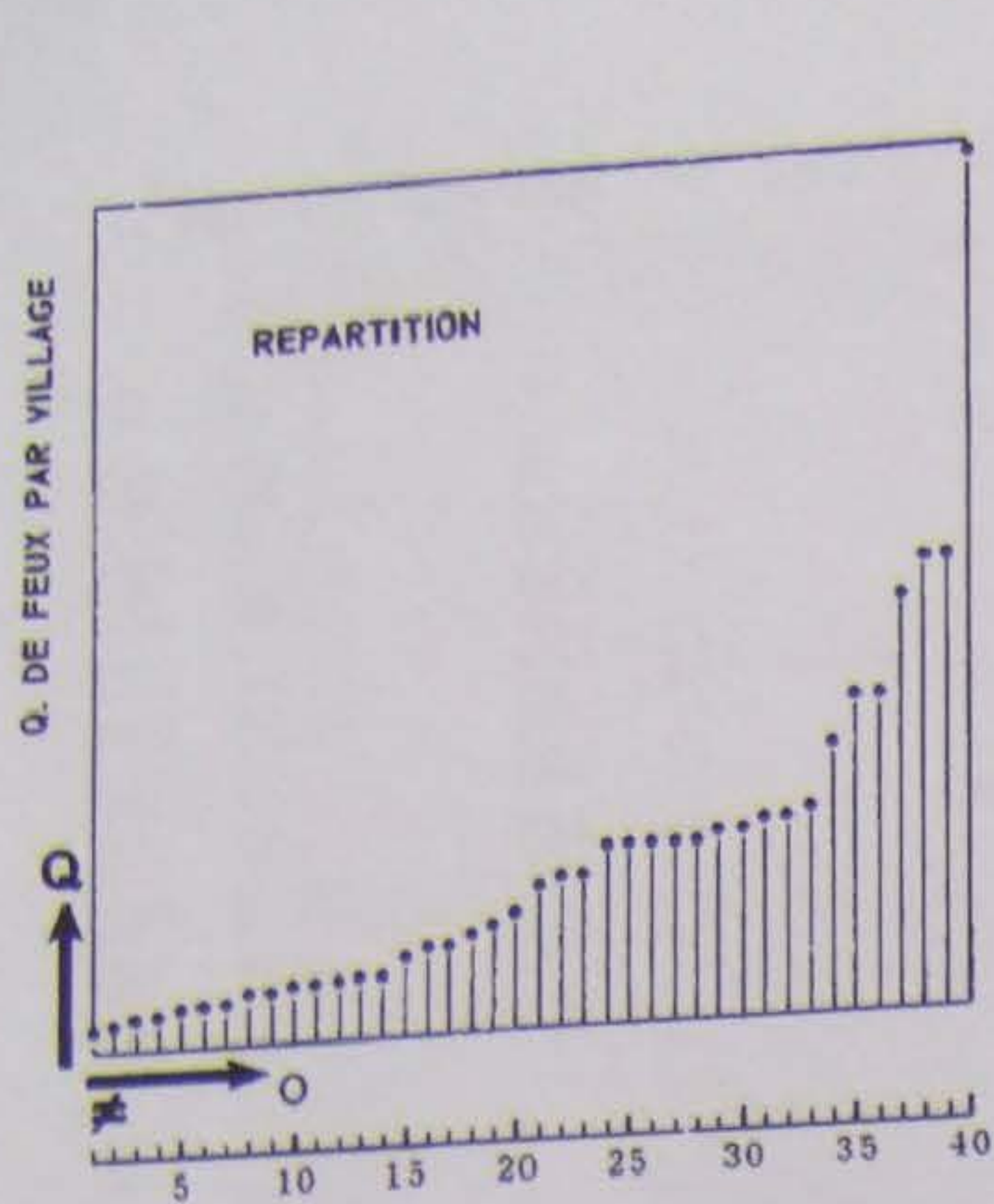


4



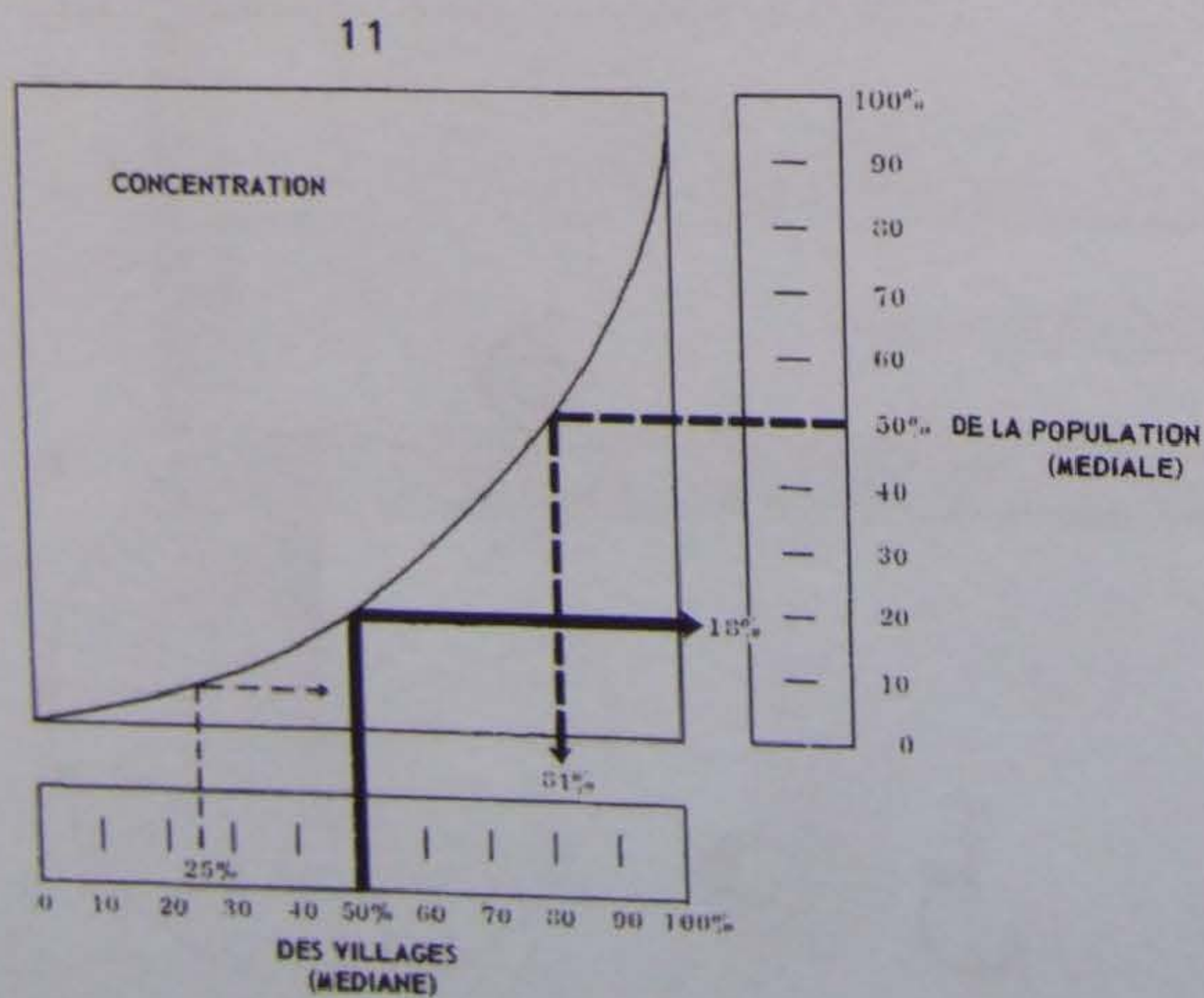
\* S'oppose aux informations qui ne sont connues que par classes de quantités (p. 206).





6

Ordre des villages	Q feux	Q cumulées
1	25	25
2	30	55
3	35	90
4	37	127
5	45	172
6	47	219
7	50	269
8	60	329
9	60	389
10	65	454
11	65	519
12	68	587
13	70	657
14	70	727
15	90	817
16	100	917
17	100	1017
18	110	1127
19	120	1247
20	130	1377
21	160	1537
22	170	1707
23	170	1877
24	200	2077
24	200	2277
26	200	2477
27	200	2677
28	200	2877
29	210	3087
30	210	3297
31	220	3517
32	220	3737
33	230	3667
34	300	4267
35	350	4617
36	350	4967
37	460	5427
38	500	5927
39	500	6427
40	950	7377





## Répartitions, distributions, concentrations

Le diagramme obtenu en ordonnant les villages est une **répartition** (1). Il fait apparaître des paliers, des villages de même type (dimensionnel). Comment définir ces paliers?

Supposons qu'au lieu de 40 villages, nous soyons en présence des 40 élèves d'une classe, ayant apporté chacun une pelote de ficelle dont la longueur (25, 30, 35 cm...) s'exprime par des nombres semblables au nombre de feux par village.

On peut accrocher toutes les ficelles en un même point et demander aux élèves de s'aligner, en tenant chacun l'autre bout. Ils ne pourront pas s'aligner comme en (2), car, à certaines distances du point d'accrochage, ils seront si nombreux qu'il leur faudra se distribuer en groupes élargis (3).

Ces groupes sont les **paliers recherchés**. Pour une raison qu'il reste à découvrir les ficelles sont plus nombreuses pour certaines dimensions, les villages sont plus nombreux pour certaines quantités de population.

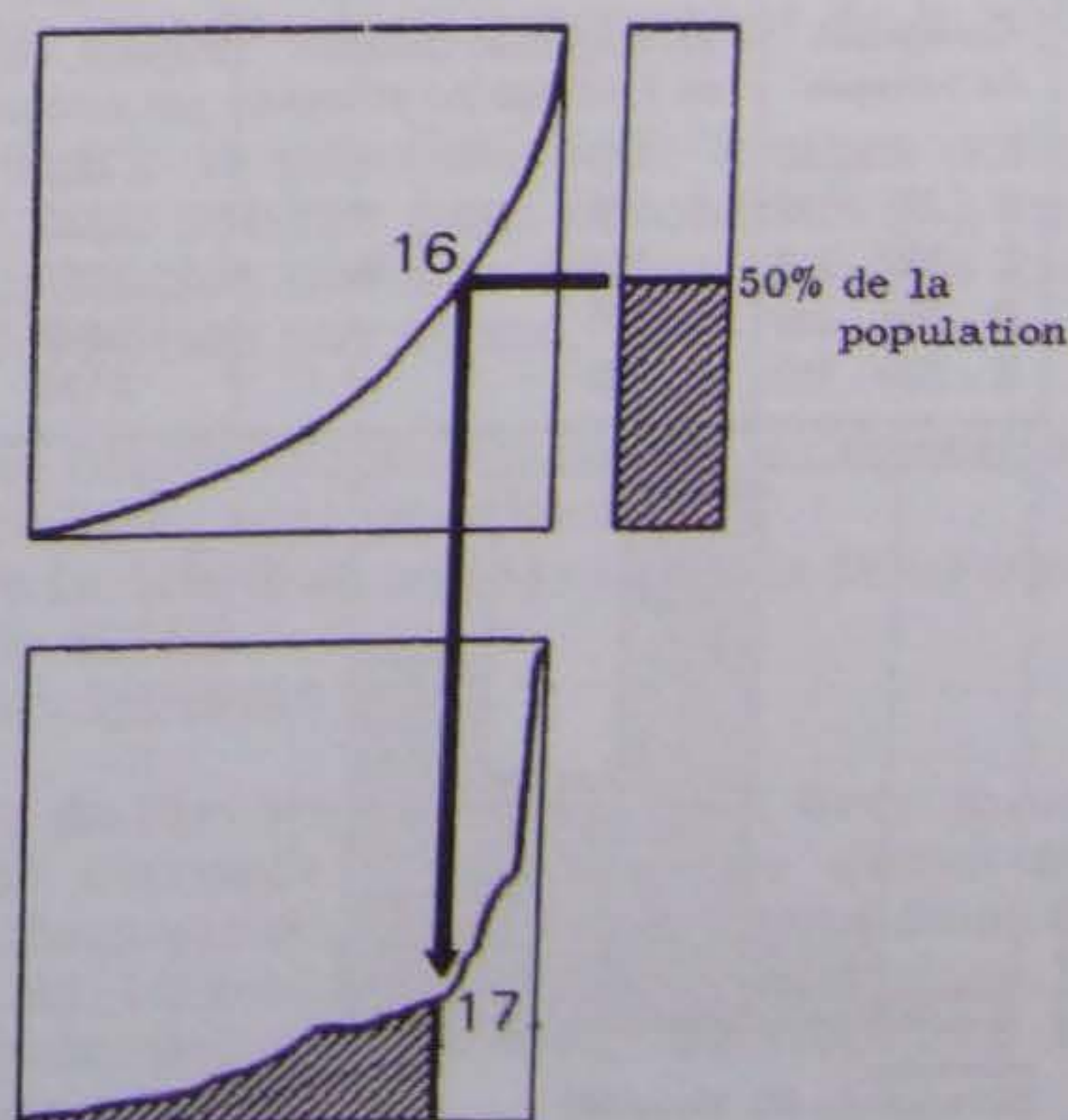
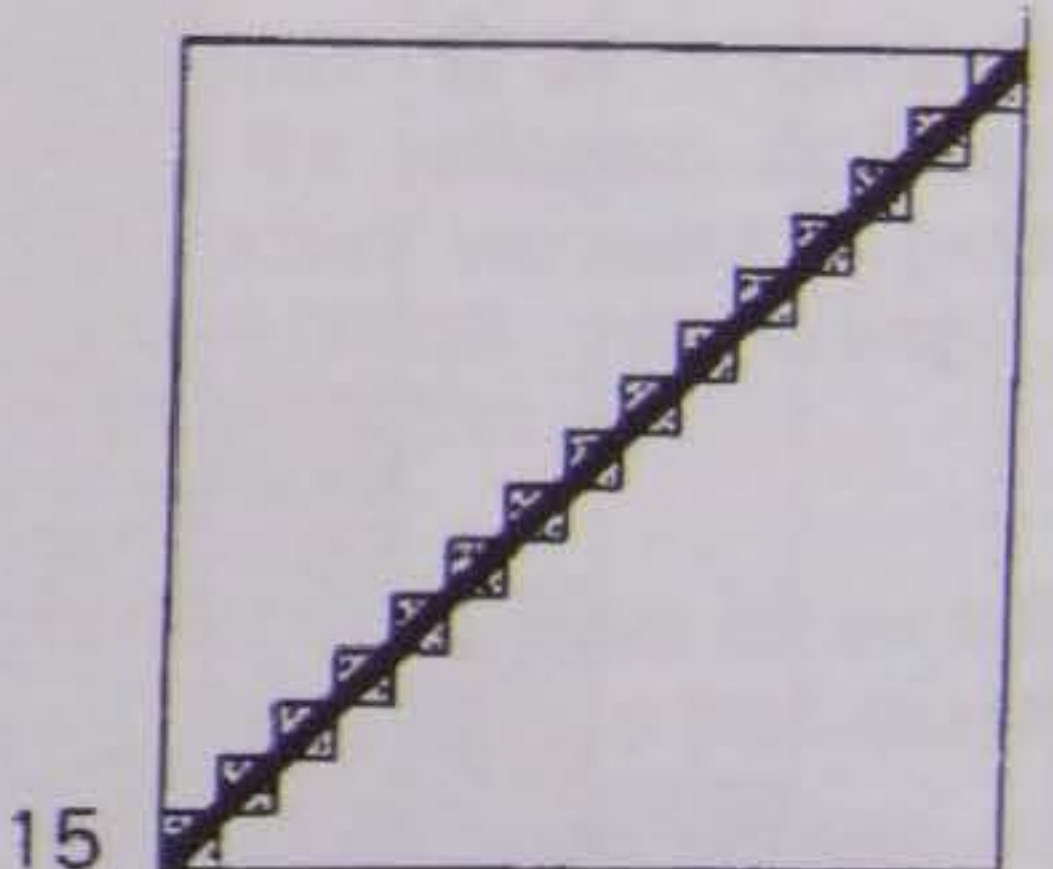
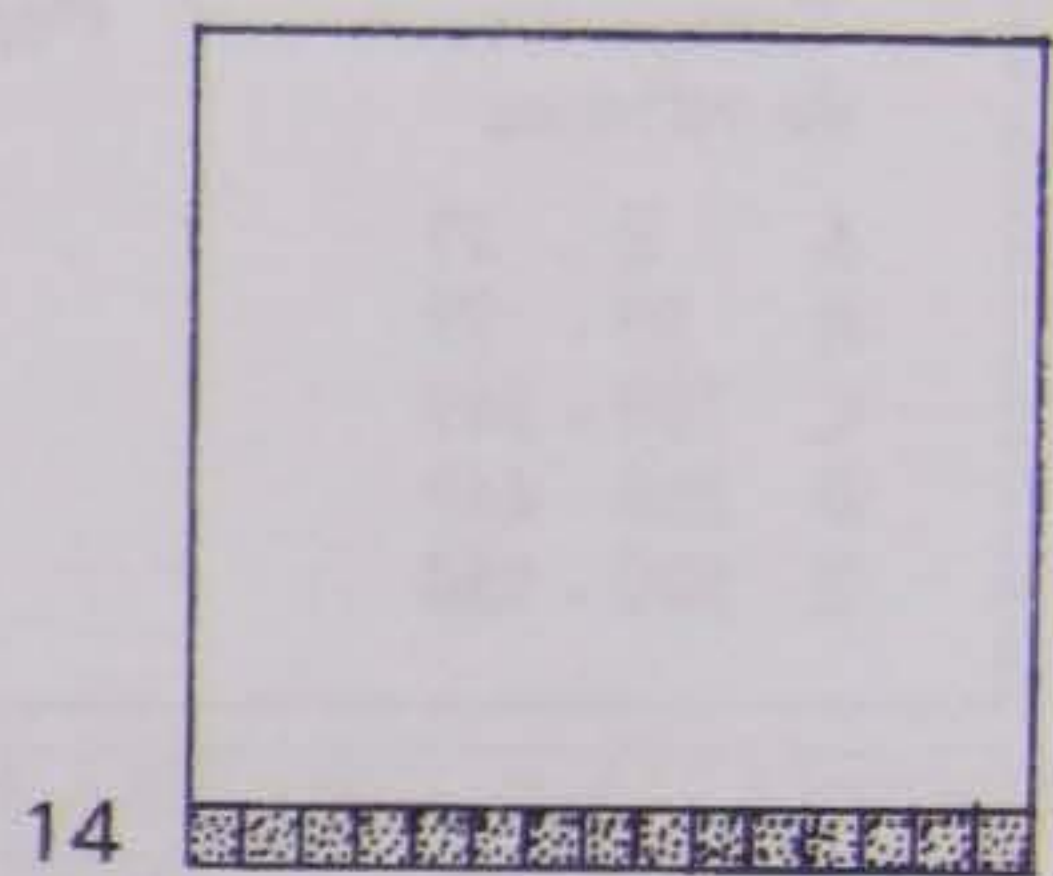
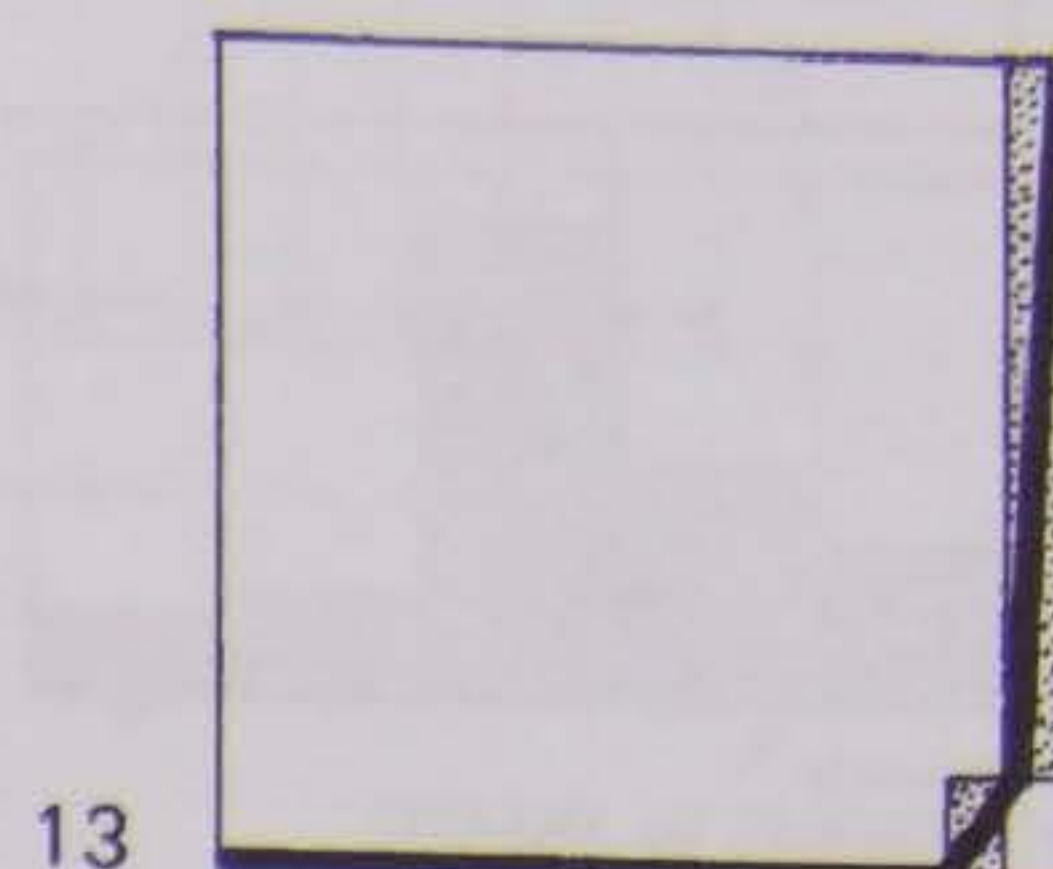
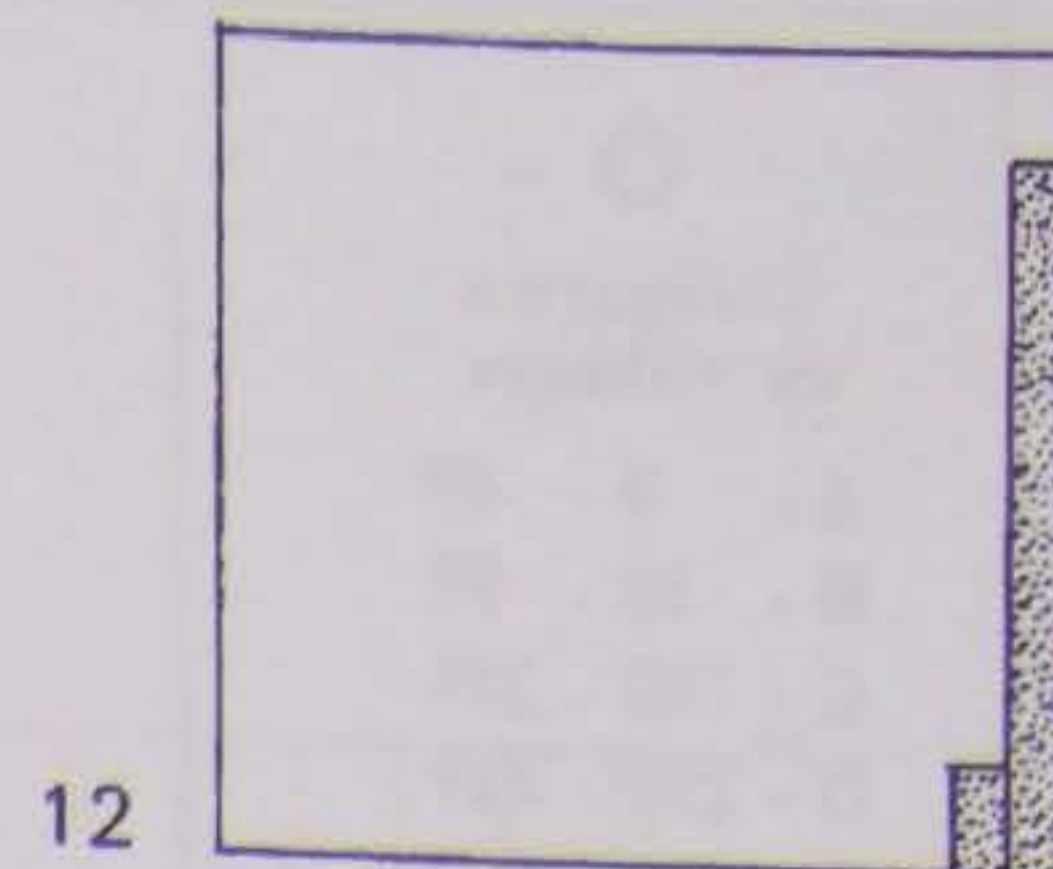
Définir ces groupes, c'est diviser l'alignement (2) en parties égales (ici classes espacées de 80 en 80 feux) choisies de telle sorte que les groupes ne soient pas partagés (4). On compte ensuite, dans chaque division, le nombre de villages (ou d'élèves) (4). Le diagramme ainsi obtenu est une **distribution**, plus souvent présentée comme en (5). Elle souligne à l'évidence les paliers de la répartition (1).

Mais il est intéressant de connaître combien la moitié des villages (les vingt plus petits par exemple) contient de population, ou la longueur de ficelle fournie par les vingt plus grosses pelotes. Quoi de plus aisé si l'on accroche, dans l'ordre des longueurs, toutes les ficelles les unes au bout des autres, si l'on met bout à bout les quantités de feux par village.

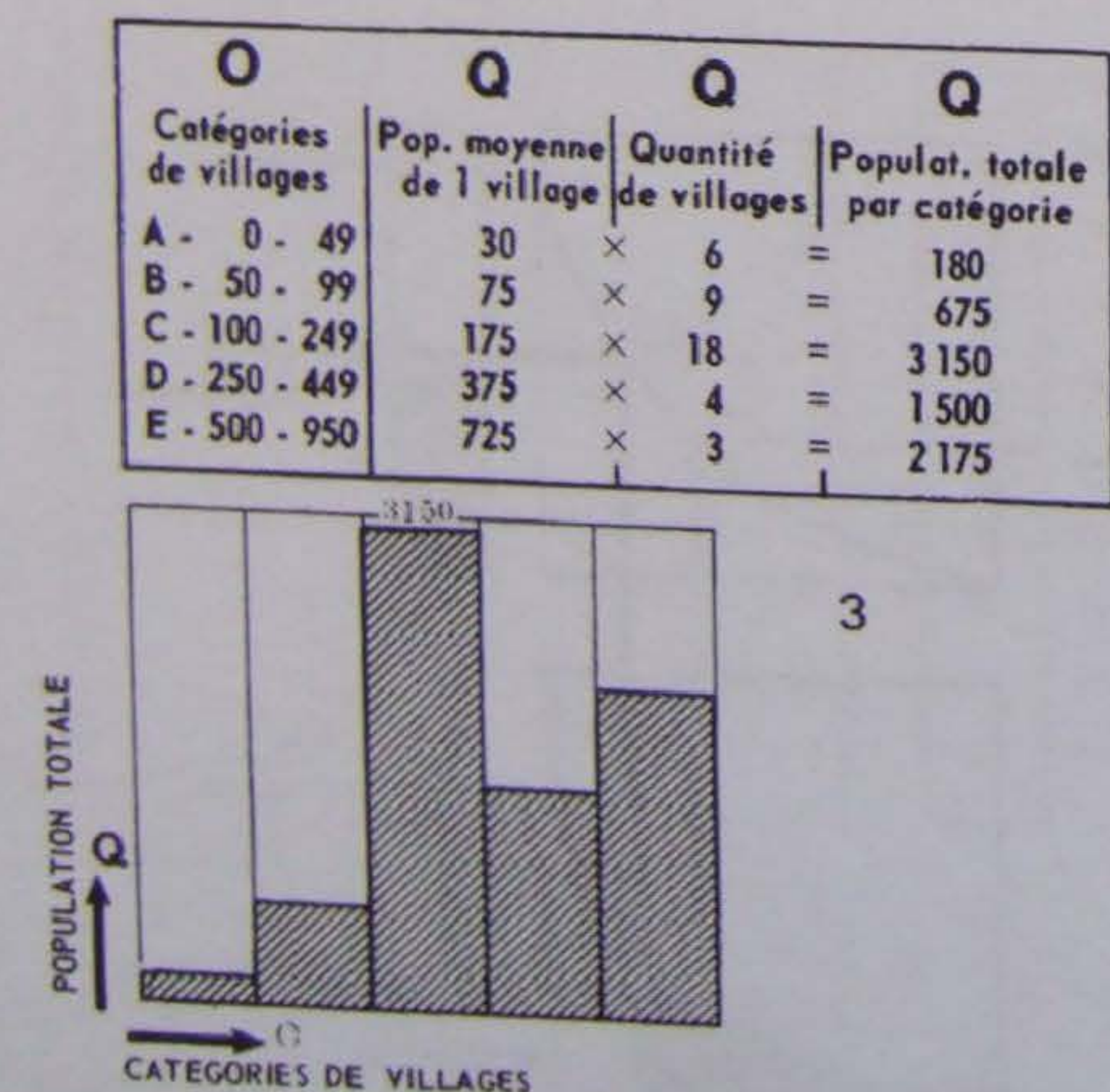
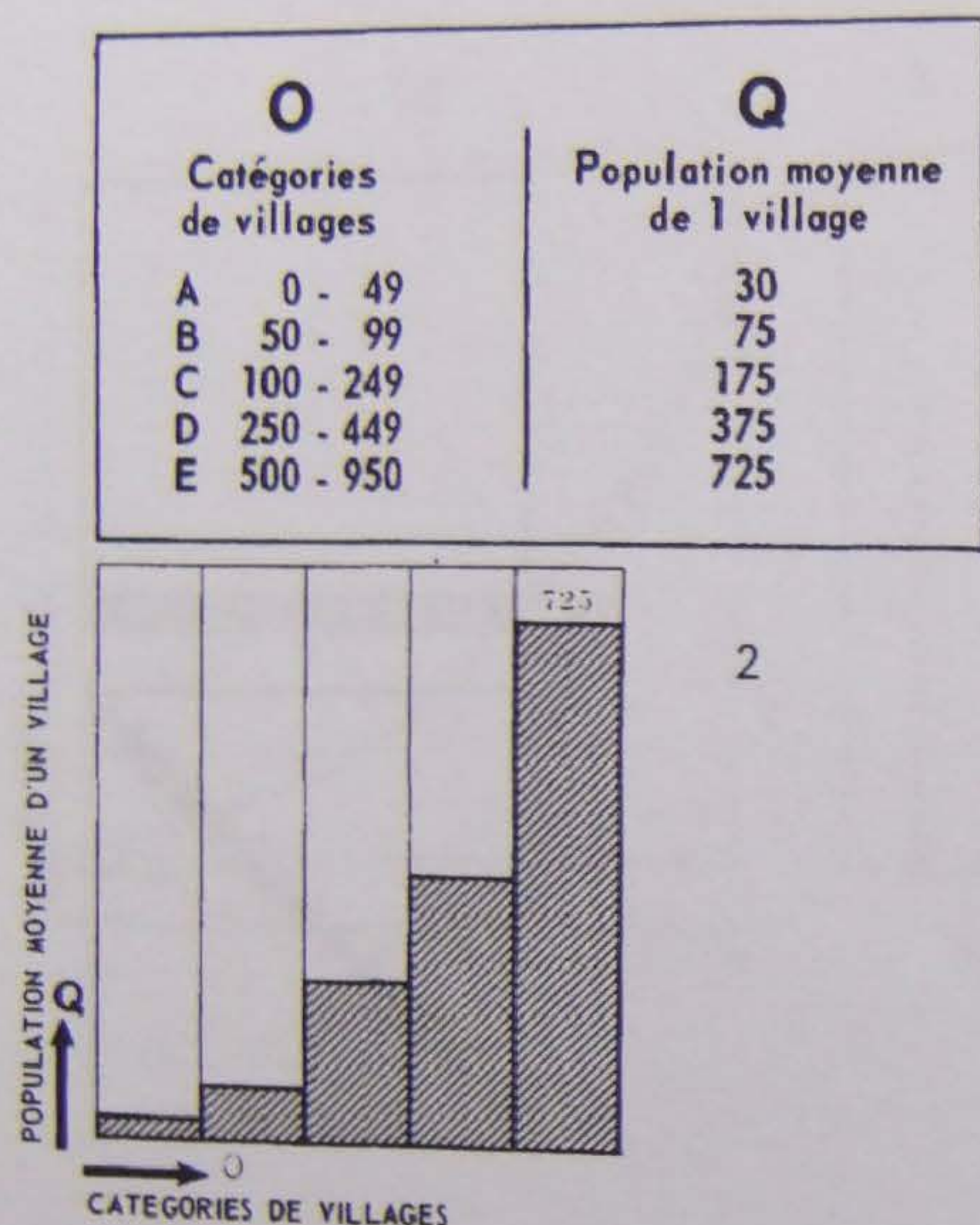
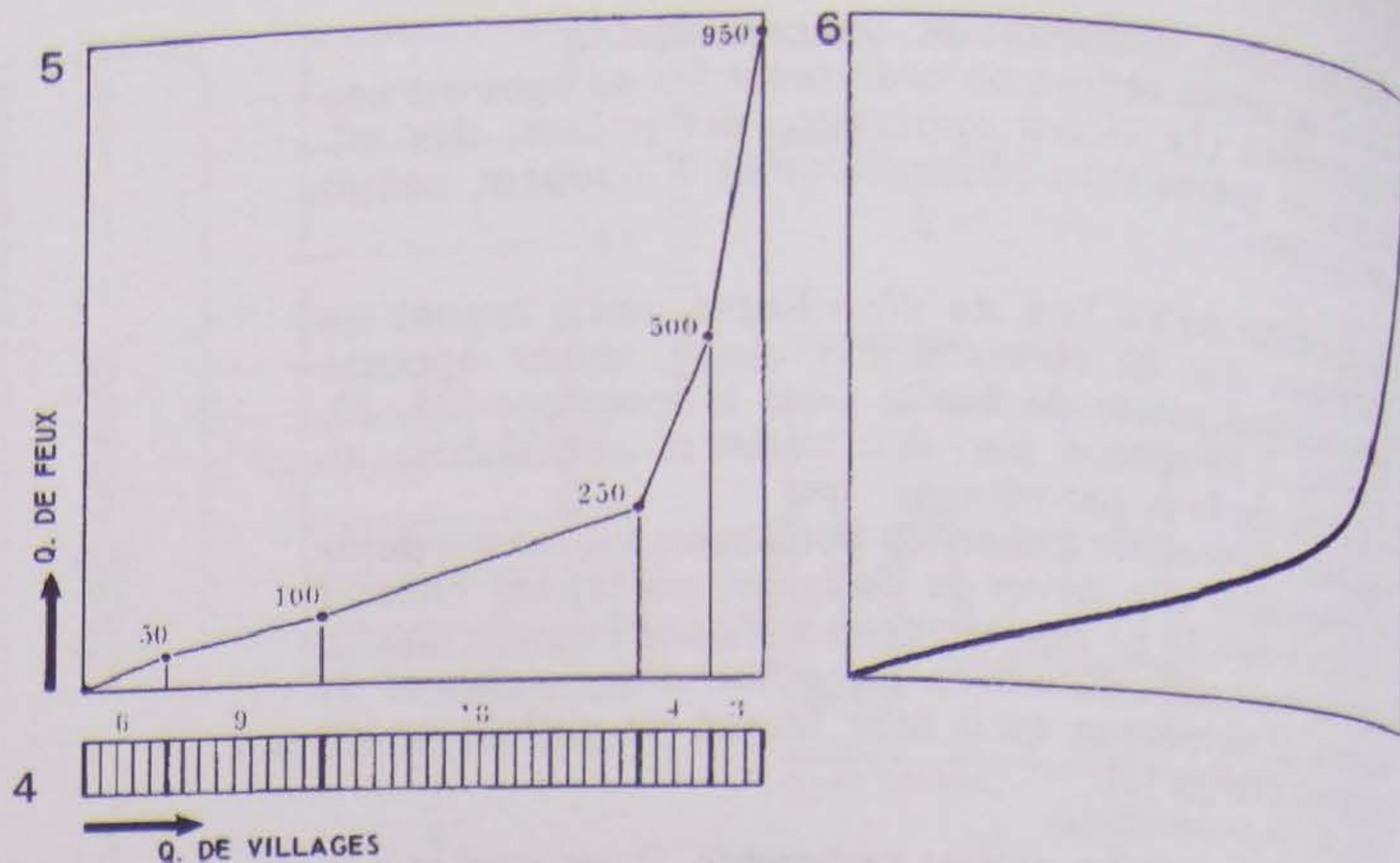
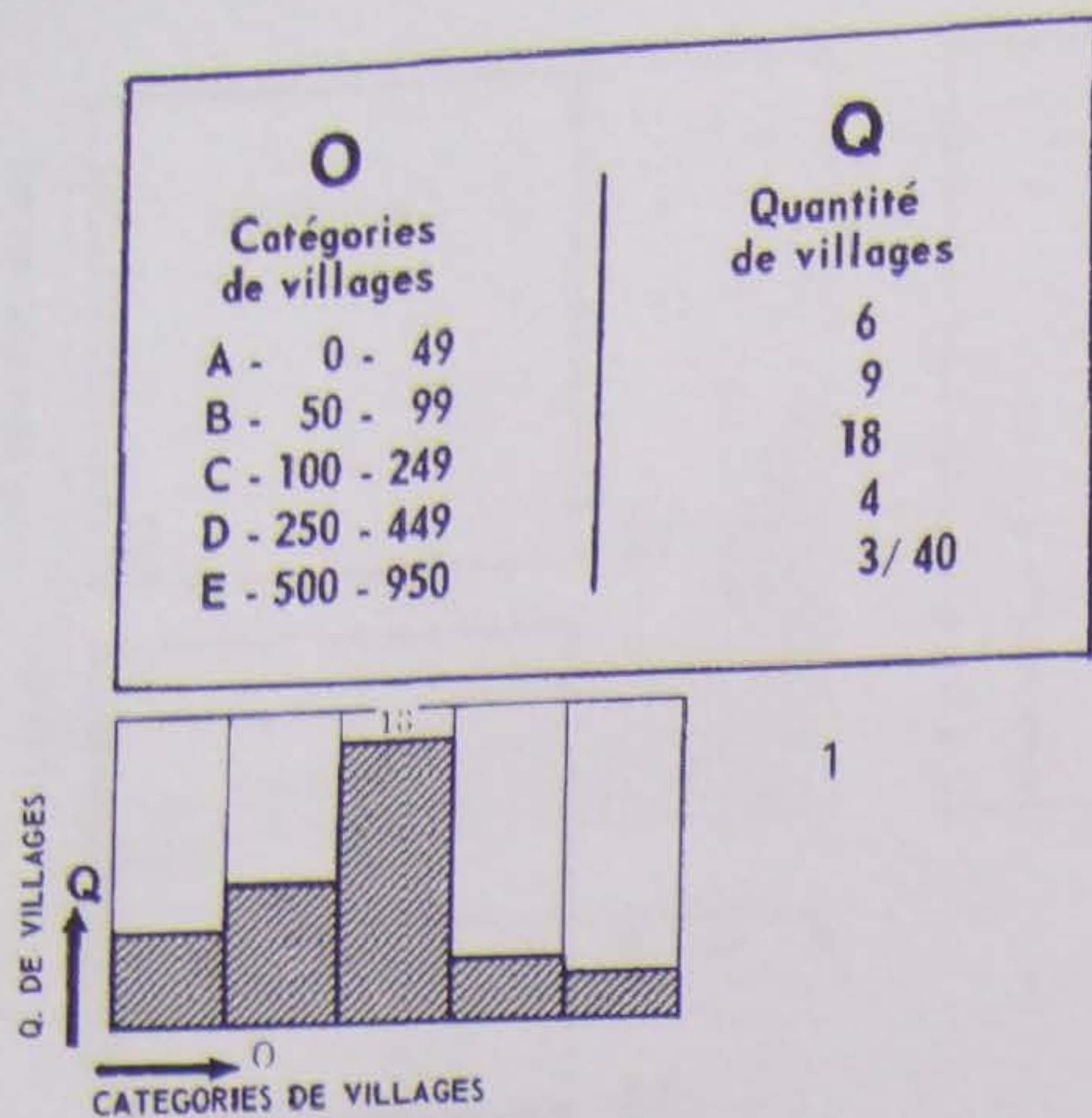
C'est ce que l'on obtient arithmétiquement en calculant les quantités cumulées (6), ou graphiquement : (7), (8). Les villages, les élèves, étant identifiés et numérotés sur l'une des coordonnées (9), pour être facilement repérés, on obtient le graphique (10), généralement remplacé par une courbe continue (11). C'est la courbe de **concentration**. Elle apporte la réponse (11) aux questions posées plus haut, réponse qui s'exprime par des pourcentages et témoigne de la plus ou moins grande "concentration" de la population dans un ou quelques villages (auquel cas la "répartition" aurait la forme (12) et la "concentration" la forme (13). Elle peut témoigner inversement d'une dispersion totale et égale de la population à travers tous les villages (auquel cas les courbes auraient les formes (14) et (15).

Si la concentration permet de définir par des nombres (11) quelques aspects spectaculaires d'une série quantitative\*, elle est surtout utilisée dans les problèmes à trois composantes, pour comparer et classer plusieurs phénomènes, indépendamment de leurs éventuels paliers internes, qui disparaissent pratiquement après le calcul cumulatif (v. 14, p. 111).

\* Grâce à la propriété d' "intégrale". On constate que le point (16) situé sur la courbe de concentration et correspondant à la moitié de la population totale, divise en deux surfaces égales (17) le diagramme de répartition. Tout point de (16) définit rigoureusement la surface correspondante découpée en (17) et l'on dit que la courbe de concentration est l' "intégrale" de la répartition.







**Q O (Q ≠)**

## LES RÉPARTITIONS, DISTRIBUTIONS, CONCENTRATIONS

(information par classes de quantités)

Soit l'information (1) qui exprime, par classes de quantités, la série étudiée précédemment.

**Considérée comme un problème Q O.** Les différentes classes A, B, C... sont considérées comme des catégories semblables et ordonnées : catégories de petits villages, de moyens, de grands villages... et leur construction graphique aboutit au diagramme (1).

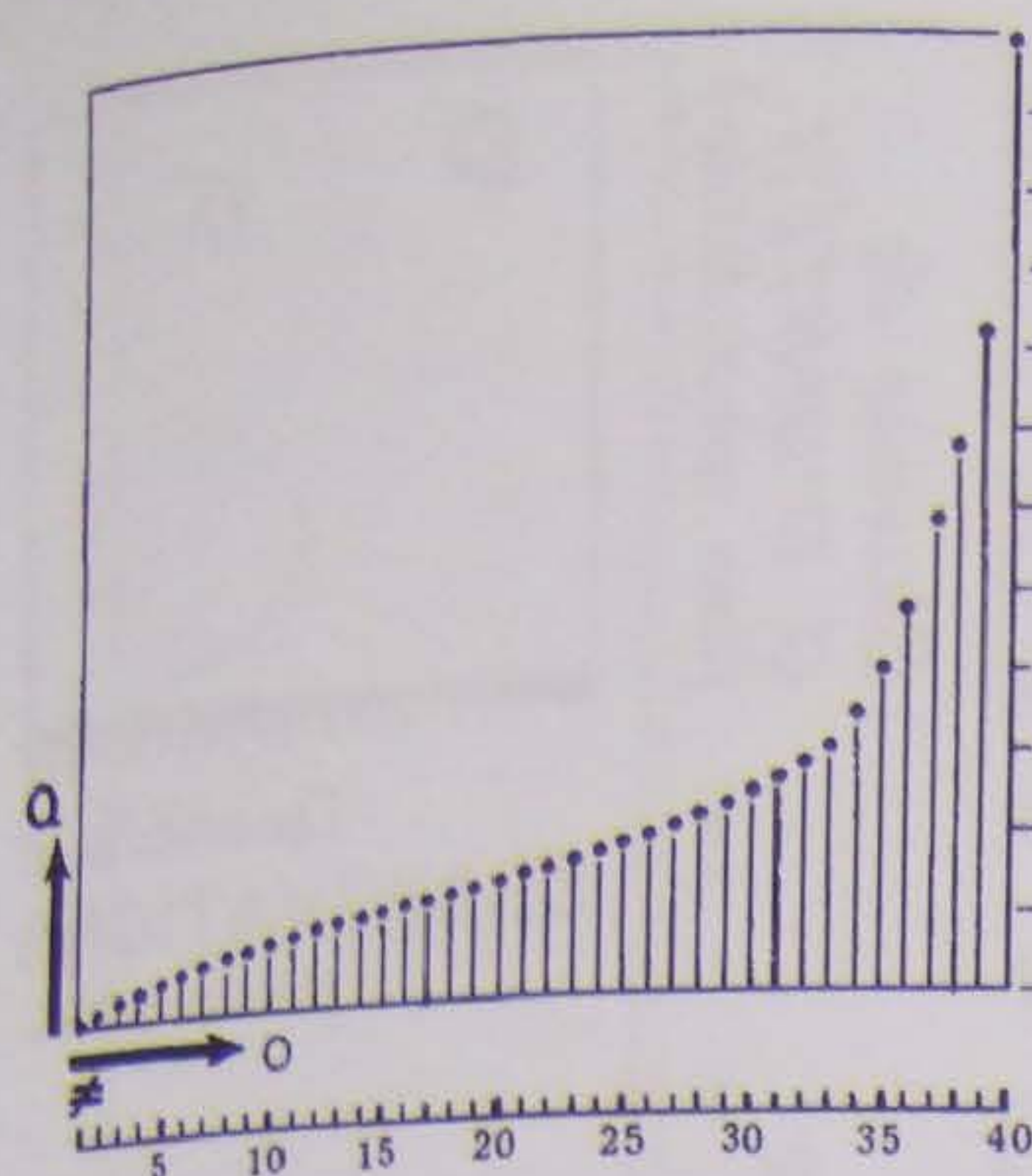
La série statistique contient cependant une autre information : la population moyenne d'un village, approximation qui se situe entre le plus petit et le plus grand village de chaque catégorie et que l'on peut calculer et construire (2). De ces deux données, il est facile de déduire la population totale de chaque catégorie et de la construire (3).

Mais ces constructions, liées aux définitions éminemment variables de chaque catégorie, ne peuvent être comparées à aucune autre série. Elles ne nous informent ni sur les types de village (paliers de la répartition) ni sur le nombre de villages qu'il faut grouper pour atteindre la moitié, le quart de la population, ni sur la quantité de population contenue dans la moitié, le quart des villages...

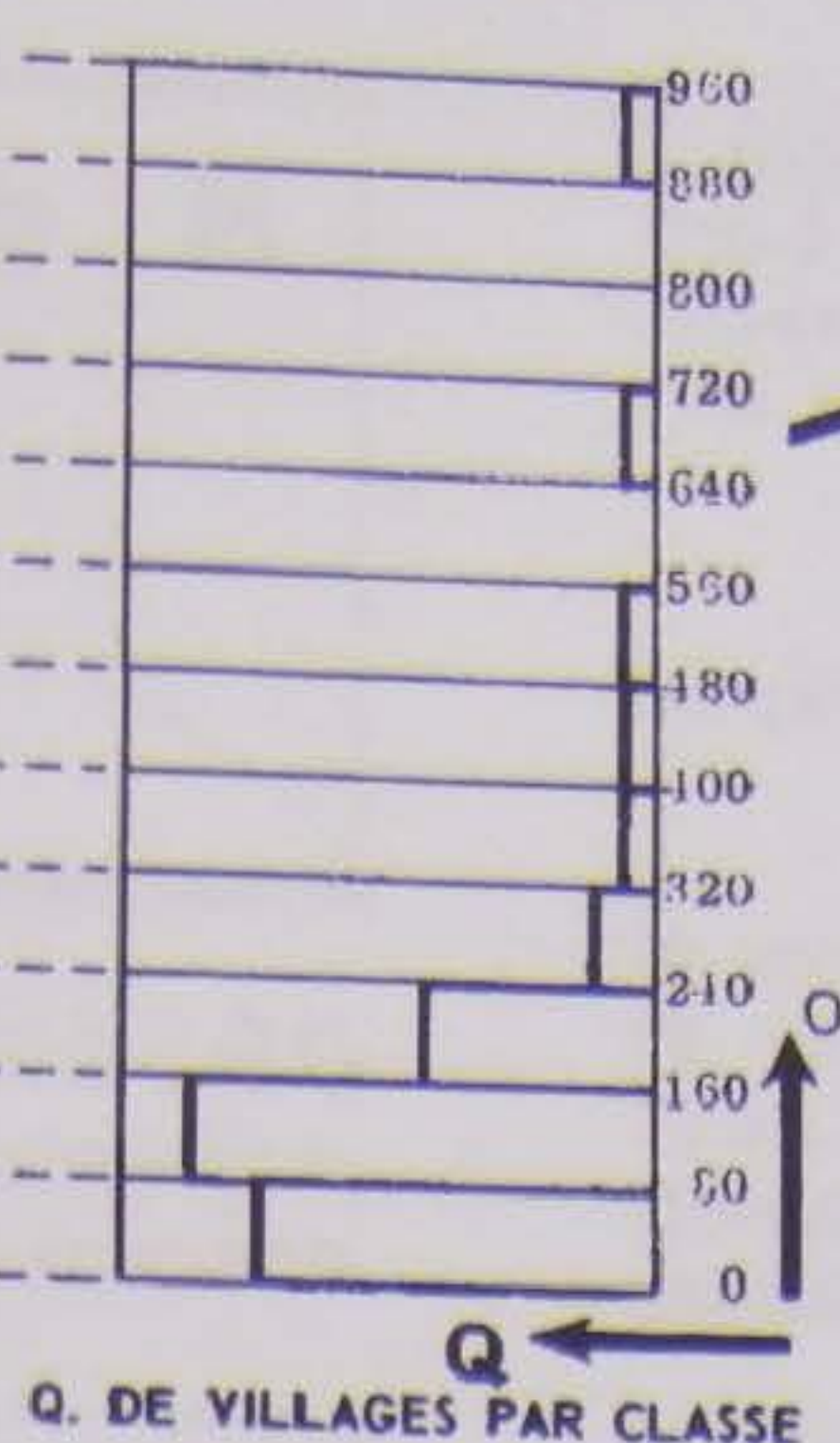
Ce sont pourtant les problèmes qu'il faut résoudre, car la plus grande partie de l'information statistique nous est connue par classe et il ne peut en être autrement. Or, pour répondre à ces questions, pour résoudre ces problèmes, il faut connaître la population de chaque village, la longueur de ficelle apportée par chaque élève, comme nous venons de le voir page précédente. En termes généraux il faut connaître la série statistique à l'élément près et non plus par classe, par groupe d'éléments.

C'est l'un des objets de la représentation graphique que de chercher à reconstituer la série statistique à l'élément près, à partir d'une information groupée par classes. La rigueur de cette reconstitution ne dépend que de la pertinence des classes de comptage.

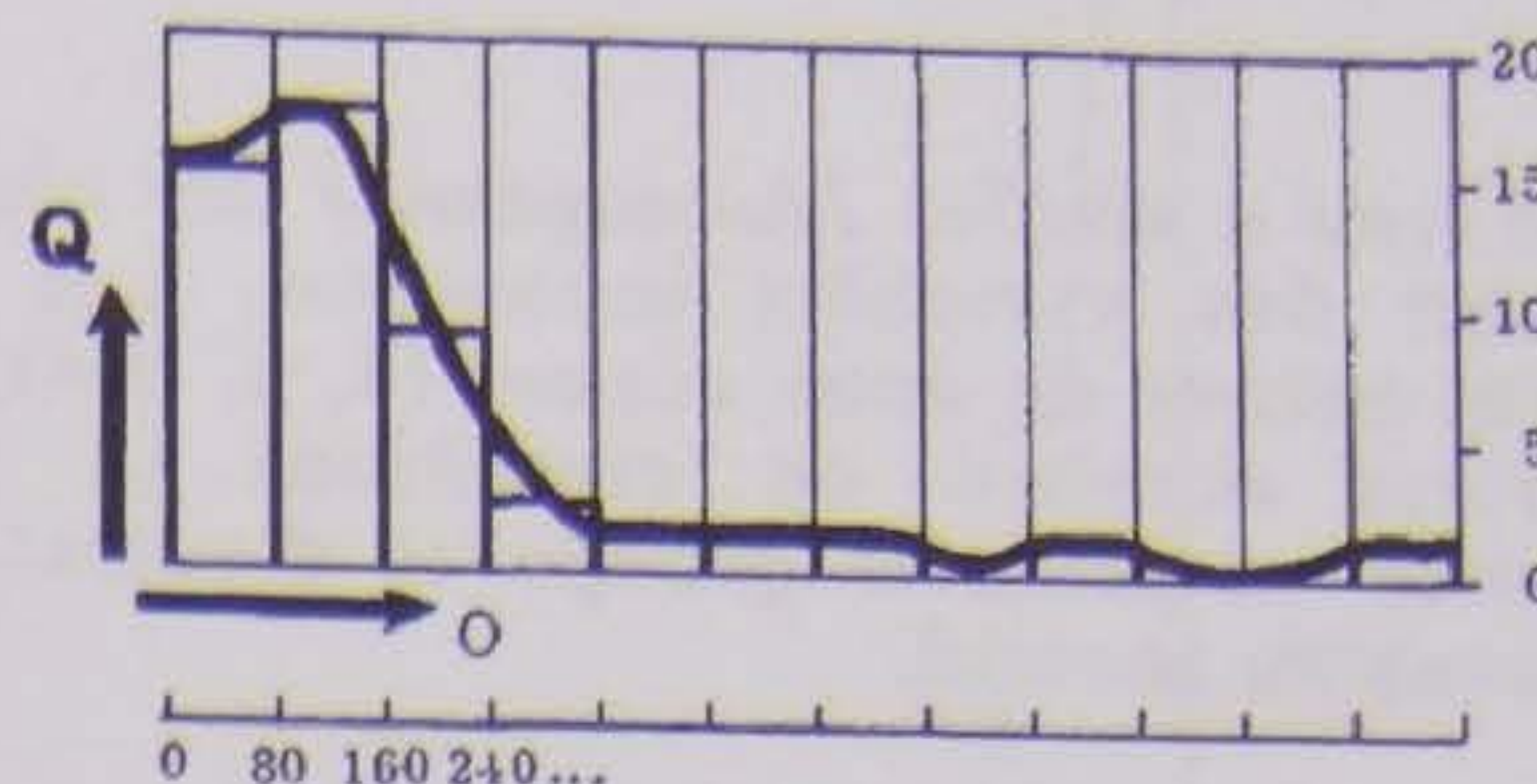




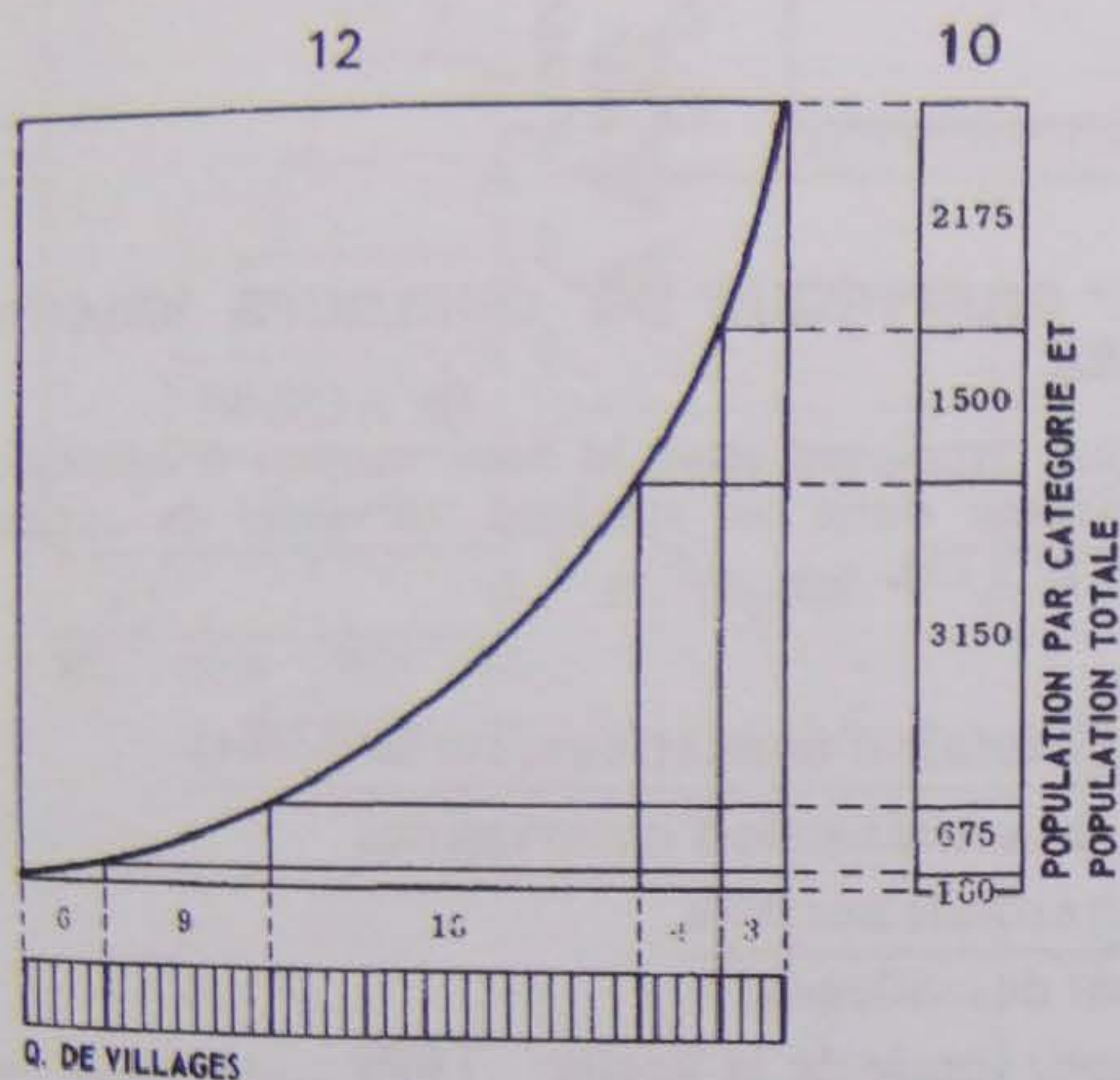
7



8



9

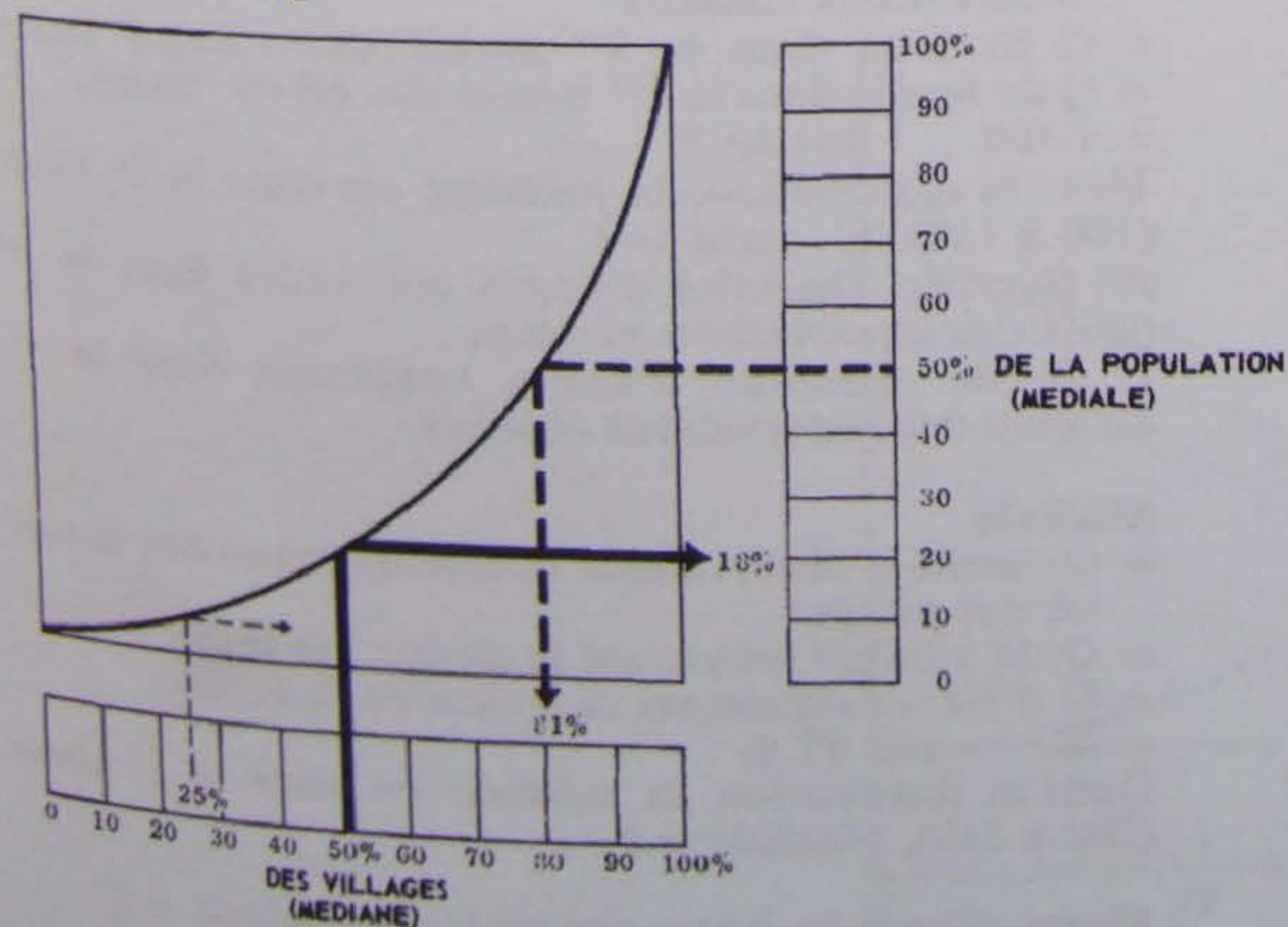


10

Q. DE VILLAGES

POPULATION PAR CATEGORIE ET  
POPULATION TOTALE

11



DES VILLAGES  
(MEDIANE)

Pour reconstituer la série à l'élément près, l'information (1) doit être :

Considérée comme un problème  $Q \neq$  c'est-à-dire comme un alignement de tous les villages, ordonnés suivant leur population. On peut alors calculer la population totale : quantité de population par village  $\times$  quantité de villages. On connaît en effet :

- 1°) le nombre total des villages : 40.
- Ils peuvent être alignés (cumulés) puis divisés suivant les catégories (4). Ce sont les Q de villages par classe.
- 2°) la population du plus petit et du plus grand village de chaque classe : 0 et 49, 50 et 99, 100 et 249... la droite qui relie ces points trace une approximation de la répartition (5).

Une courbe est généralement plus appropriée (6). Elle a des chances plus grandes de se rapprocher de la répartition réelle.

Cette courbe décrit la population de chaque village (7) telle qu'elle était connue page précédente (1), mais avec une approximation liée à la finesse (ou à la grossièreté) de l'information par classe.

A partir de cette construction (7), toutes les opérations de la page précédente sont possibles :  
Construction de la distribution (8) et (9), de la concentration (10), (11) et (12).  
Calcul de valeurs typiques (13).

Des 10 nombres de l'information (1), mais avec moins de finesse et de certitude il est vrai, on déduit les mêmes informations que d'une série connue à l'élément près. La série est caractérisée et s'introduit dans la typologie générale des répartitions, distributions et concentrations.



**La répartition** et la "courbe cumulative" tendent à décrire chacune des observations en les classant. Lorsqu'on connaît chaque observation, la courbe est exacte. Lorsque l'information est connue par classe, c'est une reconstitution approximative.

**La distribution** met en valeur les paliers de la répartition.

1 - Elle tend à vérifier l'homogénéité des observations et à déceler des variables inconnues. Les villages se groupent autour de deux classes (4, p. 204), il y a donc un certain nombre de conditions (à déterminer) communes au premier groupe et d'autres conditions communes au second.

2 - C'est un moyen de prévision et de calcul.

Une distribution portant sur un nombre élevé d'observations est une constante, tant que les conditions de l'observation sont constantes. Exemples : distribution constante de la cadence journalière des réponses à une lettre circulaire, qui permet de prévoir le nombre total des réponses qui parviendront, suivant le nombre des réponses des premiers jours.

Distribution constante des pièces trop grandes ou trop petites sortant d'une machine, qui permet de calculer le prix de revient d'une pièce, suivant diverses tolérances d'exactitude.

Distribution constante des décès suivant l'âge des individus, qui permet de calculer le tarif d'assurance-vie suivant l'âge de l'assuré.

3 - La comparaison des deux distributions est un moyen de contrôle.

Une distribution étant une constante, toutes choses égales, deux distributions observées dans des conditions identiques seront différentes si des facteurs imprévus s'introduisent dans l'observation.

C'est ainsi que l'on peut déceler, dans les exemples précédents :

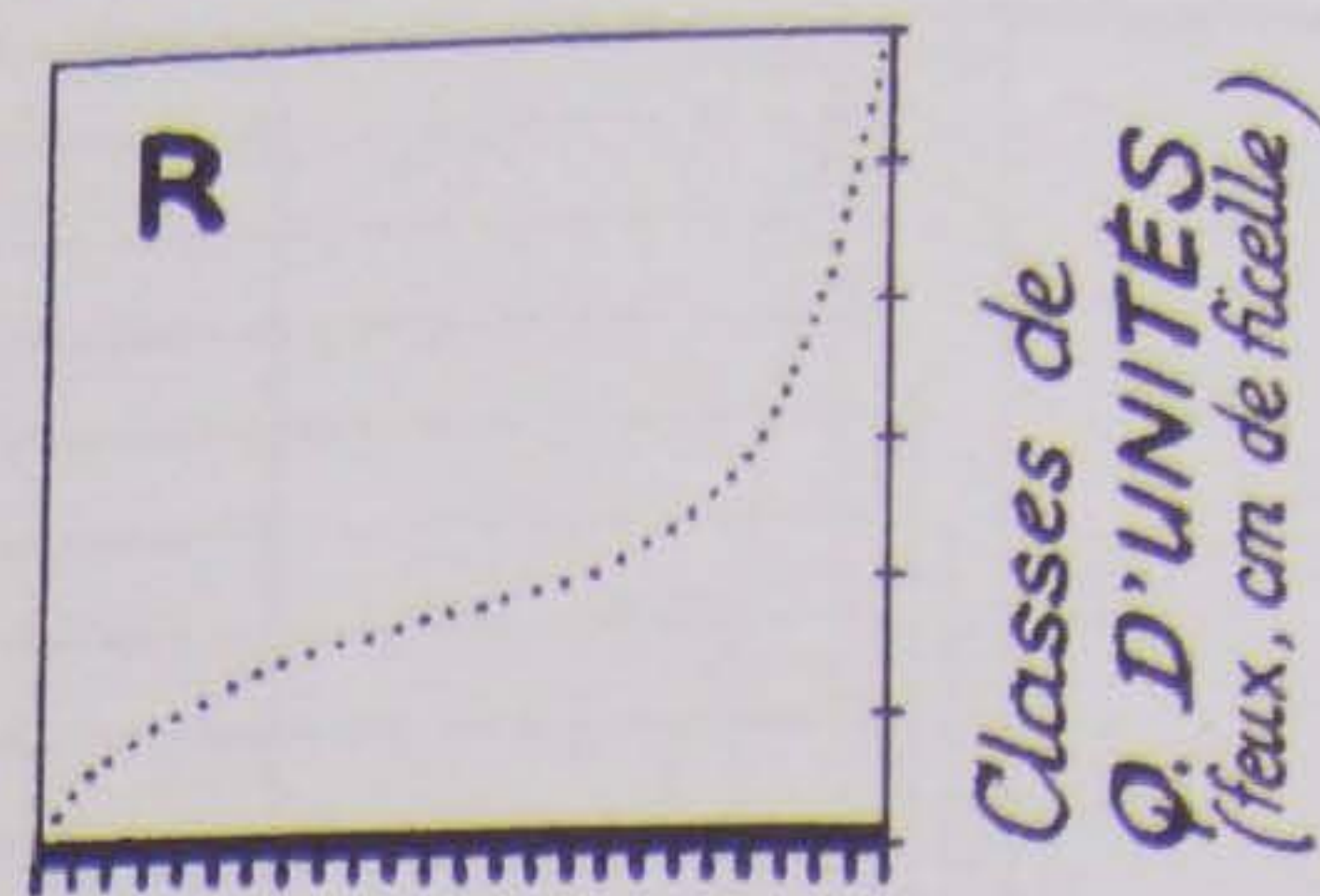
- une source d'erreurs dans la rédaction des adresses...
- une détérioration ou un manque de surveillance de la machine...
- une modification des conditions de vie...

**La concentration** permet de déterminer des nombres (médiane, médiale, partiles) qui sont des valeurs typiques de la série étudiée et la rendent comparable à d'autres séries.

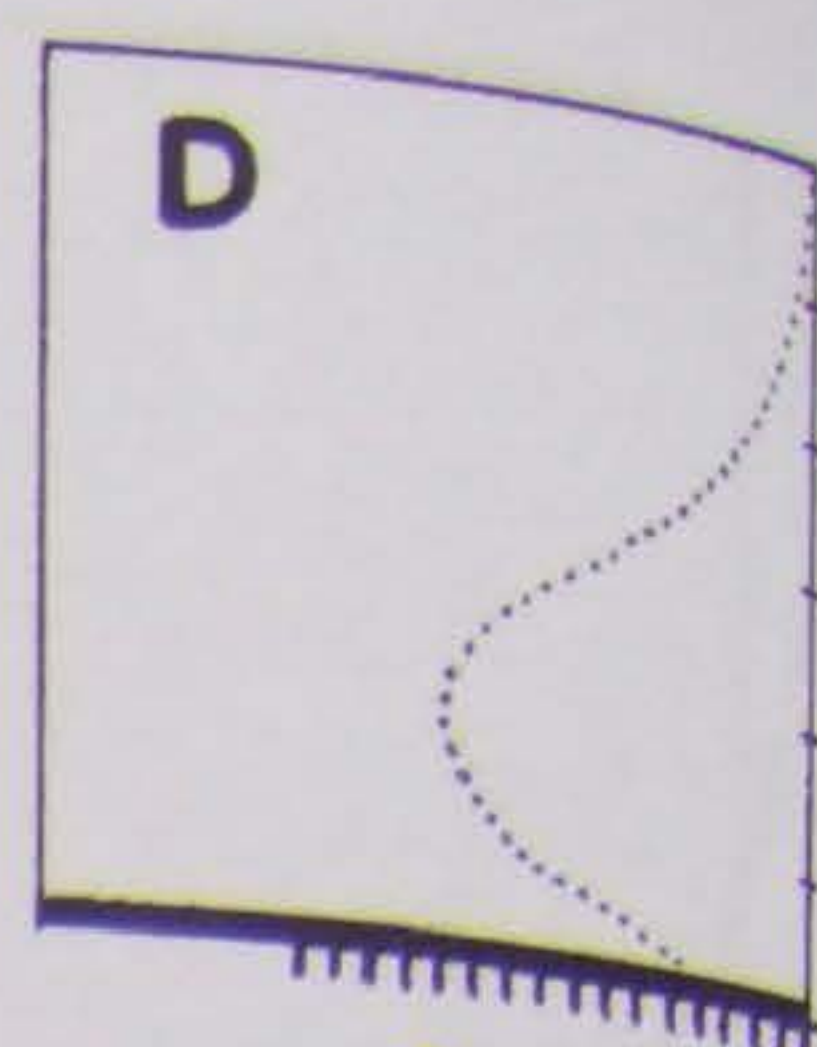
La comparaison de concentrations, par superposition sur un même dessin (14, p. 111) permet de classer plusieurs séries entre elles et de les réunir par groupes de séries semblables.

**La fréquence** - La comparaison de plusieurs distributions n'est possible que si elles portent sur le même total d'observations (ce qui est rarement le cas) ou si elles sont rapportées à un total commun (v. p. 247). On choisit comme total 1, 100 ou 1 000. Les quantités absolues d'observations, par classe sont alors exprimées en fréquence pour 1, pour 100, pour 1 000, et sont toutes comparables.

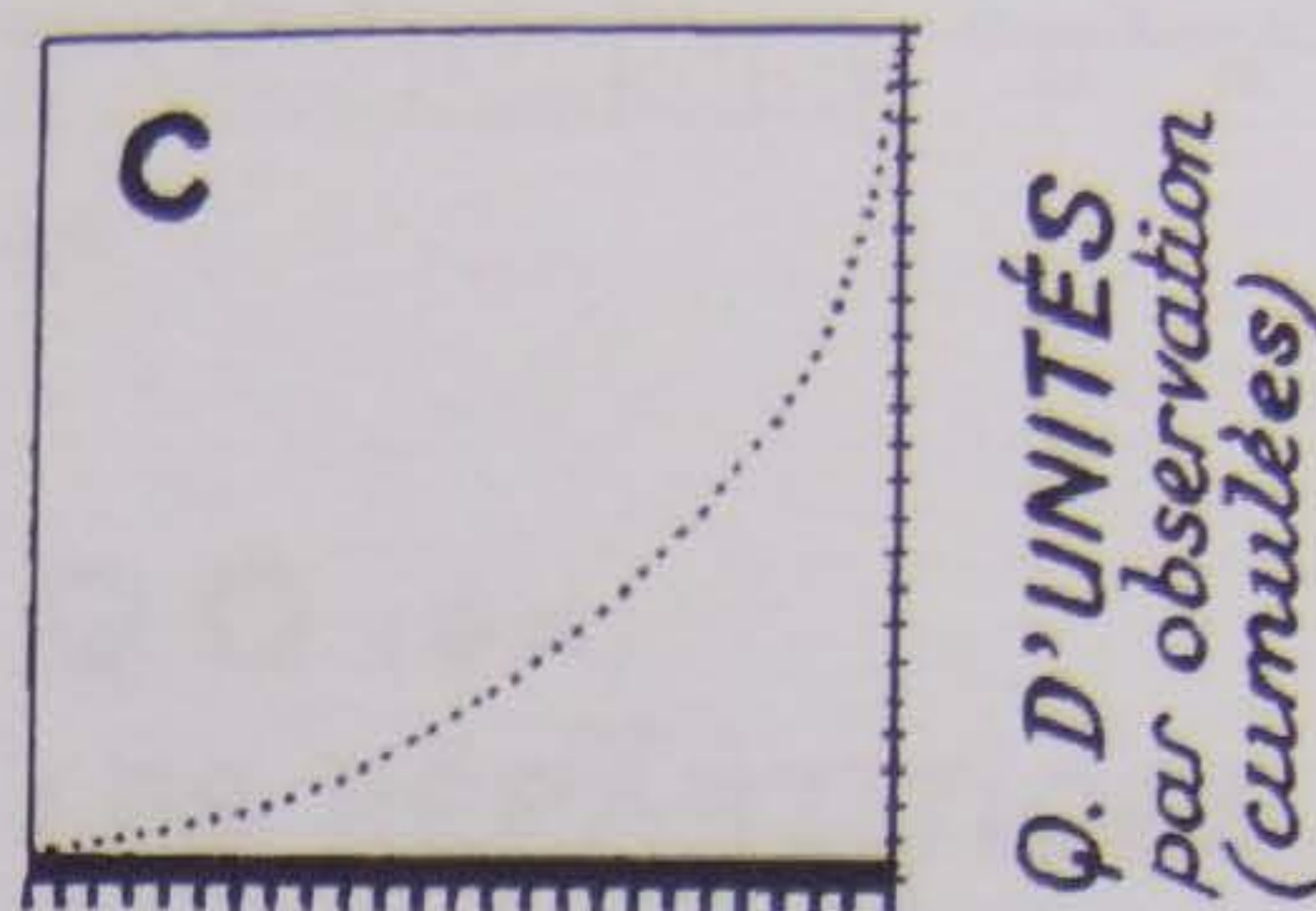
(On appelle quelquefois fréquence absolue la quantité absolue des observations par classe, dans une distribution. Dans ce cas, la fréquence pour 100 est dite fréquence relative).



**OBSERVATIONS**  
(villages, élèves)  
ordonnées suivant Q



Quantité d'  
**OBSERVATIONS**  
par classe



Q. D'UNITÉS  
par observation  
(cumulées)

## CALCUL GRAPHIQUE DE QUELQUES VALEURS TYPIQUES

Les valeurs typiques sont le seul moyen d'introduire un diagramme dans un système universel de comparaison (v. p. 173).

### Moyenne

$$= \frac{\text{Quantité totale d'unités (feux, cm de ficelle)}}{\text{Quantité totale d'observations}}$$

$$= \frac{\text{Quantité totale des feux}}{\text{Total des villages}}$$

$$= \frac{\text{Longueur totale de la ficelle}}{\text{Total des élèves}} = \frac{7\,680}{40} = 192 \text{ (feux, cm)}$$

Dans la distribution, la moyenne est dans la 4<sup>e</sup> classe (150 à 200). Moyenne = 4

### Médiane

$$= \text{Quantité d'unités contenues dans la 1<sup>re</sup> moitié des observations classées}$$

$$= Q \text{ de feux dans la 1<sup>re</sup> moitié des villages classés}$$

$$= Q \text{ de ficelle dans la 1<sup>re</sup> moitié des élèves classés}$$

$$= 1\,460 \text{ soit } 18 \%$$

Dans la distribution, la médiane est dans la 3<sup>e</sup> classe (100 à 150). Médiane = 3

**1<sup>er</sup> Quartile.** Quantité d'unités contenues dans le 1<sup>er</sup> quart des observations classées.

**1<sup>er</sup> Décile.** Quantité d'unités contenues dans le 1<sup>er</sup> dixième des observations classées.

### Médiale

$$= \text{Quantité d'observations (classées) réunissant la moitié des unités}$$

$$= Q \text{ de villages réunissant la moitié des feux}$$

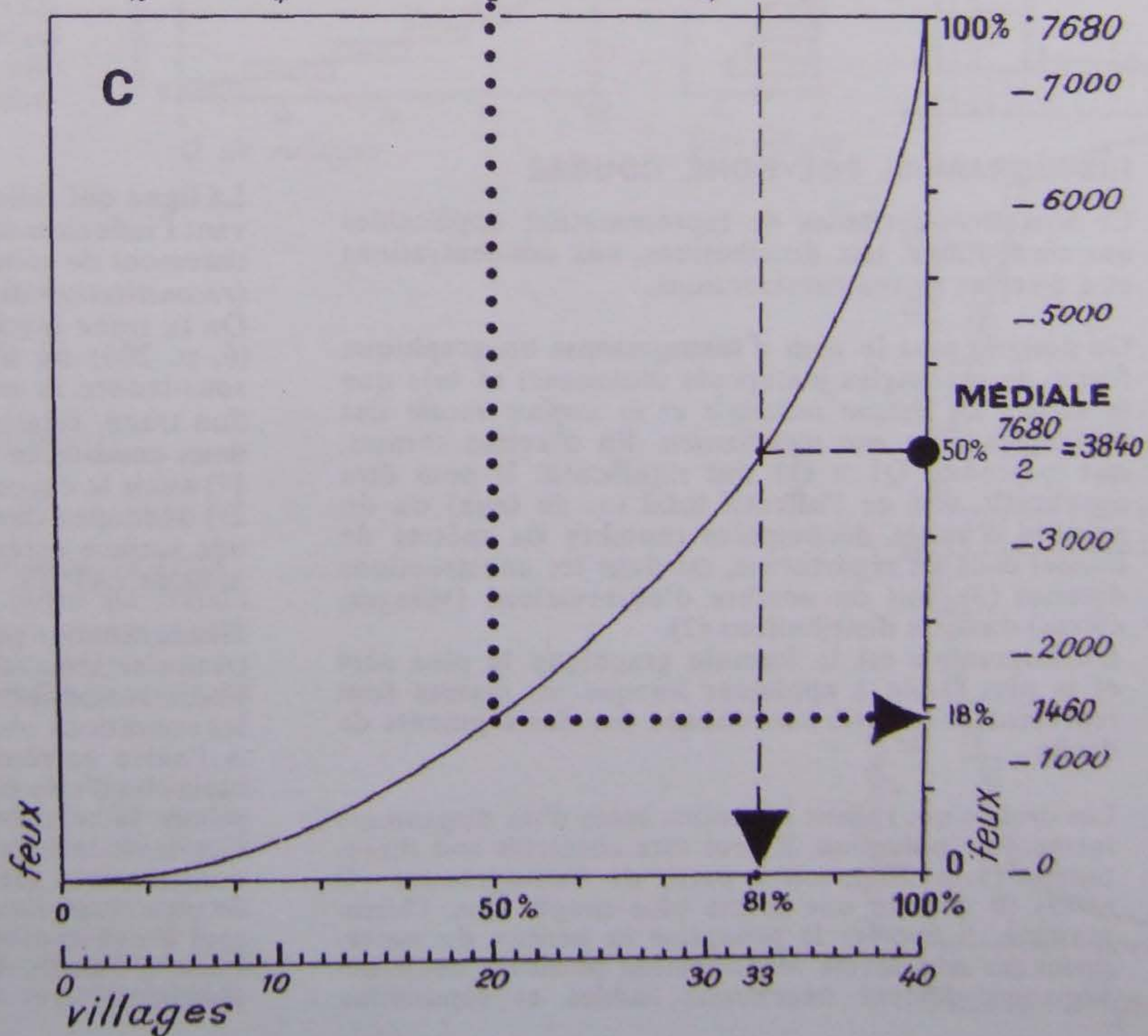
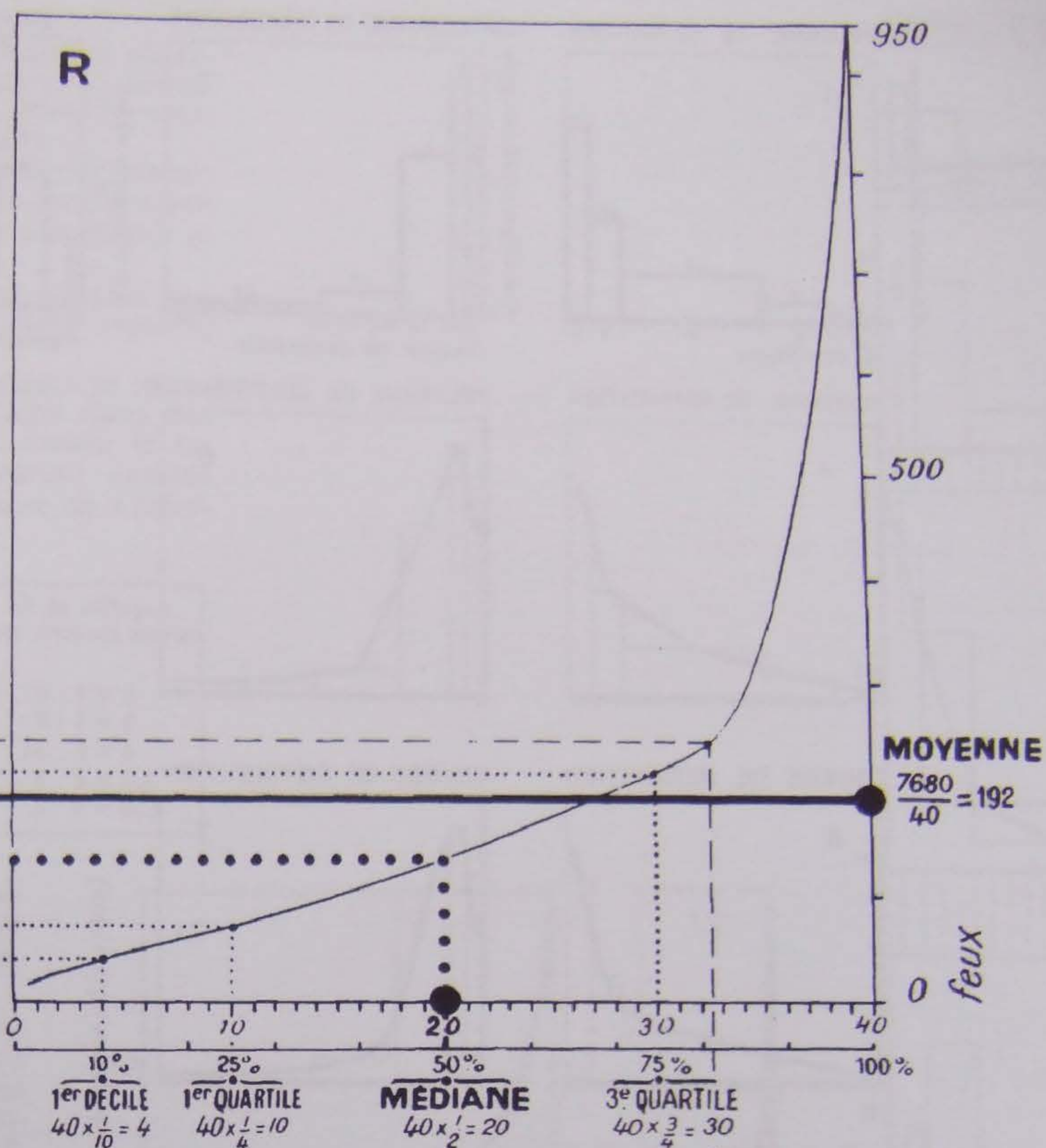
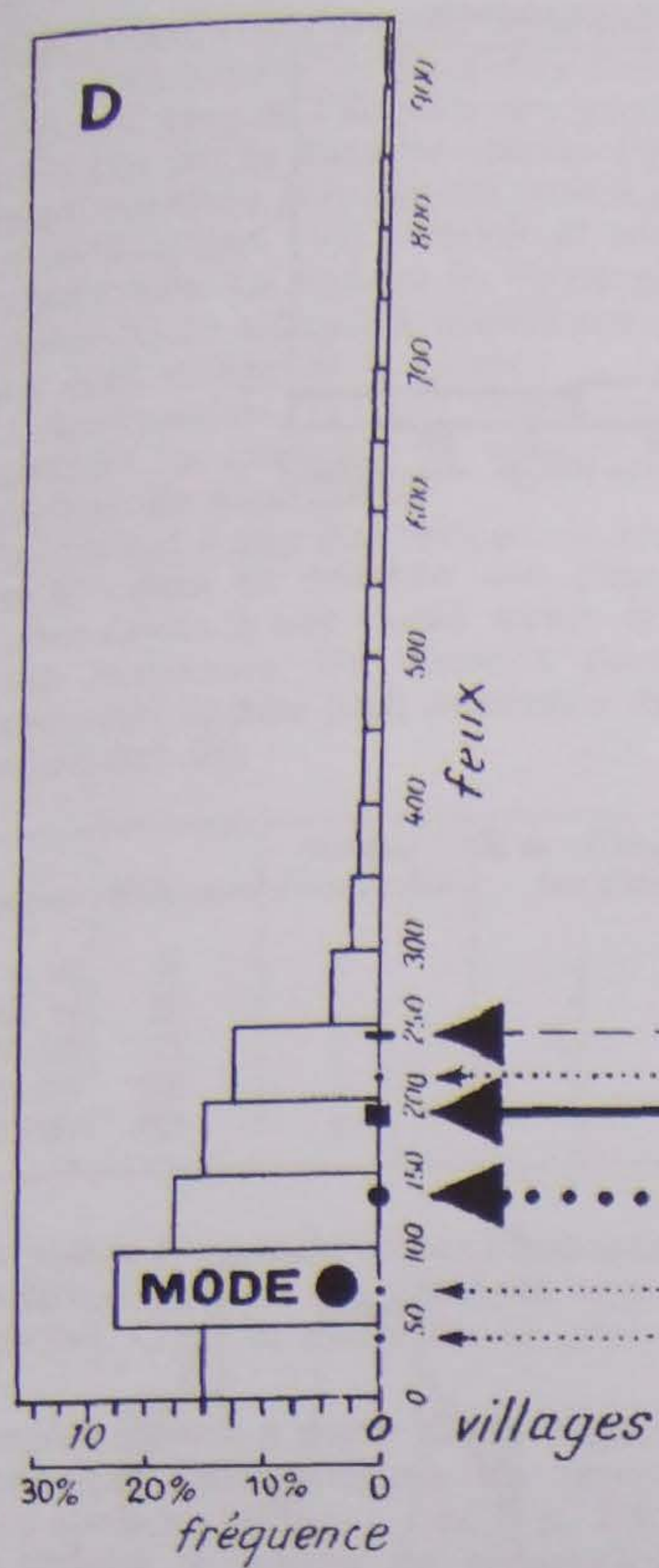
$$= Q \text{ d'élèves réunissant la moitié de la ficelle}$$

$$= 33 \text{ soit } 81 \%$$

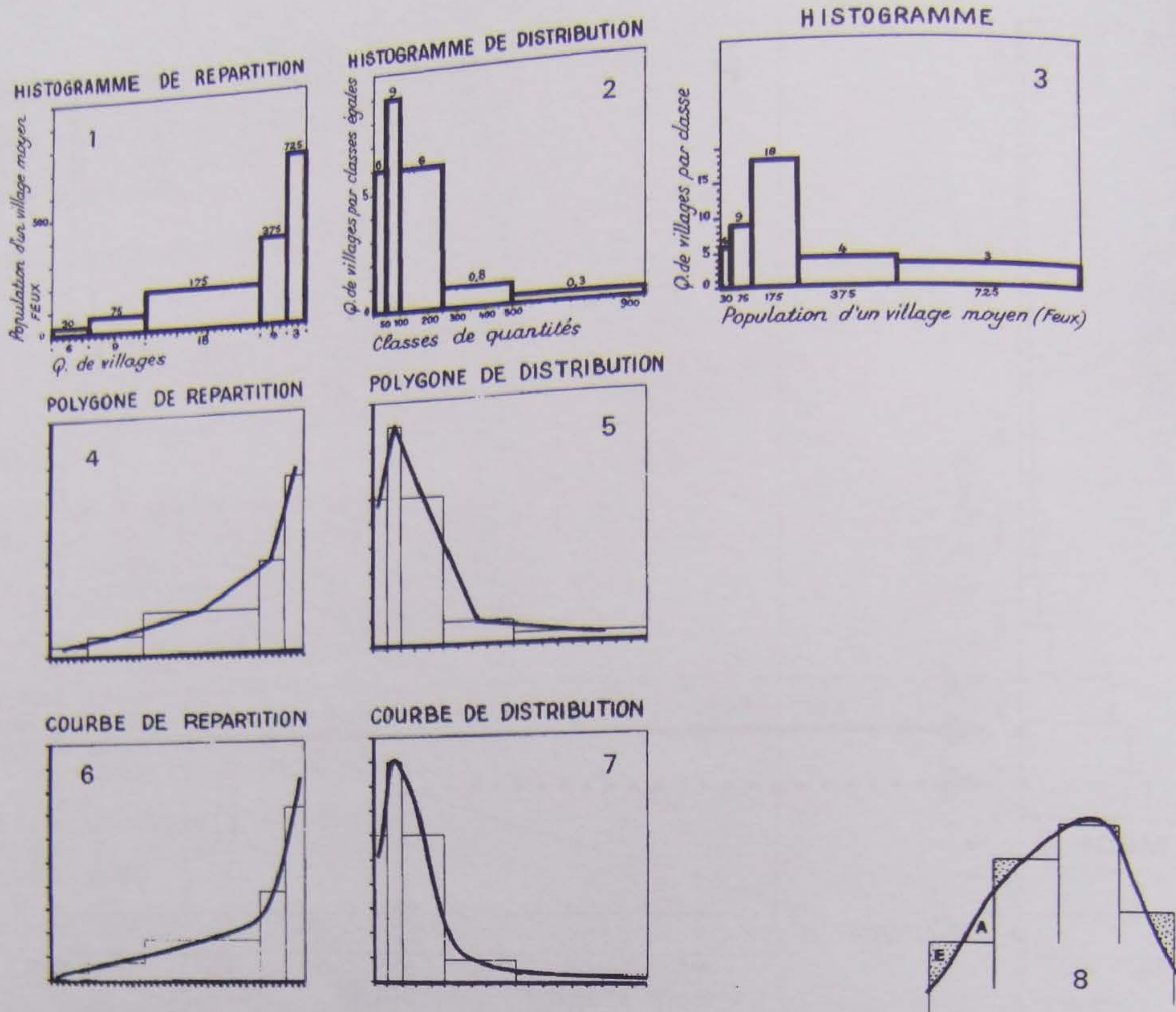
Dans la distribution, la médiale est dans la 5<sup>e</sup> classe (200 à 250). Médiale = 5

**Mode.** Classe de fréquence maximum. Mode = 2









## HISTOGRAMME, POLYGONE, COURBE

Ce sont trois formules de représentation applicables aux répartitions, aux distributions, aux concentrations et à diverses autres constructions.

On désigne sous le nom d'**histogramme** un graphique formé de rectangles juxtaposés (colonnes) et tels que la surface de chaque rectangle et la surface totale des rectangles aient une signification. En d'autres termes, que le produit  $Q_1 \times Q_2$  soit significatif. Il peut être significatif, soit de l'effectif total (n. de feux) ou du nombre d'unités décomptées (nombre de mètres de ficelle) dans les répartitions, ou dans les constructions diverses (3), soit du nombre d'observations (villages, élèves) dans les distributions (2).

L'histogramme est la formule graphique la plus sûre et la plus facile à appliquer lorsque les classes sont représentées sur une coordonnée par des segments de droite.

Les droites qui relient les points cotés d'un diagramme forment un **polygone**. Il peut être construit soit directement (5, p. 206), soit à partir de l'histogramme (4) et (5). Il dessine une forme plus simple que l'histogramme, il favorise la perception et permet de superposer sur une même identification plusieurs constructions qui restent néanmoins lisibles et séparables.

La ligne qui relie les points cotés d'un diagramme suivant l'inflexion minimum est une **courbe**. C'est l'aboutissement de toute représentation graphique par classe (*reconstitution de la série à l'élément près* (6) et (7)). On la trace à partir des points cotés et du polygone (6, p. 206) ou à partir de l'histogramme et elle doit sous-tendre la même surface que celui-ci.

Son tracé, relativement délicat, doit donc répondre à deux conditions :

- 1°) avoir le rayon maximum de courbure;
- 2°) découper dans chaque rectangle de l'histogramme une surface extérieure (E) égale à la surface intérieure ajoutée (A) (8).

Histogramme, polygone, courbe, représentent respectivement trois niveaux d'observation d'une relation bi-dimensionnelle. L'histogramme épouse au plus près les conditions objectives d'une expérience particulière. A l'autre extrémité, la courbe supprime les classes, variables d'une expérience à une autre, et tend à généraliser la relation à toutes les expériences possibles. Ces trois termes ne peuvent donc pas désigner des constructions spécifiques. On parlera ici d'histogramme de répartition, de distribution, etc., réservant le terme seul à des constructions telles que (3) qui ne sont ni l'une ni l'autre. Il en sera de même pour polygone et courbe.



## CONSTRUCTION D'UNE DISTRIBUTION

Une "distribution" (c'est-à-dire distribution des observations le long de l'échelle des quantités) n'est concevable que sur la base de classes égales. Pour la construire, quelques précautions sont à prendre :

La construction (10) (classes et quantités par classe) est mauvaise. La surface du rectangle n'a pas de signification (Q de villages  $\times$  différence entre plus grand et plus petit village de la classe).

La construction (11) qui aligne tous les villages (en cumulant les quantités de villages par classe) trace le polygone de répartition.

On parvient à une distribution de trois manières :

**Par le calcul** du nombre des observations dans des classes égales à une classe unité. Il faut établir le tableau ci-dessous. On choisira généralement comme classe-unité le plus petit intervalle de classe de l'information (ici 50),

Classes	différence	Nombre d'intervalles	Q de villages par classe	Q de villages par classes égales
0- 49	50	1	6	$6 : 1 = 6$
50- 99	50	1	9	$9 : 1 = 9$
100-249	150	3	18	$18 : 3 = 6$
250-499	250	5	4	$4 : 5 = 0,8$
500-950	450	9	3	$3 : 9 = 0,3$

Le tableau permet de tracer l'histogramme de distribution (2) (ou (9) dans une autre échelle). C'est la méthode la plus sûre.

### Graphiquement à partir de la répartition.

Construire l'histogramme de répartition (1) d'après les tableaux 1 et 2, p. 206, puis en déduire la courbe de répartition (6). Partager cette courbe en classes égales (12) et tracer l'histogramme de distribution (13). C'est la méthode la plus fine, mais elle exige un dessin de précision. (La distribution (13) est plus fine que (14).)

### Tracé direct.

On construit (10) et l'on divise graphiquement chaque rectangle par le nombre d'intervalles unitaires (en traçant la diagonale du rectangle, puis l'horizontale à partir de l'intersection S (14). C'est la méthode la plus rapide.

## CONSTRUCTION D'UNE RÉPARTITION A PARTIR DE LA DISTRIBUTION

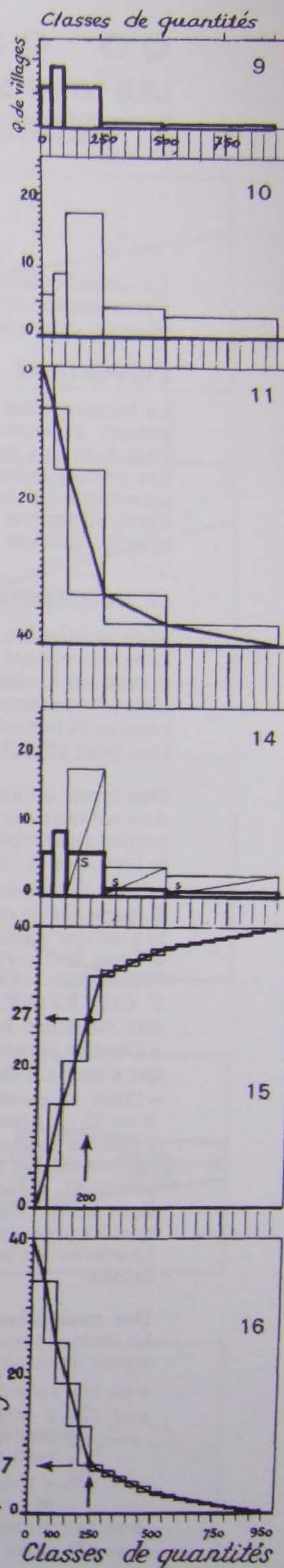
(courbe "cumulative")

On peut tirer d'une distribution le diagramme "CUMULATIF" en opérant comme en (15) à partir de classes égales établies en (14). On adopte généralement la formule de la courbe. Elle est semblable à la "répartition" (6), (11) et (12). Simplement l'ordre des villages est inversé.

Elle peut être construite de deux façons :

(15) Cumulative croissante ou "nombre d'observations inférieur à...", ou "cumulative moins de..." (Exemple : Combien y a-t-il de villages de moins de 200 feux ? réponse 27).

(16) Cumulative décroissante ou "nombre d'observations supérieur à..." ou "cumulative plus de..." (Exemple : Combien y a-t-il de villages de plus de 250 feux ? réponse 7). On restitue ainsi la répartition (12).





# Q O Q Q

## LES CHRONIQUES

(Deux composantes non ordonnables)

La simplification ne peut résulter de la mise en ordre d'une composante ordonnable, et les formules graphiques dépendent de la **fonction visée**.

### L'INVENTAIRE

La transcription graphique de deux séries ordonnées permet au lecteur de lire une valeur de la courbe, c'est-à-dire de retranscrire dans le langage verbal l'une des correspondances de la relation. La courbe est un inventaire qui remplace (mal) le tableau de chiffres. Cette utilisation sollicite la lecture élémentaire et les échelles doivent être détaillées (papier millimétré).

### LE TRAITEMENT

Mais la fonction essentielle de ces diagrammes à deux composantes est la réduction de la longueur des composantes par traitement interne (l'information devient à trois composantes lorsqu'on envisage une comparaison externe et le problème graphique est différent). Le lecteur peut chercher :

#### Des types de structure dans la relation.

Aux niveaux moyens de lecture, la courbe présente des parties semblables entre elles, que l'on peut définir par la forme et la "durée". Par exemple :

- Dans la courbe des prix (1) les parties A (stabilité), B (périodes de crise), C (montée des prix) que l'on peut rencontrer plusieurs fois le long de la composante O.
  - Dans la courbe (2) : rendement du blé en France (1840-1939 - Statistique agricole in E. MORICE et F. CHARTIER - Méthode statistique I.N.S.E.E., Paris), une structure homogène.
  - Dans la pyramide des âges (3), des "classes creuses" qui s'insèrent dans la continuité.
  - Dans la courbe sismographique (4), des phases A, B ou C.
  - Dans la coupe de terrain (5), des types de structure A (monoclinale), B (synclinal perché), C (collines), D (dépression), E (mont).
- Pour cette recherche, le rédacteur graphique reliera tous les points entre eux ou tracera des colonnes. L'exhaustivité est impérative. Les angles fins doivent rester lisibles.

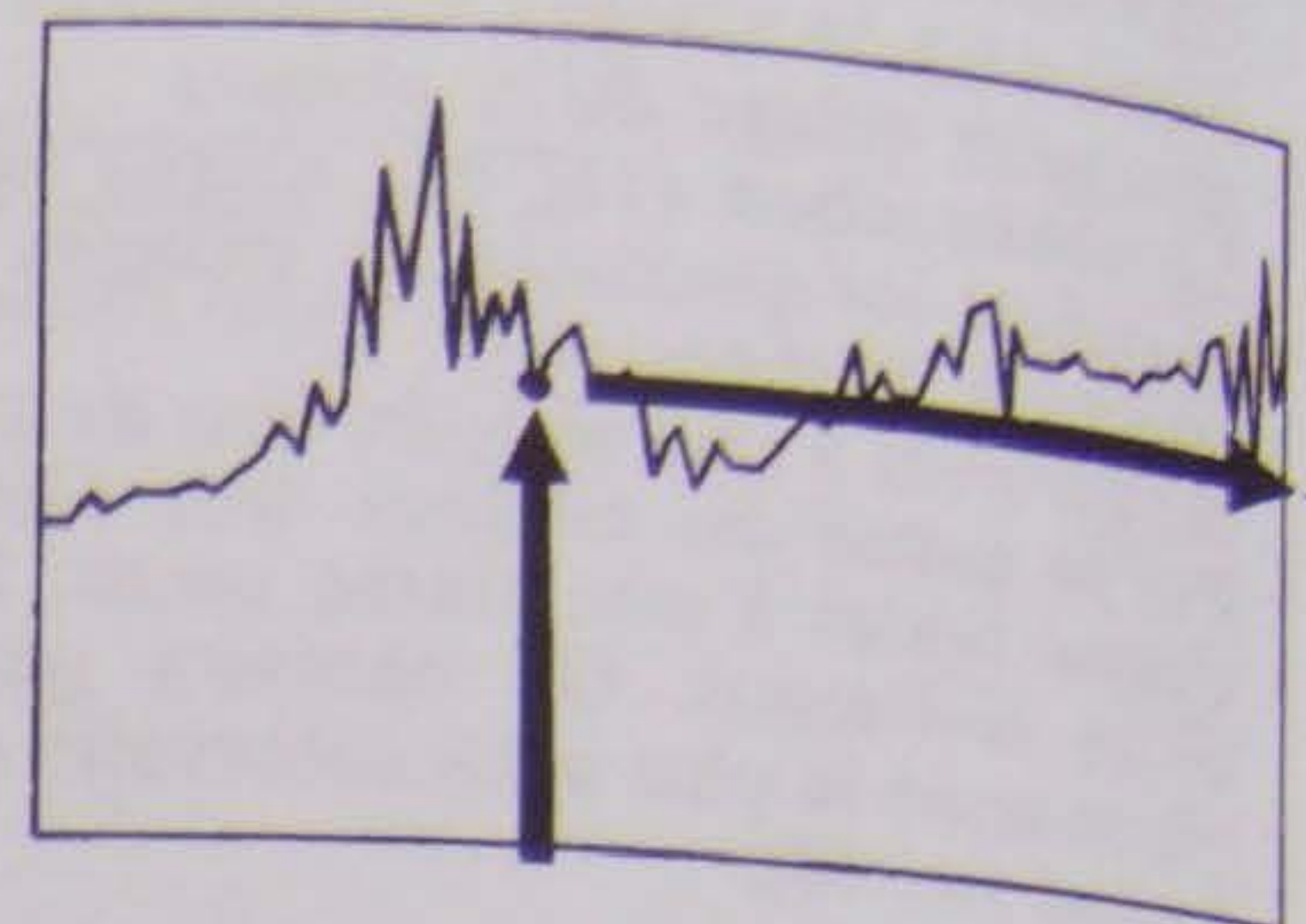
#### Des catégories dans la composante O.

Le lecteur peut chercher à réduire le nombre des catégories de la composante O et par exemple :

- en (1), ramener le temps à quatre périodes m, n, o, p.
- en (2), à trois périodes m, n, o séparées par une indentation mise en évidence par la moyenne mobile.
- en (3), à trois catégories de générations séparées par le "creux".
- en (4), à quatre périodes de crise.
- en (5), à six régions géographiques.

## INVENTAIRE

Lecture élémentaire



Le niveau de la réduction est libre et le nombre des groupements retenus (la simplification par lissage) sera plus ou moins grand suivant le public visé. L'instituteur ne définira en (5) que deux types de relief : montagnes (B + E), collines (A + C + D) et cinq régions (m, n, o + p, q, r). Le nombre des groupements résulte d'un choix. C'est ici qu'interviennent les procédés mathématiques\* de simplification (moyennes mobiles, moindres carrés, équations de récurrence...) qui impliquent aussi un choix mais qui gardent le bénéfice d'une définition rigoureuse et par conséquent transposable.

#### Une corrélation entre les deux concepts d'ordre.

En lecture d'ensemble la courbe souligne une tendance générale qui peut être significative.

- en (1), les prix, toutes choses égales (ce qui reste évidemment très problématique) croissent avec le temps.
- en (2), le rendement (et ici "toutes choses égales" peut avoir un sens) croît avec le temps, ce qui souligne nettement le "progrès" des moyens humains.
- en (3), la lecture d'ensemble fournit une appréciation de la vitalité d'une population.
- en (4), elle témoigne d'une tendance générale vers le calme.
- en (5), de la pente générale de la région considérée. Les "nuages" de points favorisent la lecture d'ensemble et l'on recherchera par les échelles un équilibre se rapprochant du carré et d'une diagonale à 45°.

### LE MESSAGE

Le message simplifié, résultant du traitement, sera transcrit par une courbe qui peut généralement être superposée à l'information exhaustive et qui se sélectionnera par une visibilité plus grande (plus grande épaisseur du trait).



# TRAITEMENT

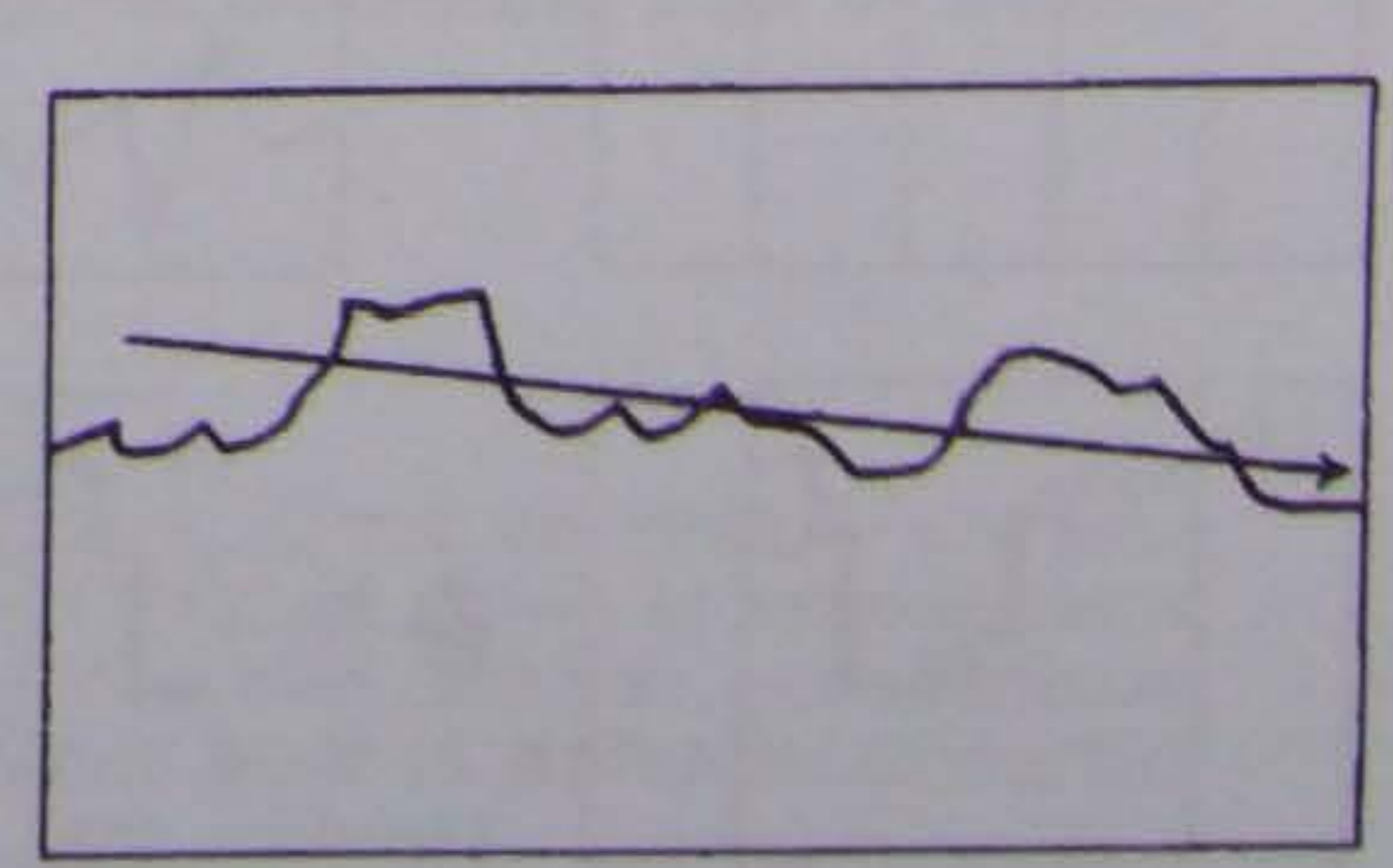
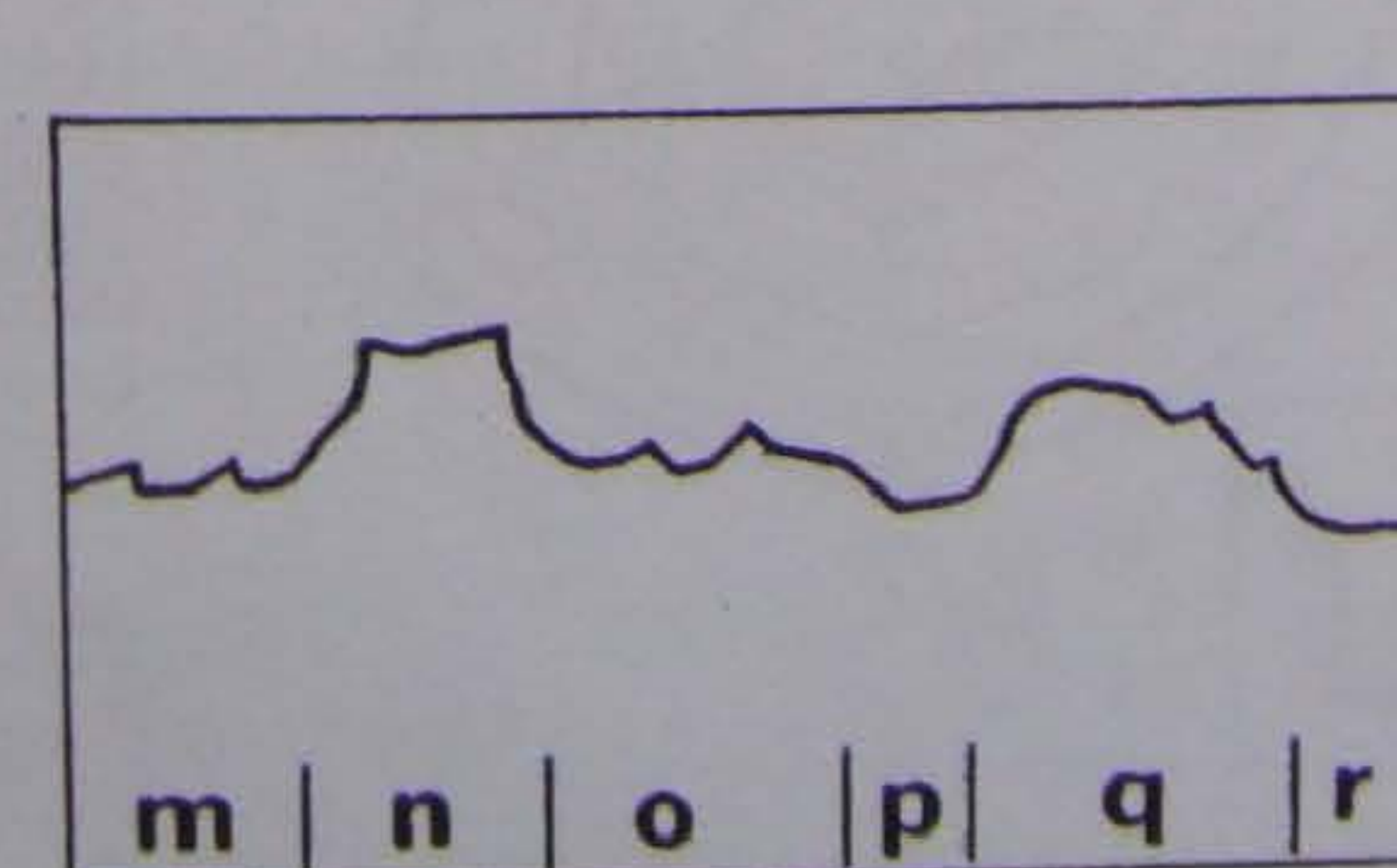
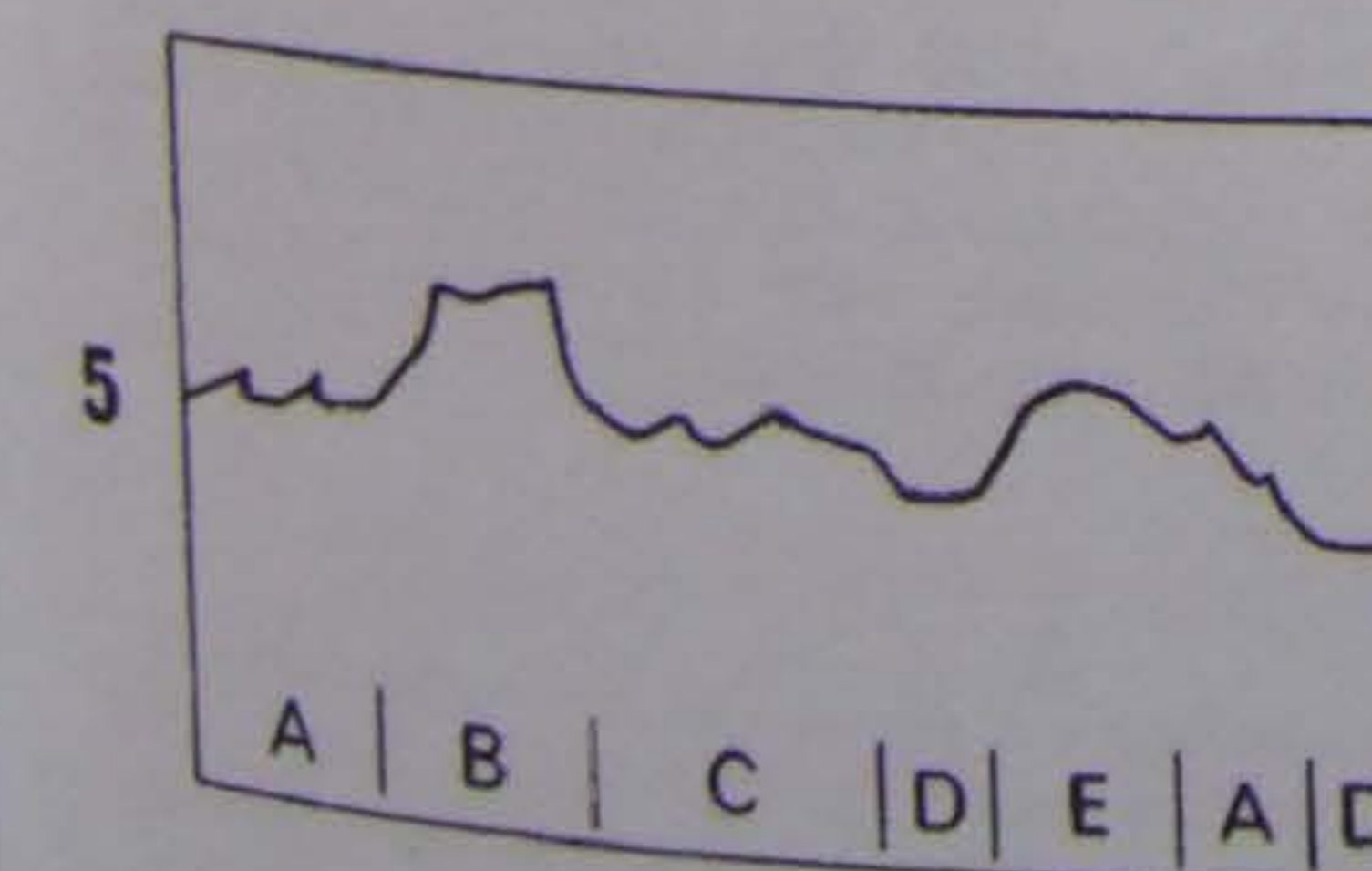
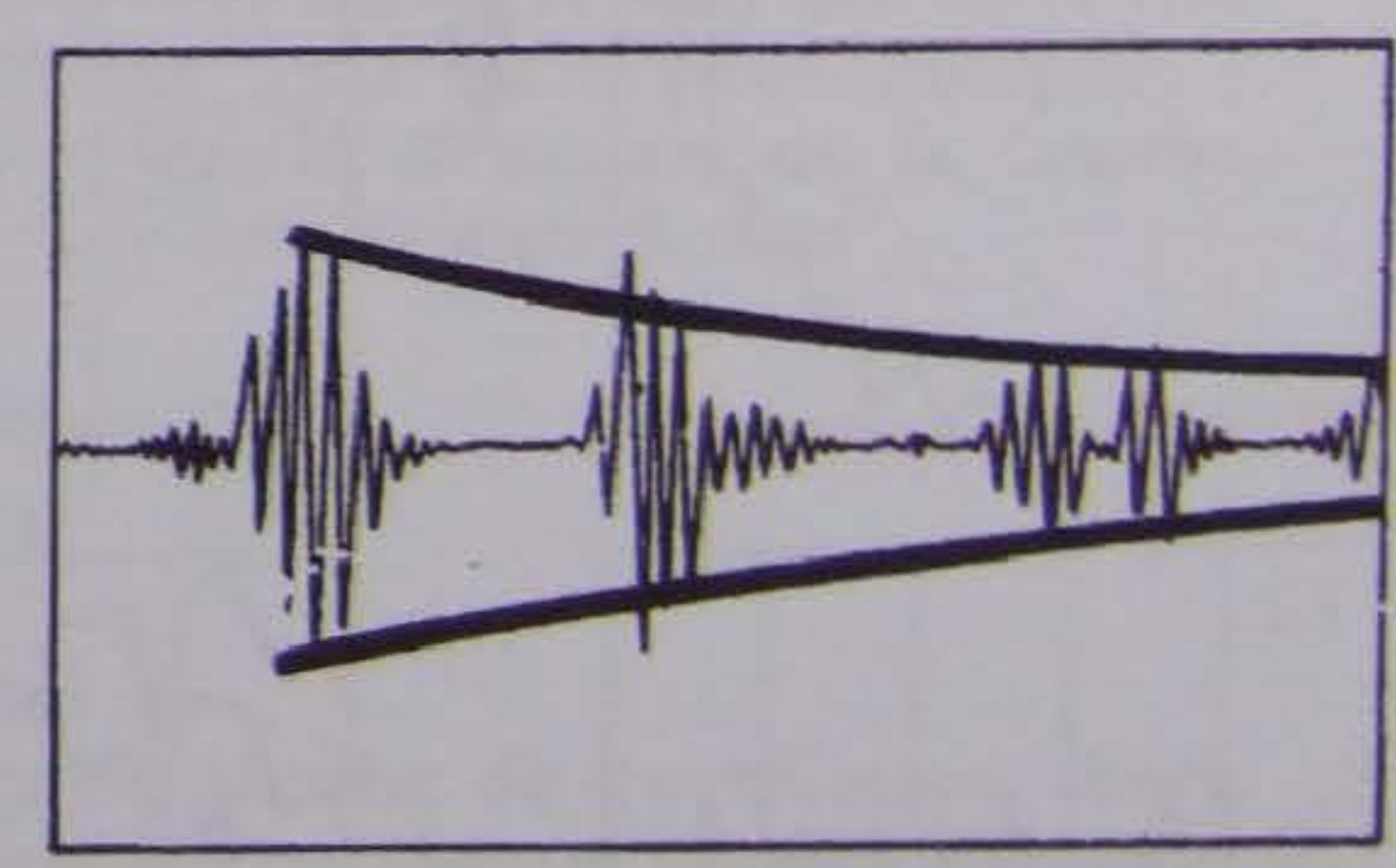
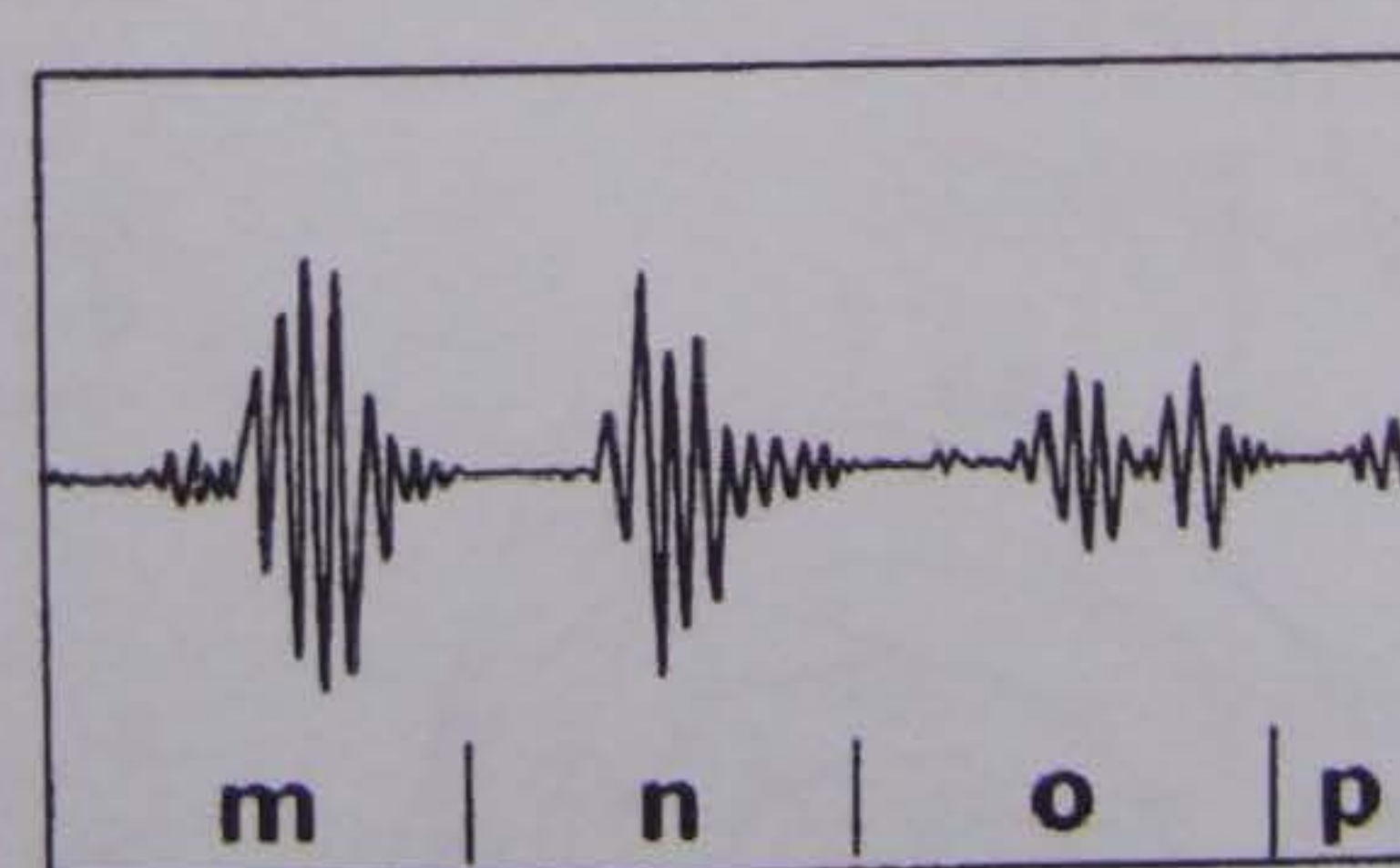
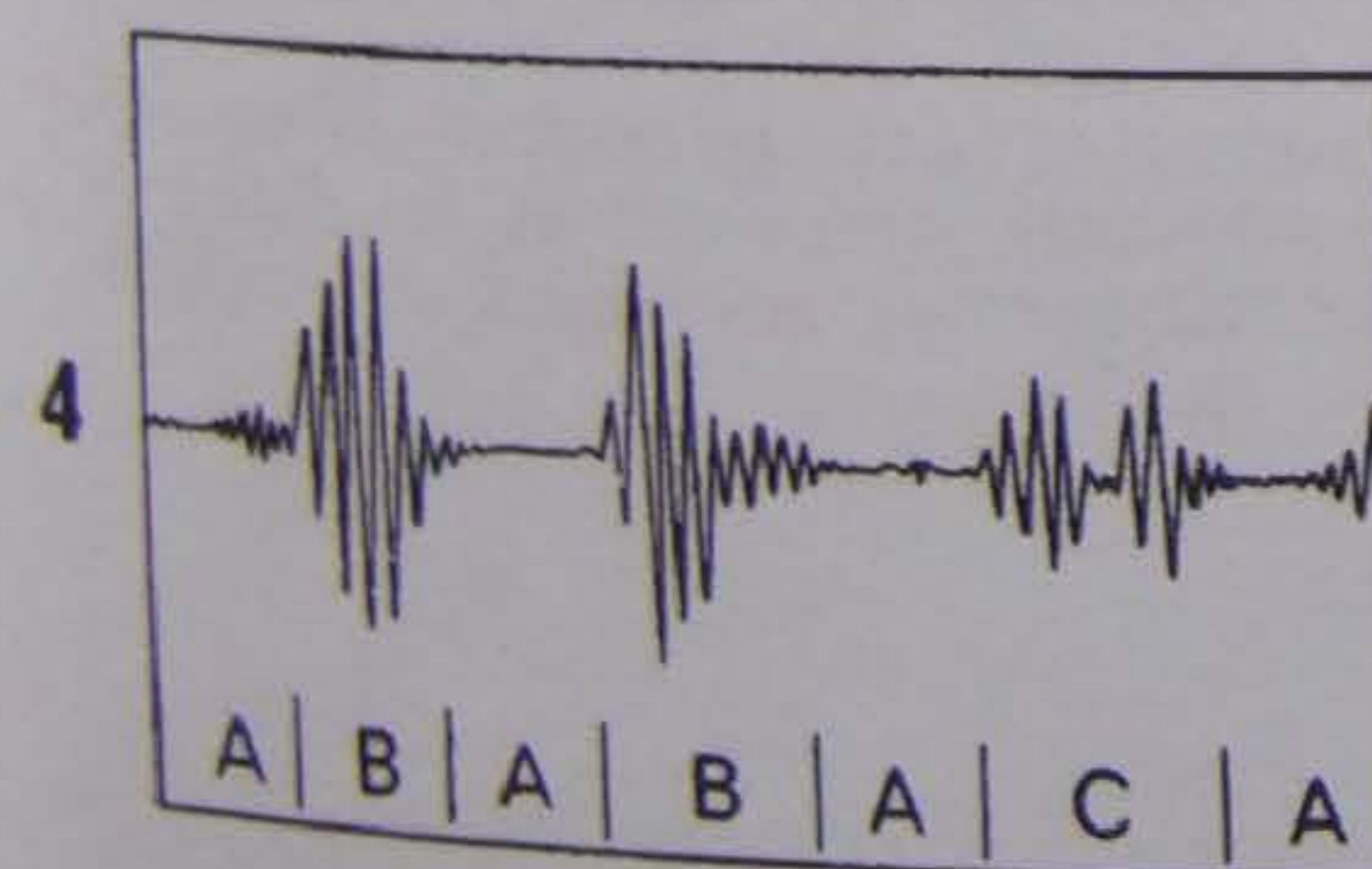
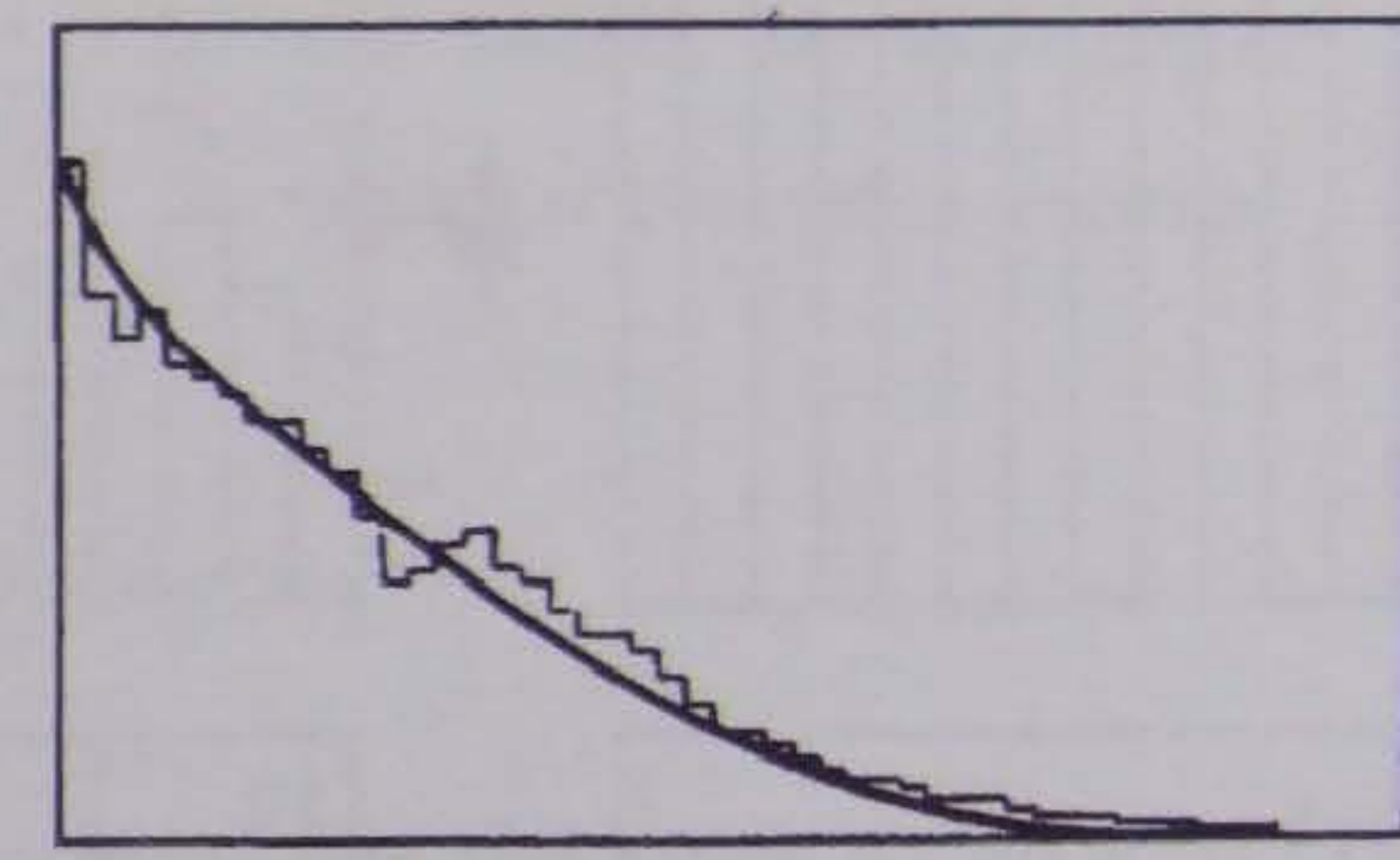
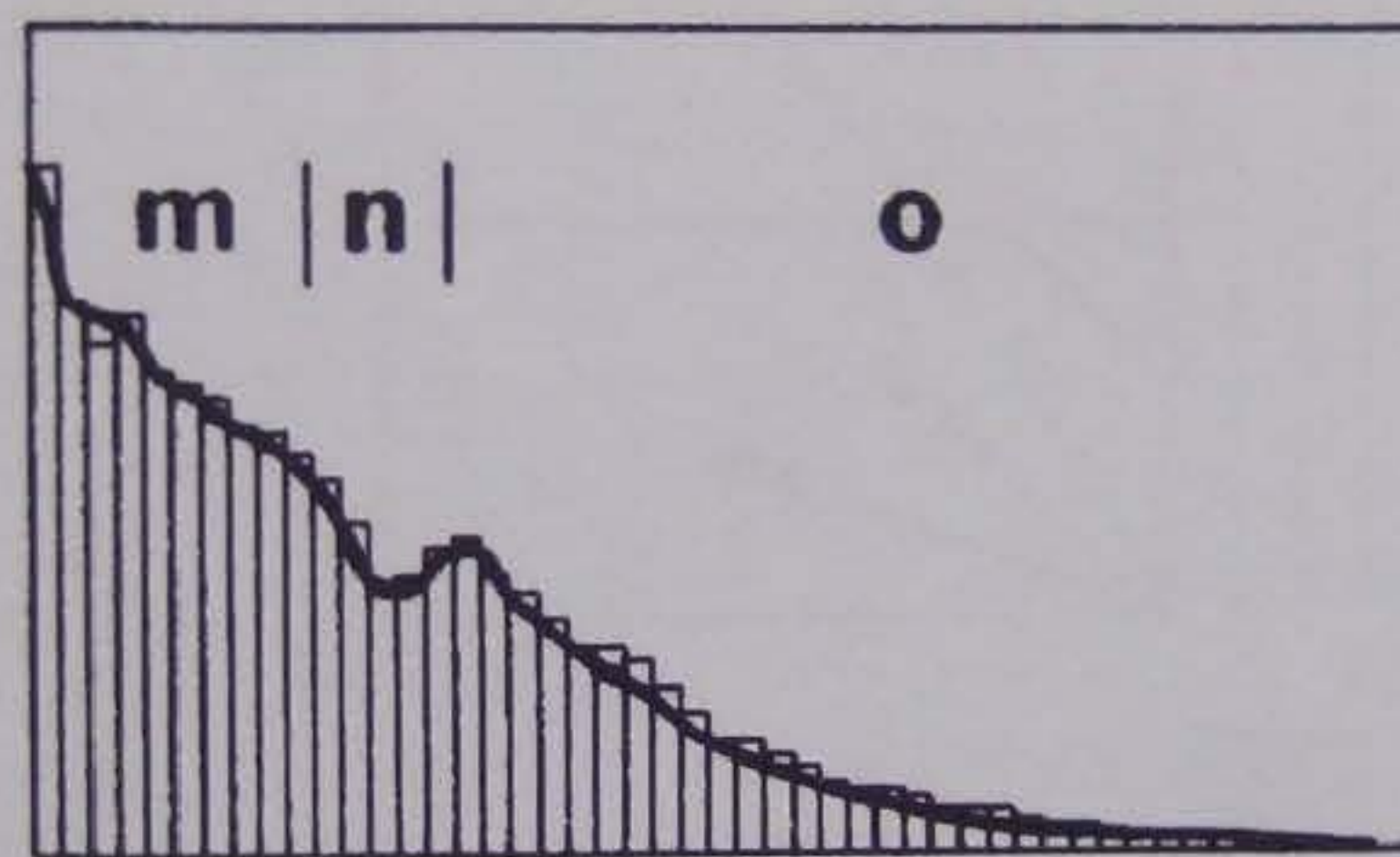
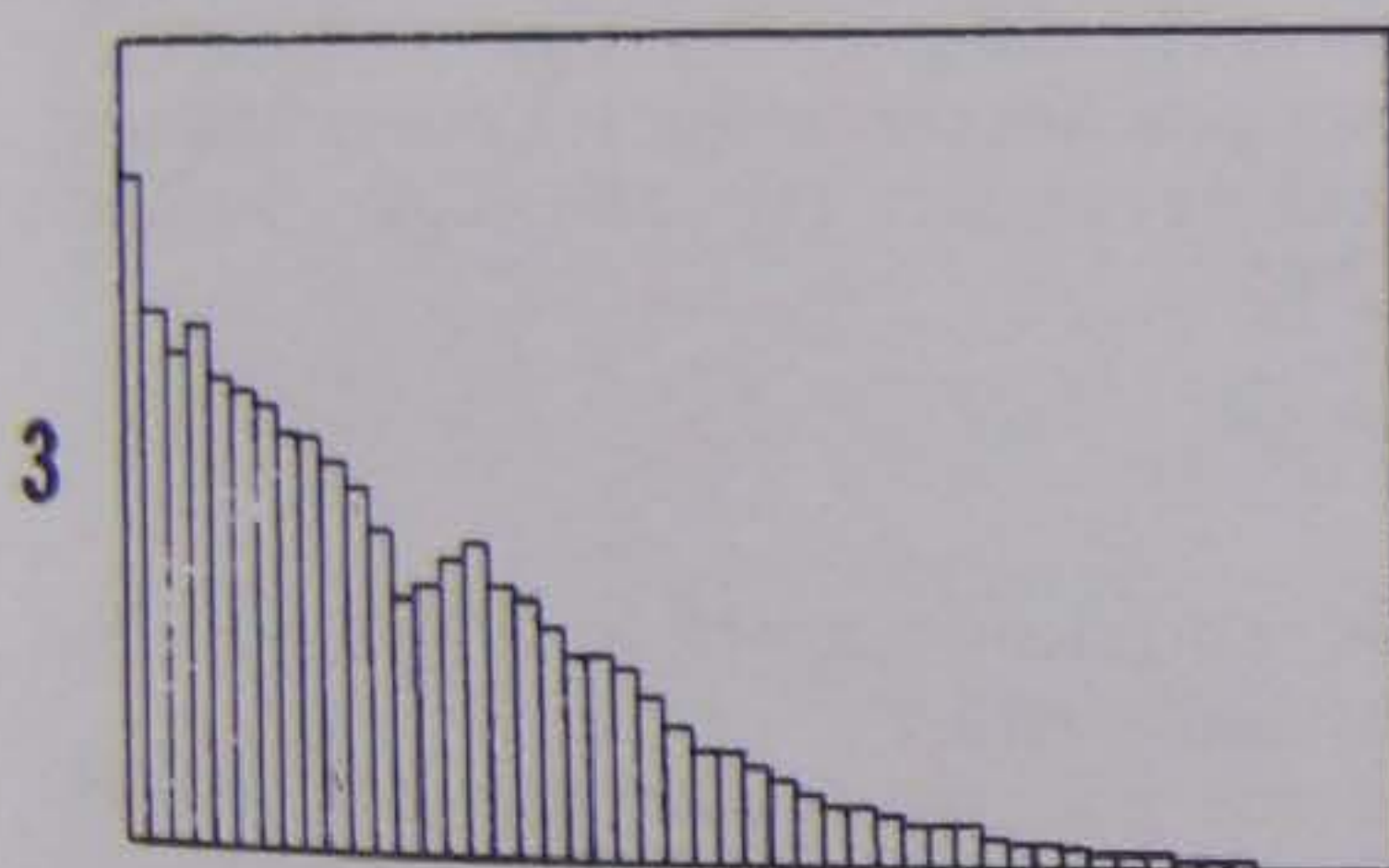
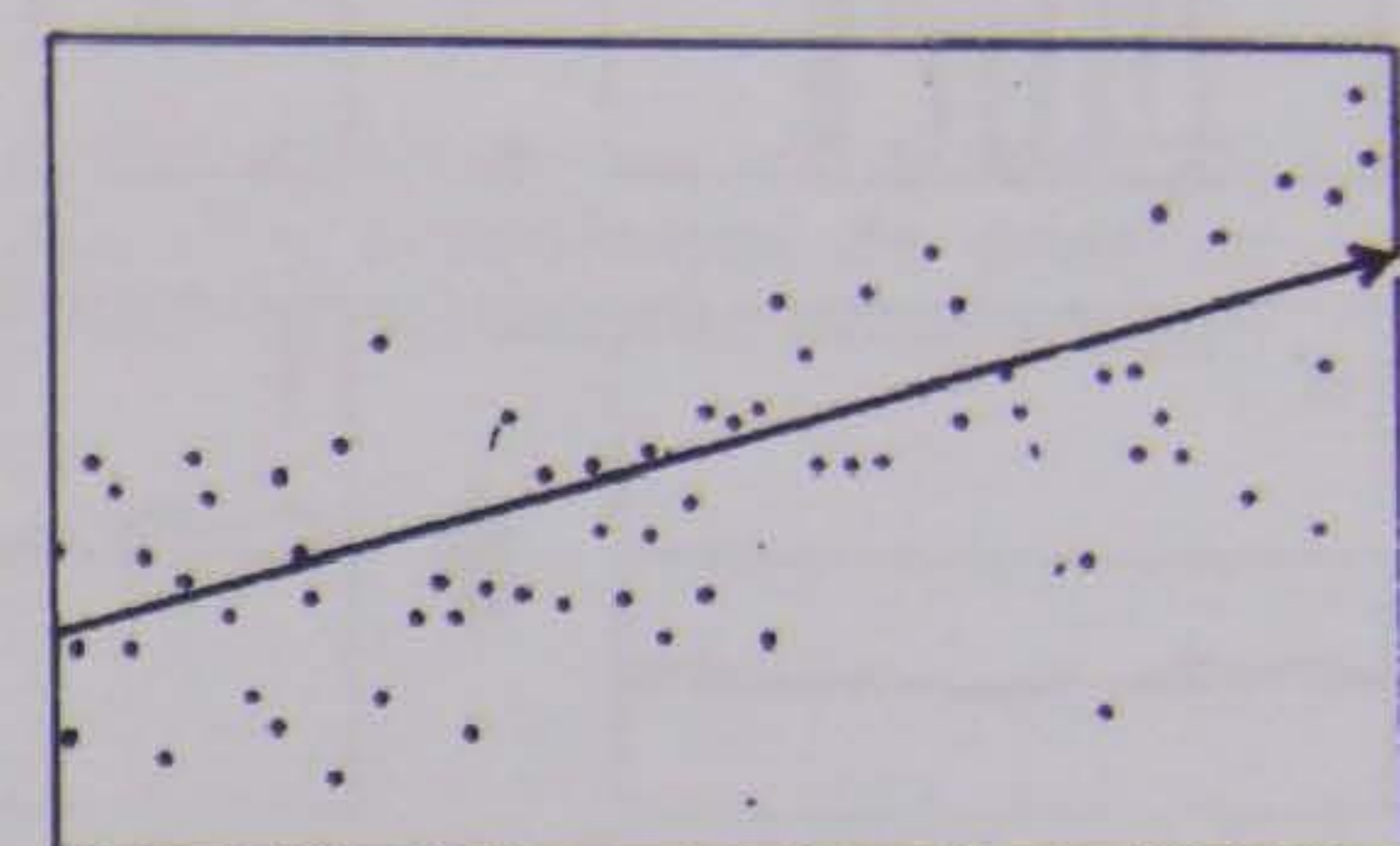
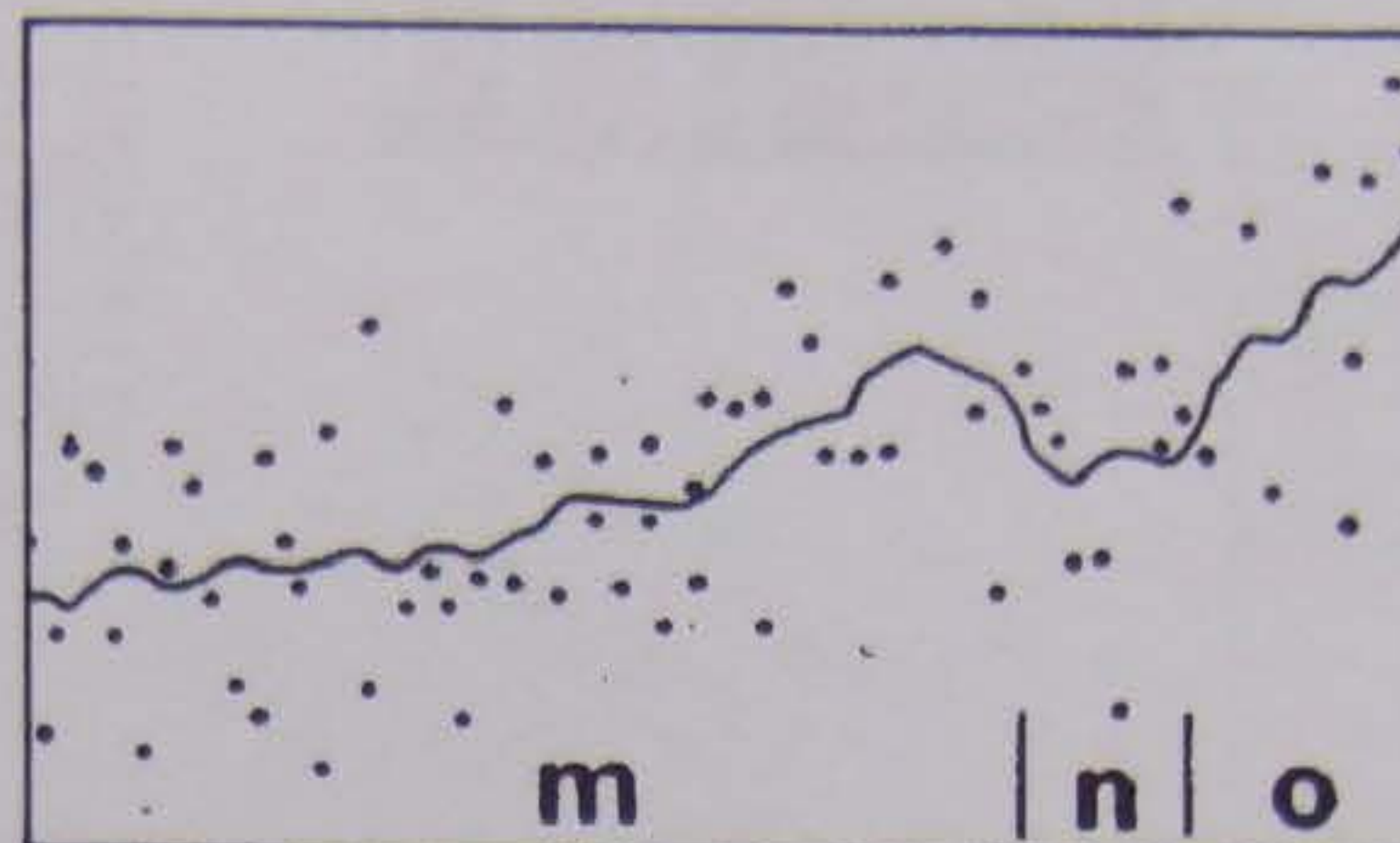
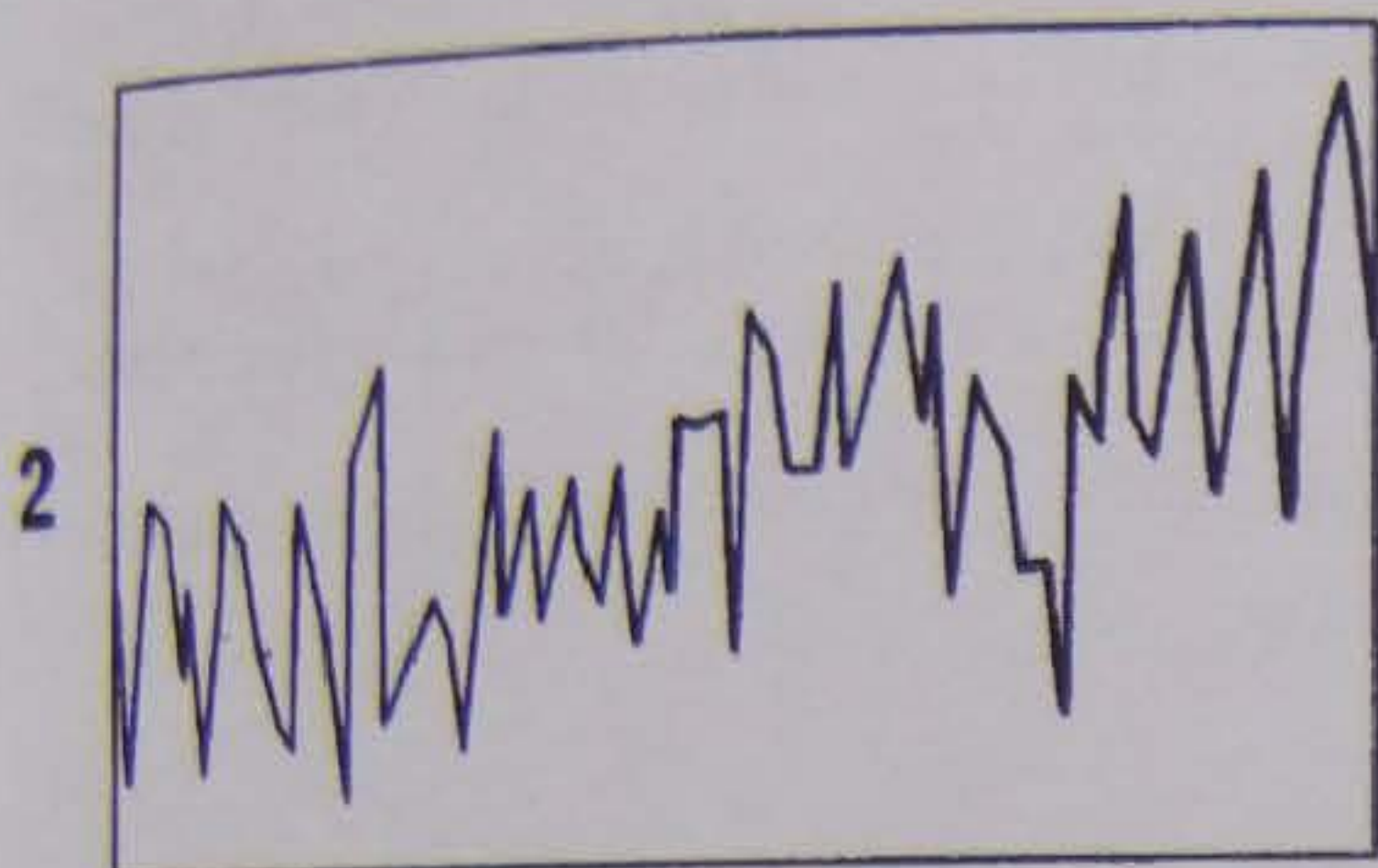
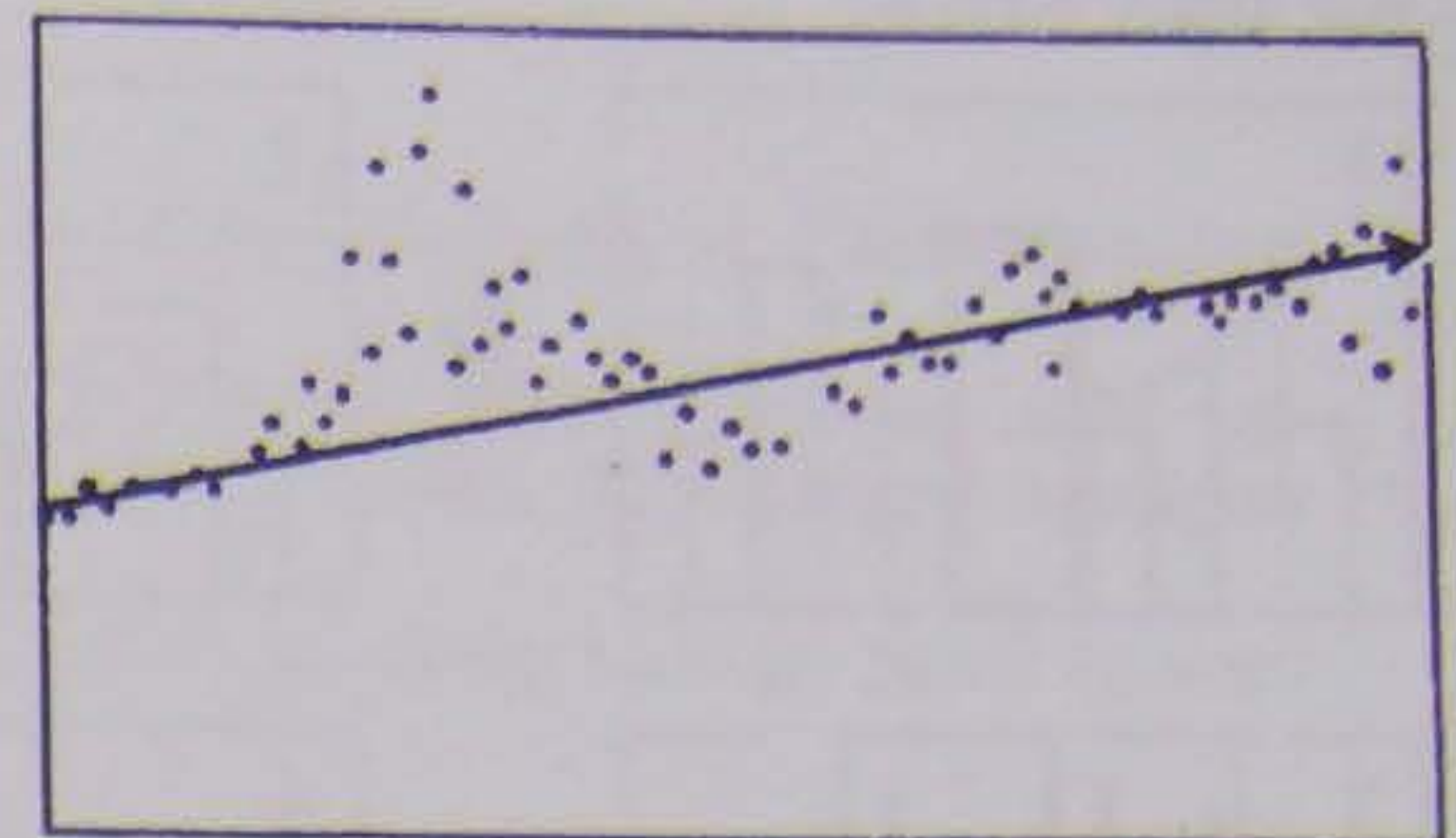
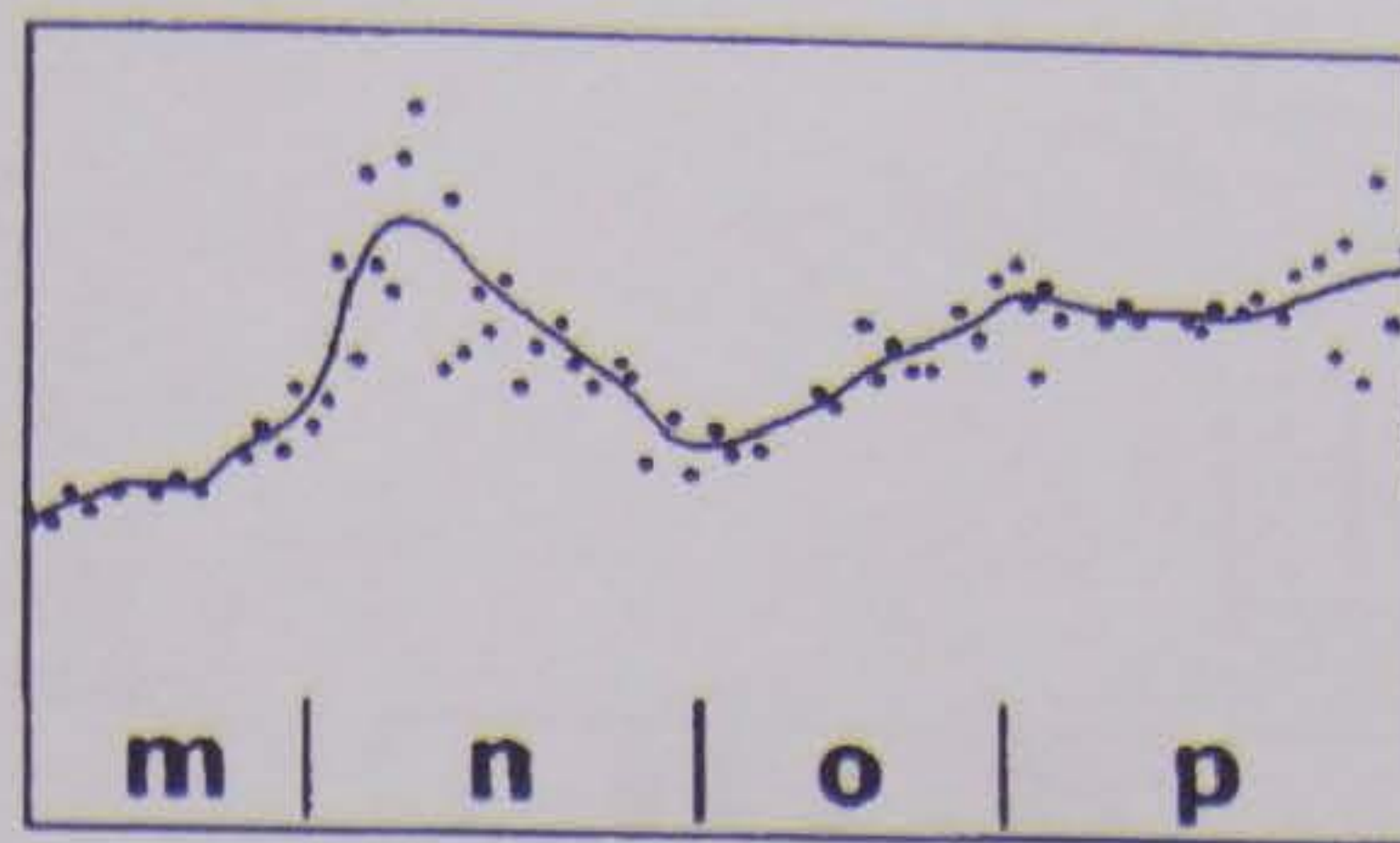
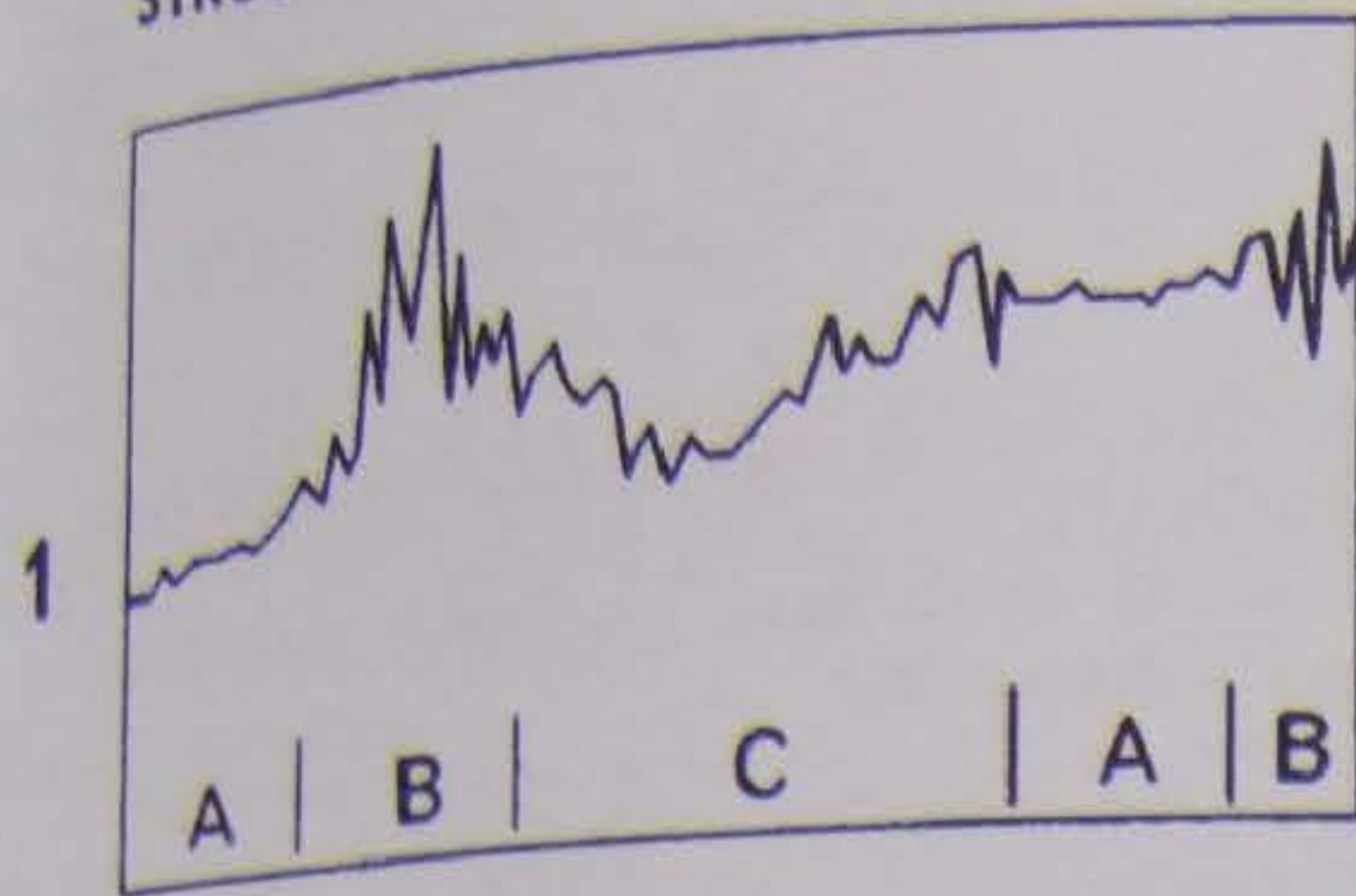
niveaux moyens de lecture

lecture d'ensemble

TYPES DE  
STRUCTURE

CATEGORISATION  
DE LA COMPOSANTE 0

CORRELATION  
ENTRE LES DEUX CONCEPTS

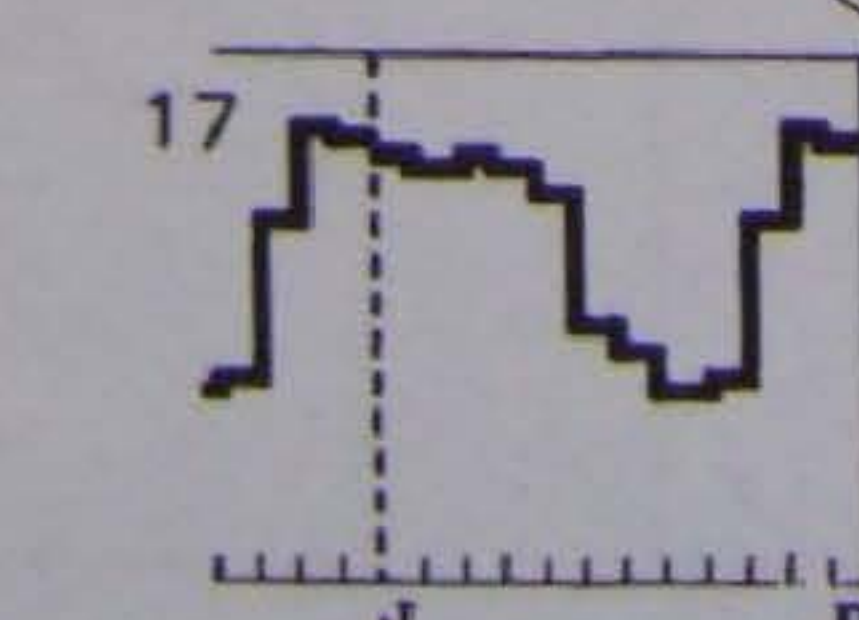
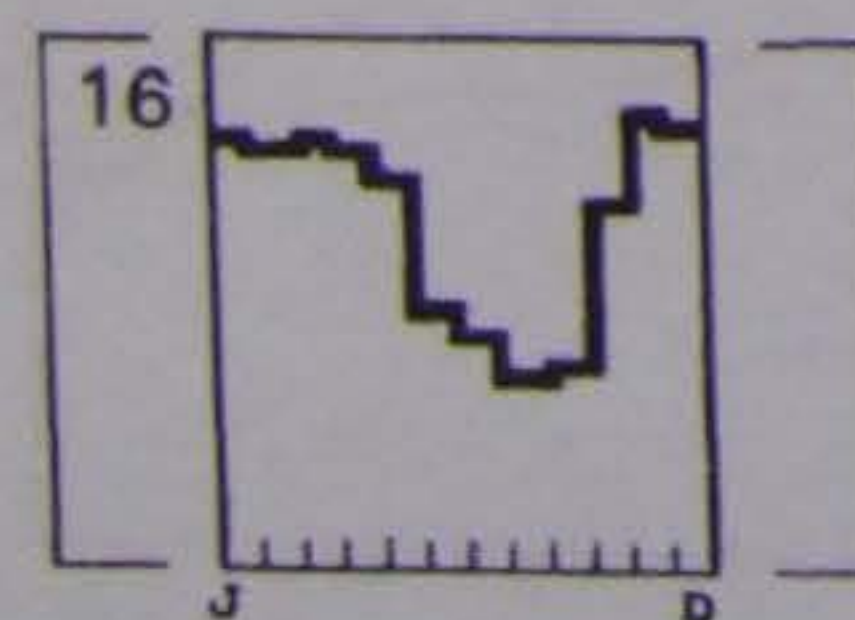
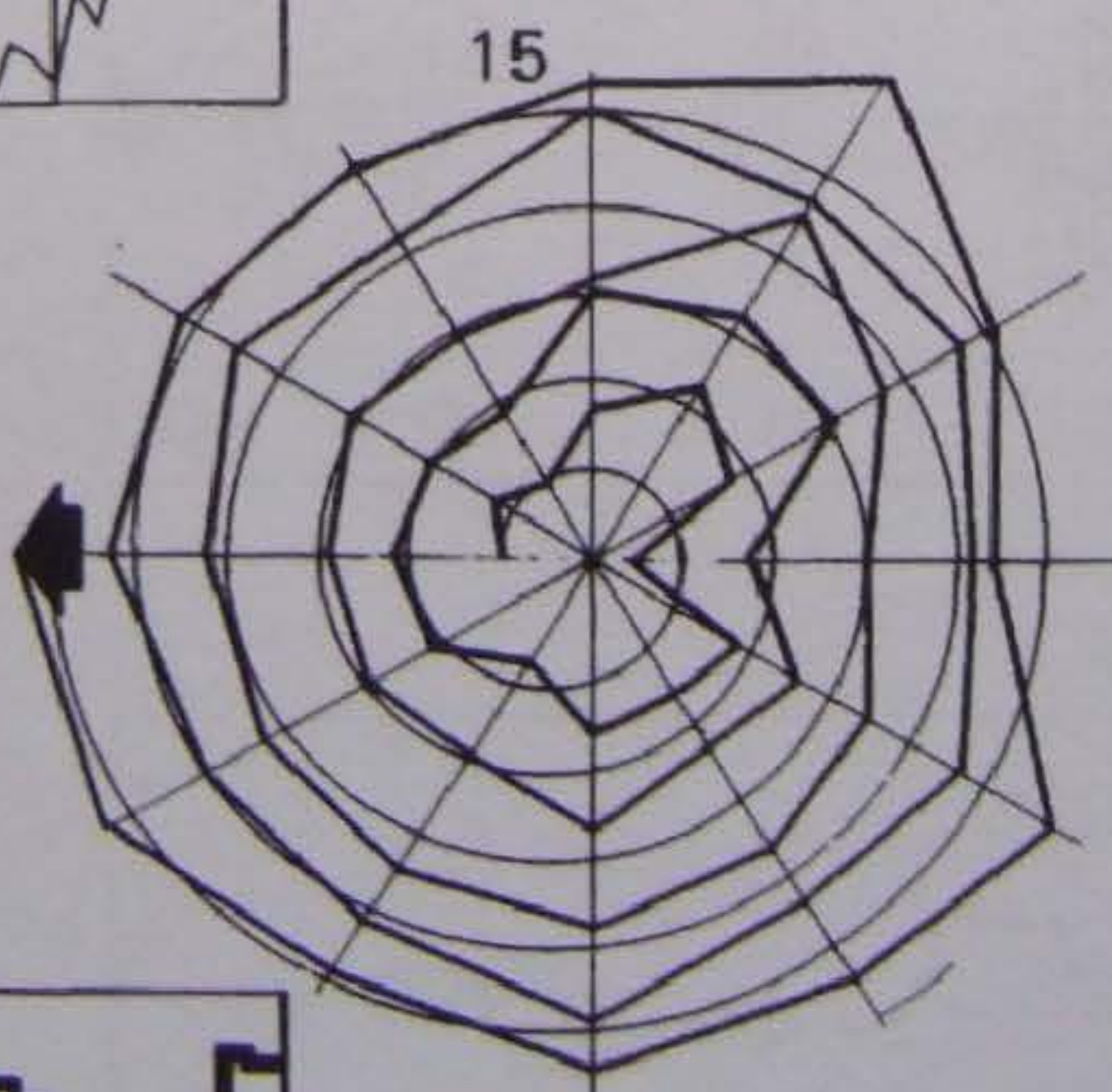
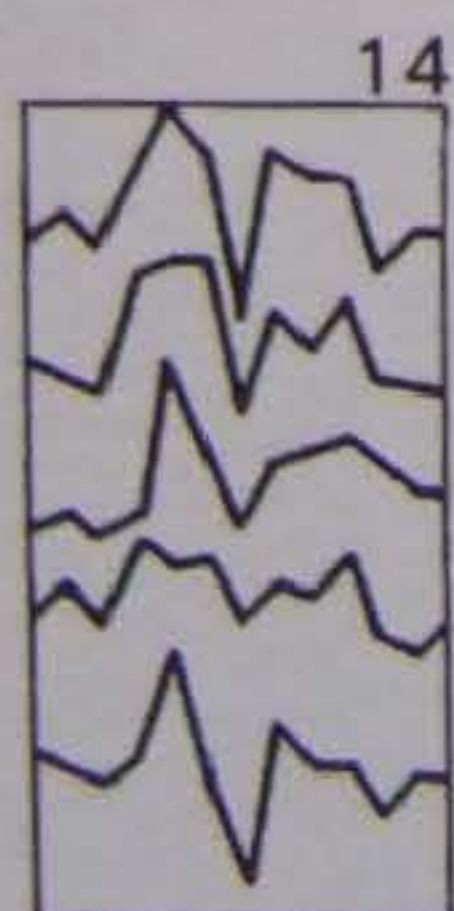
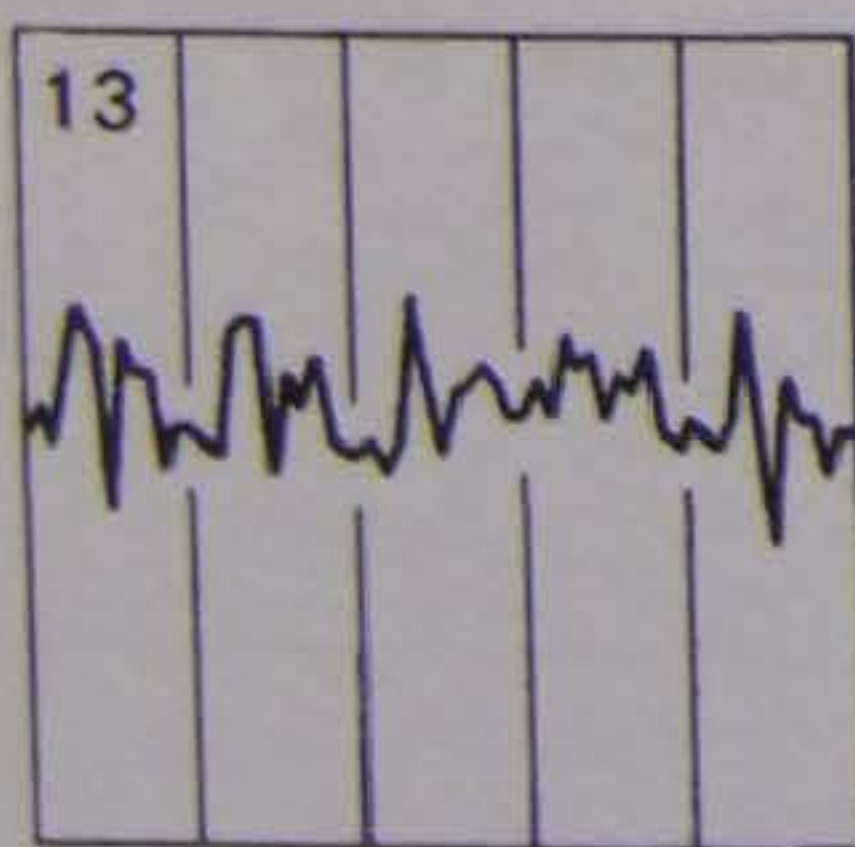
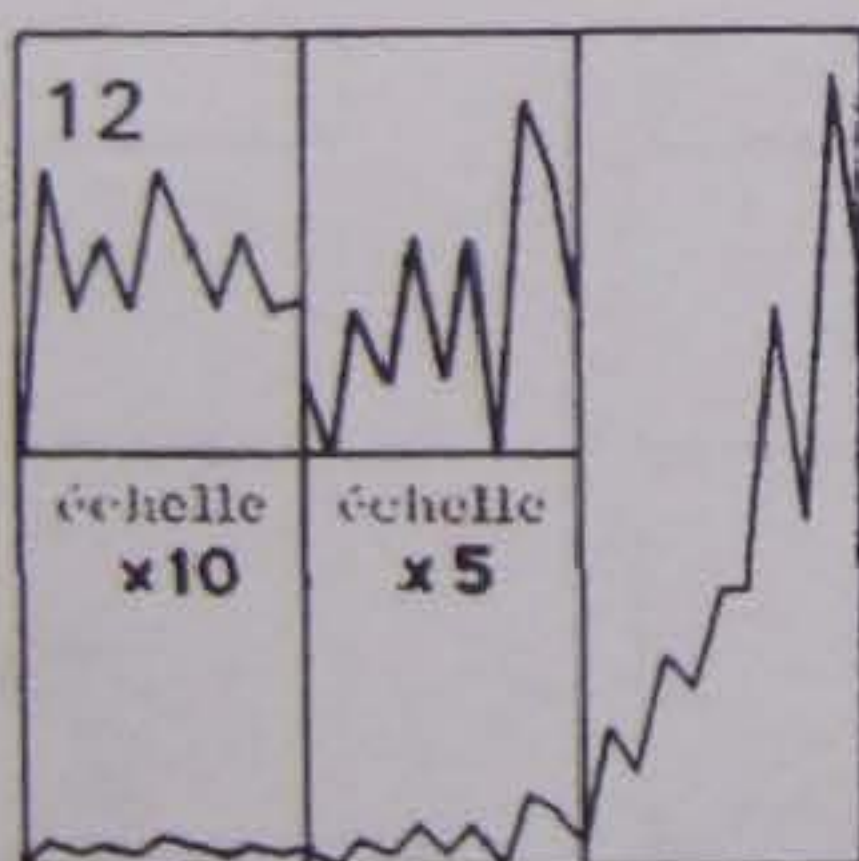
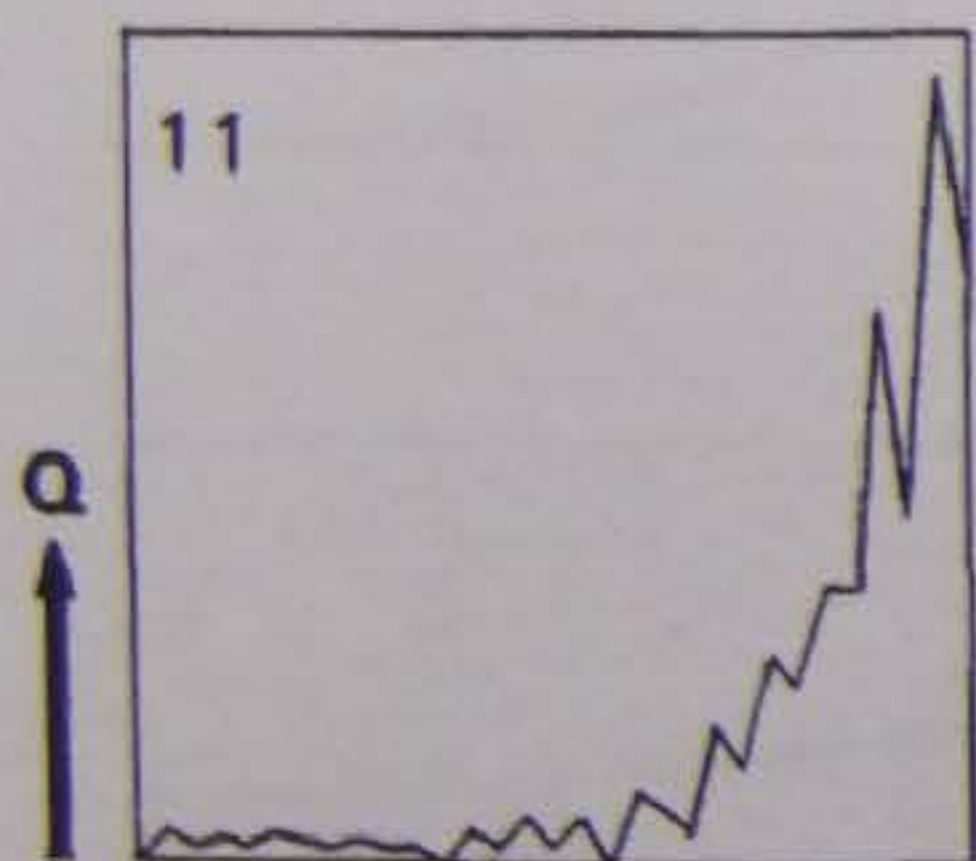
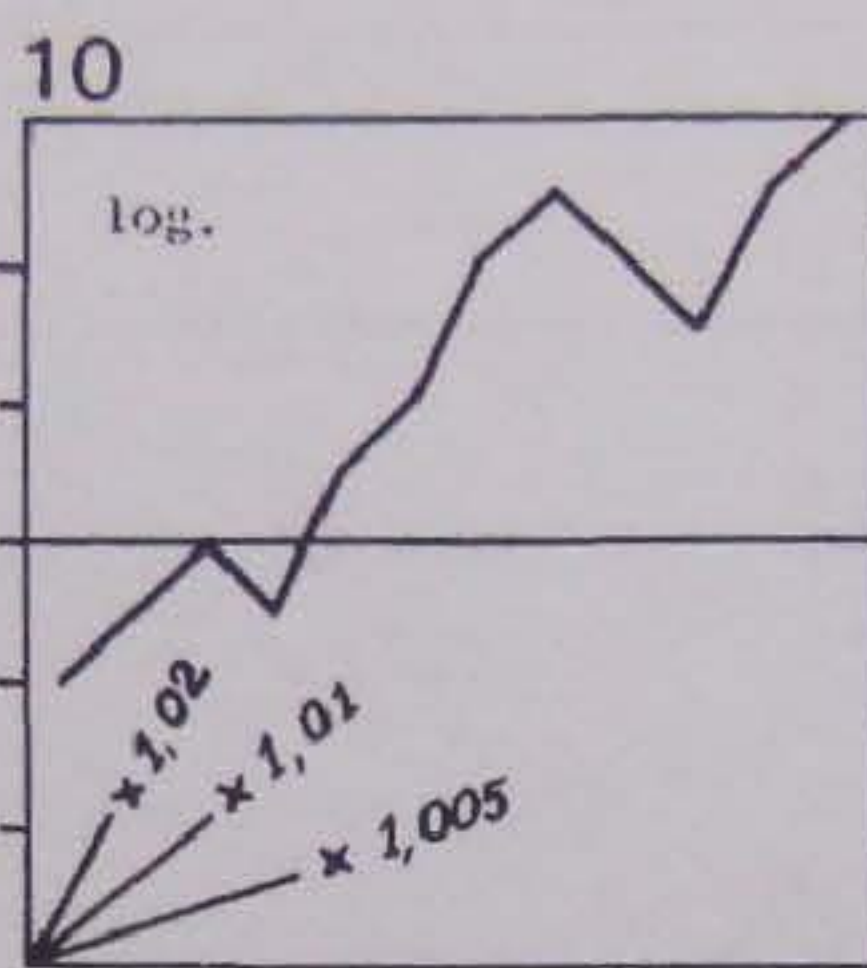
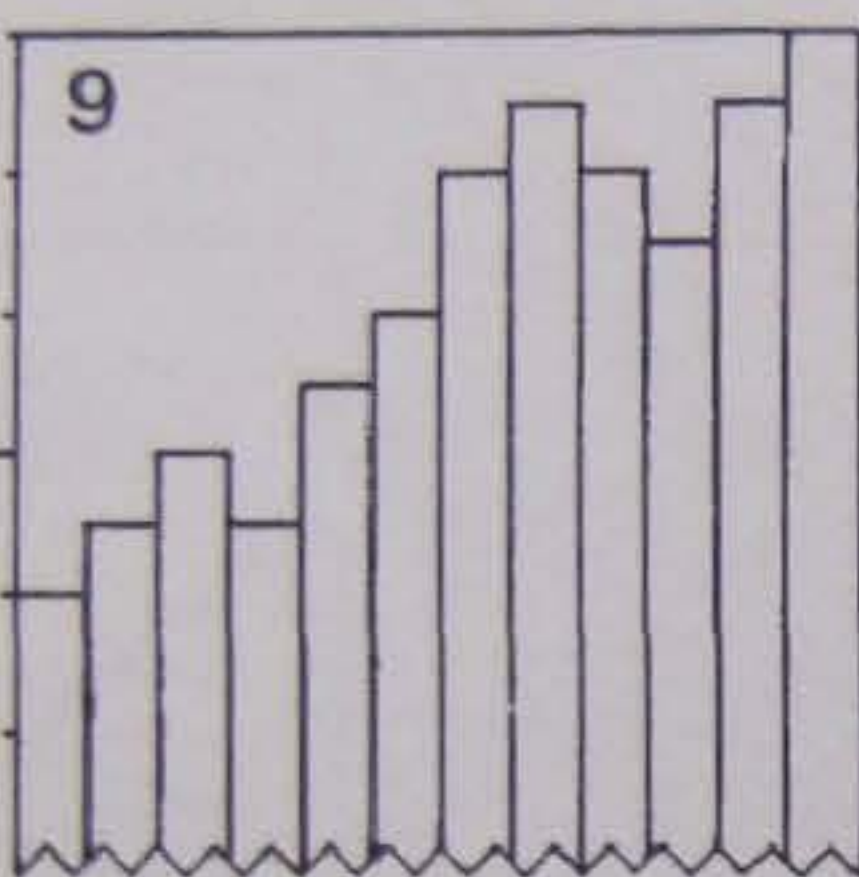
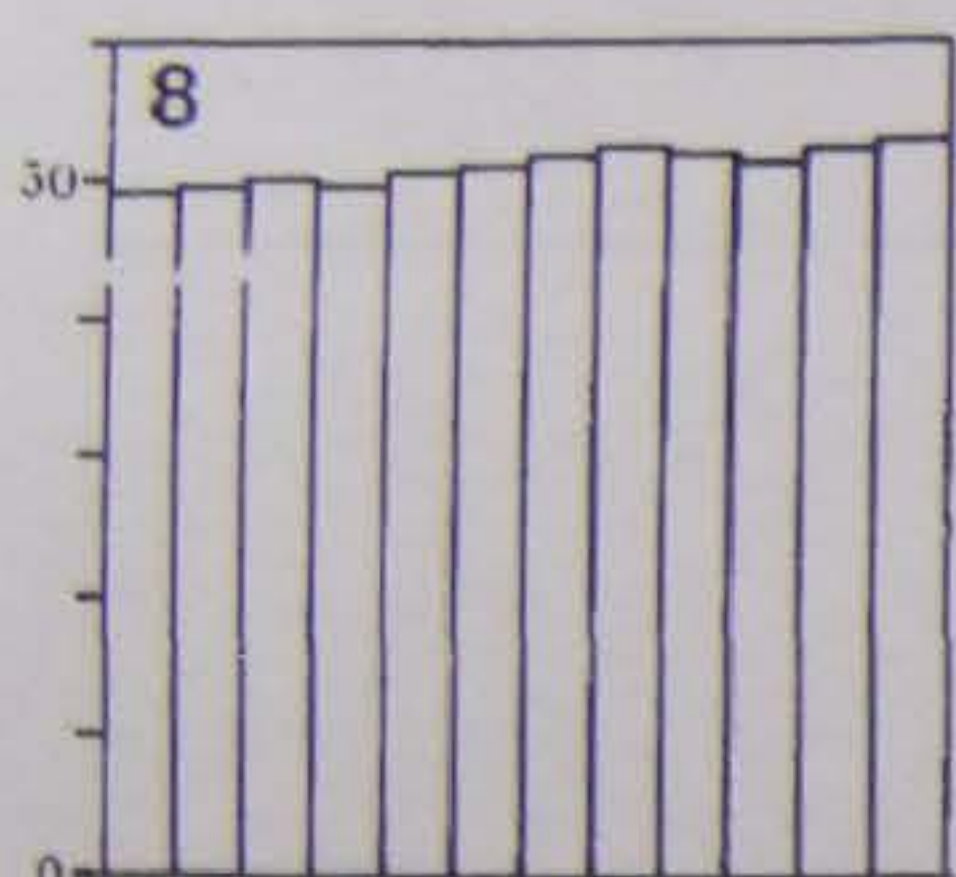
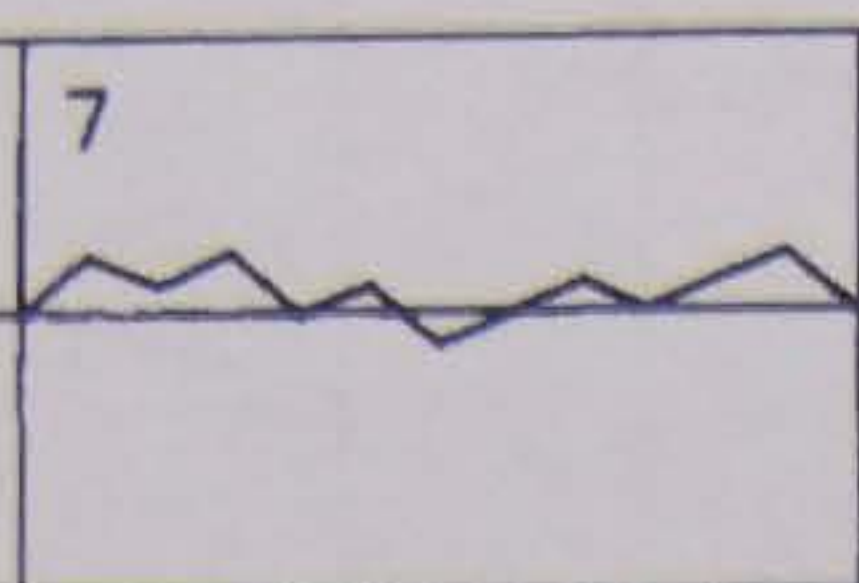
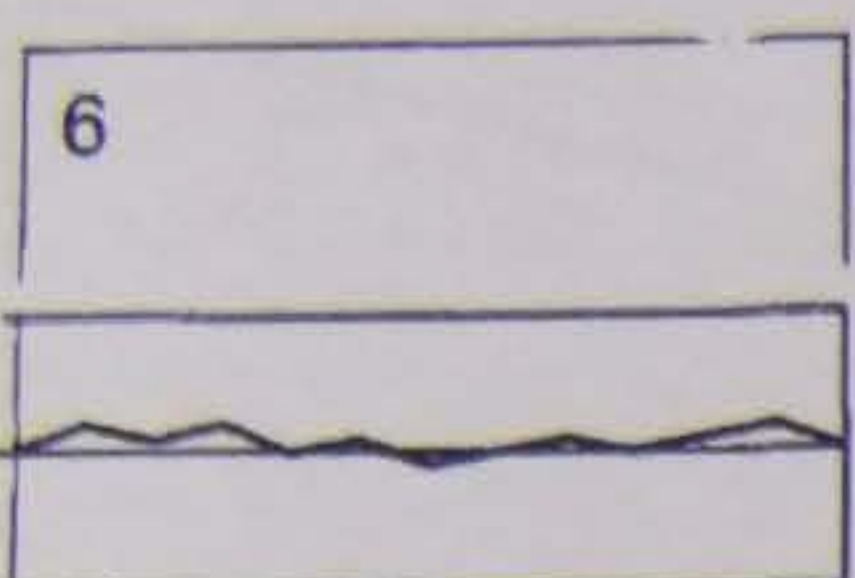
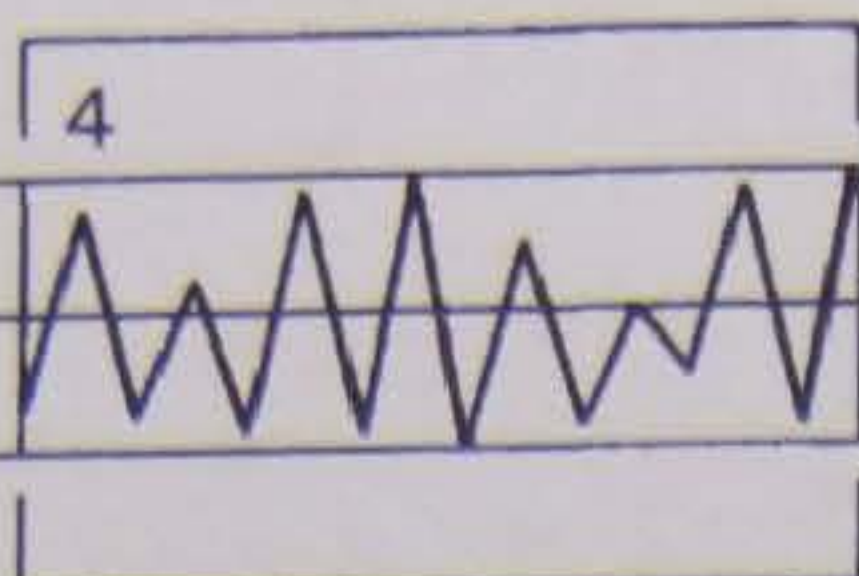
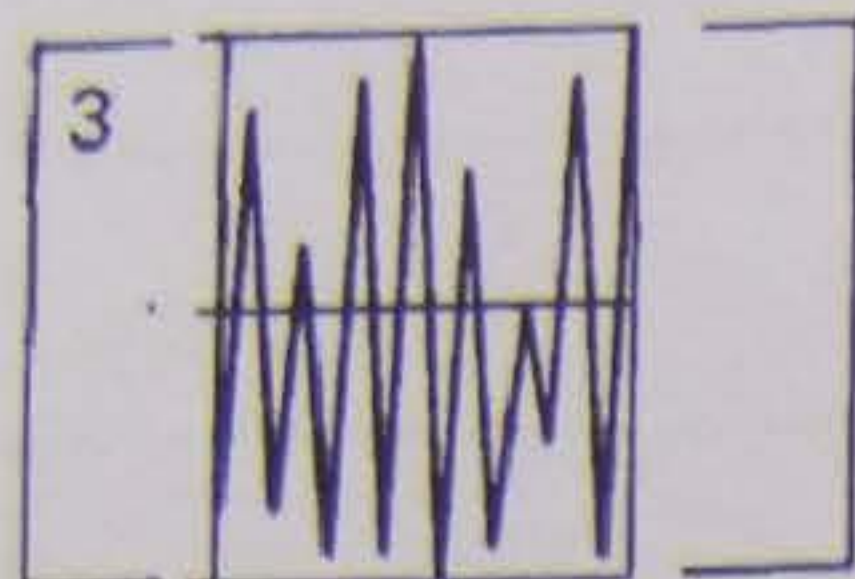
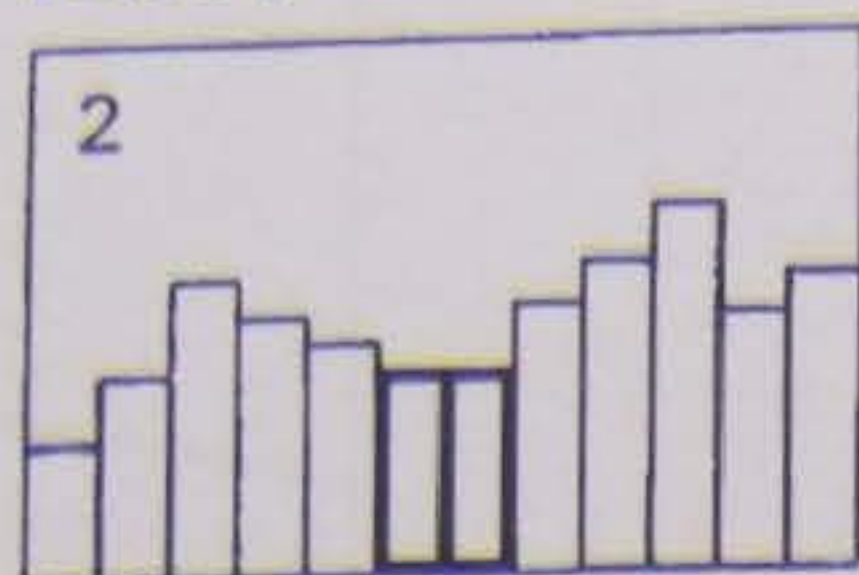
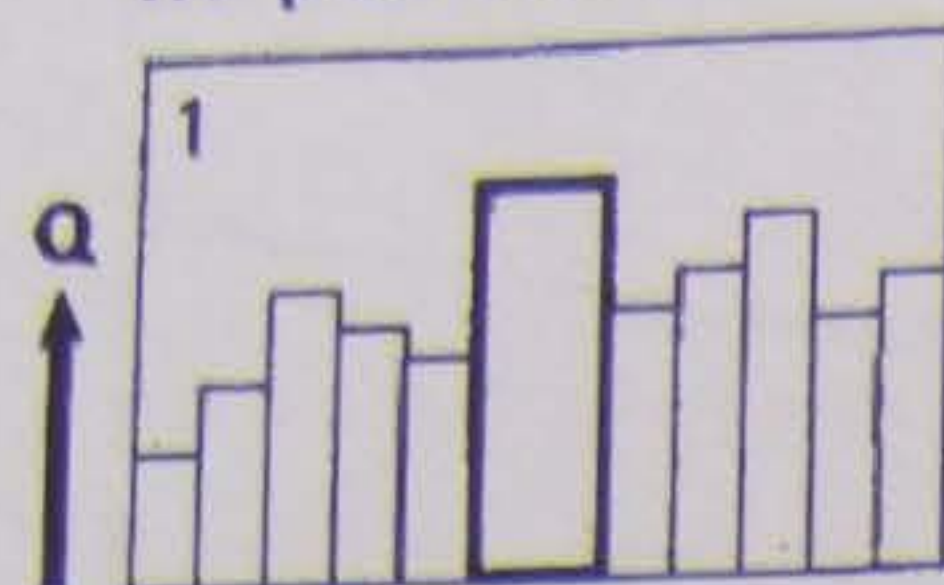




## PROBLÈMES GRAPHIQUES POSÉS PAR LES CHRONIQUES

ne pas faire:

faire:



Un total sur deux cases (sur deux ans) doit être divisé par deux (1).  
Un total pour six mois sera multiplié par deux dans des cases annuelles.

Courbes trop pointues, réduire l'échelle des Q; la sensibilité angulaire s'inscrit dans une zone moyenne autour de 70°.

Si la courbe n'est pas réductible (grandes et petites variations) employer les colonnes remplies (5).

Courbes trop plates : augmenter l'échelle des Q.

Variations très faibles par rapport au total.

Celui-ci perd de l'importance et le zéro peut être supprimé, à condition que le lecteur voit sa suppression (9). Le graphique peut être interprété comme une accélération si l'étude fine des variations est nécessaire (échelle logarithmique (10) (v. p. 240).

Très grande amplitude entre les valeurs extrêmes. Il faut admettre :

- 1°) Soit de ne pas percevoir les plus petites variations.
- 2°) Soit de ne s'intéresser qu'aux différences relatives (échelle logarithmique) sans connaître la quantité absolue.
- 3°) Soit admettre des périodes différentes dans la composante ordonnée et les traiter à des échelles différentes au-dessus de l'échelle commune (12).

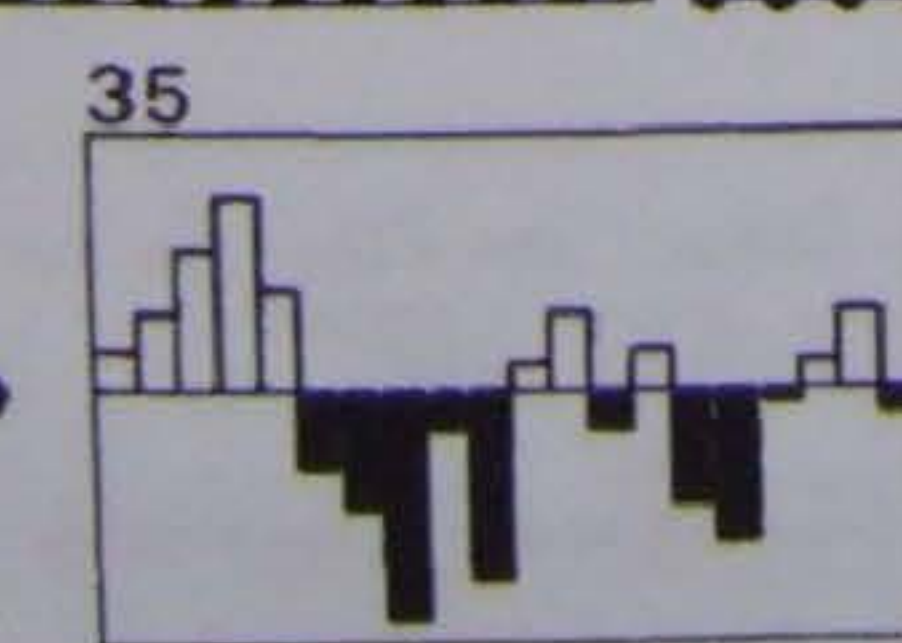
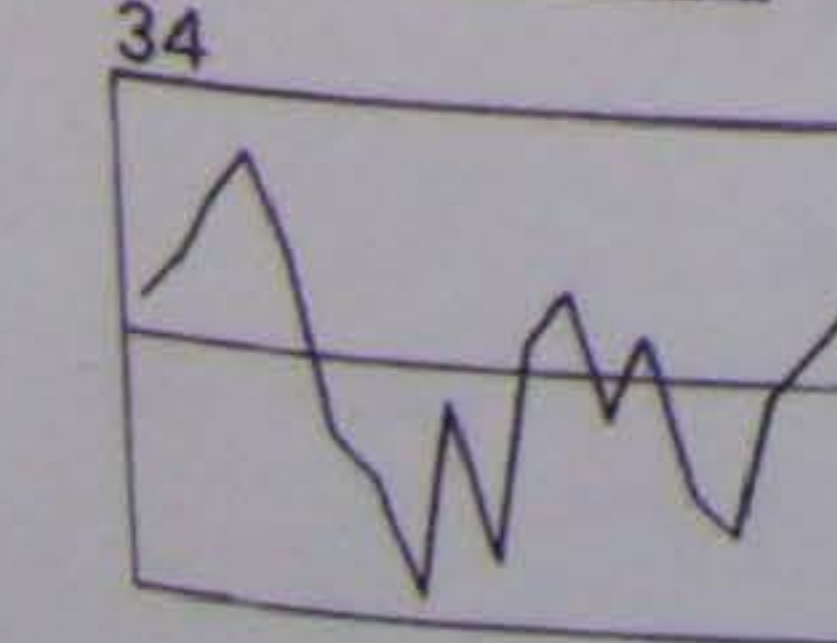
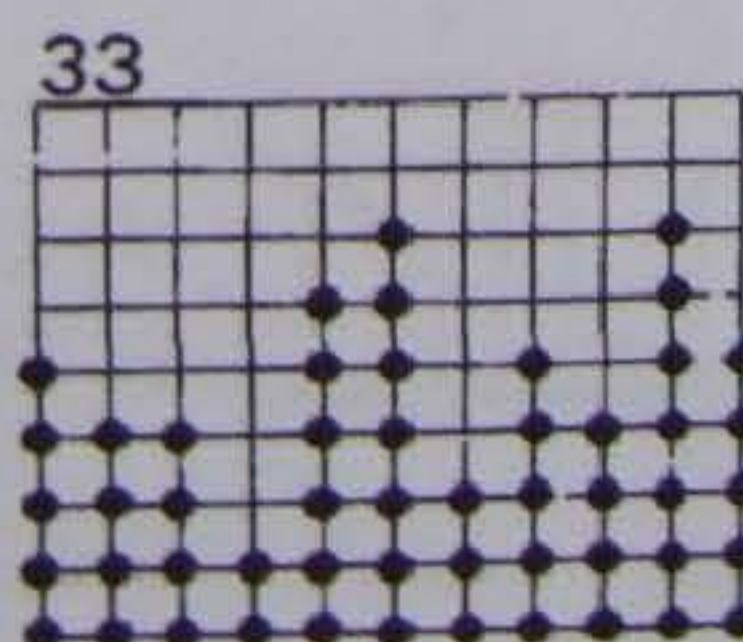
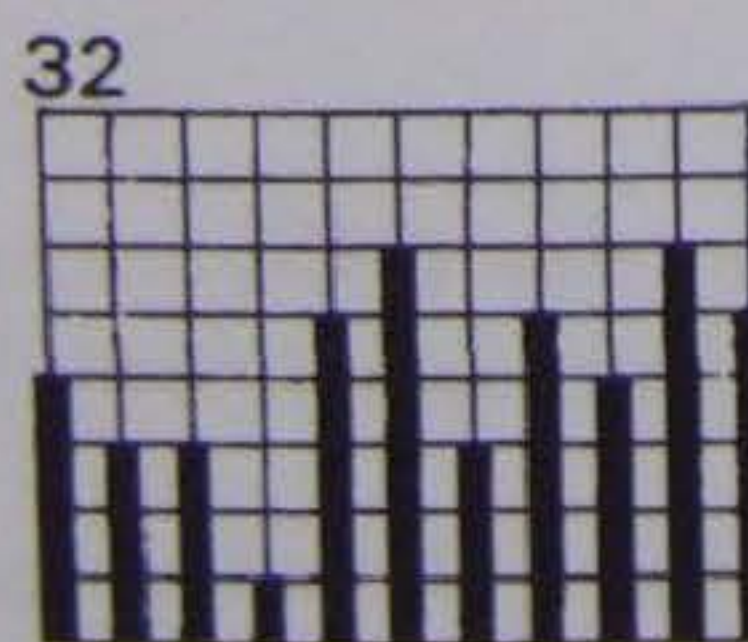
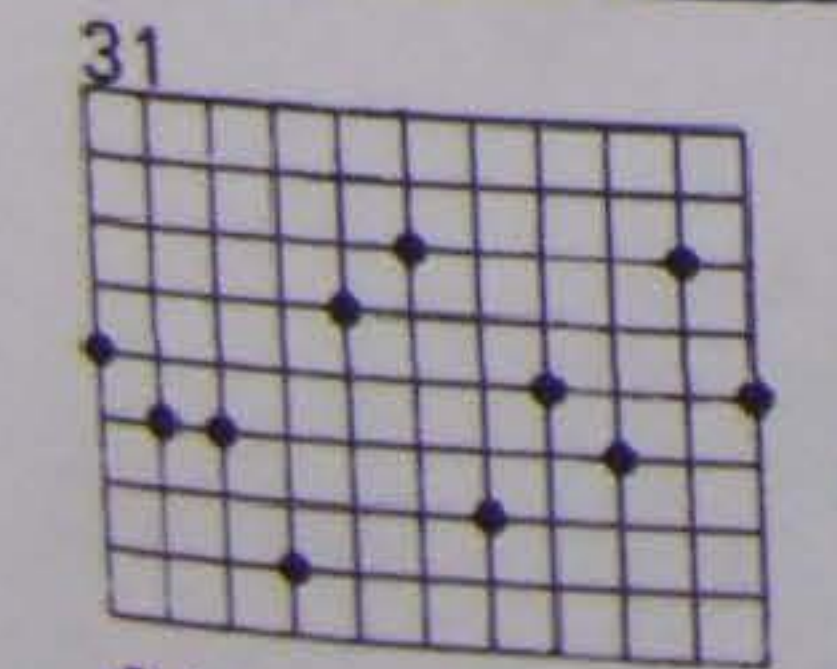
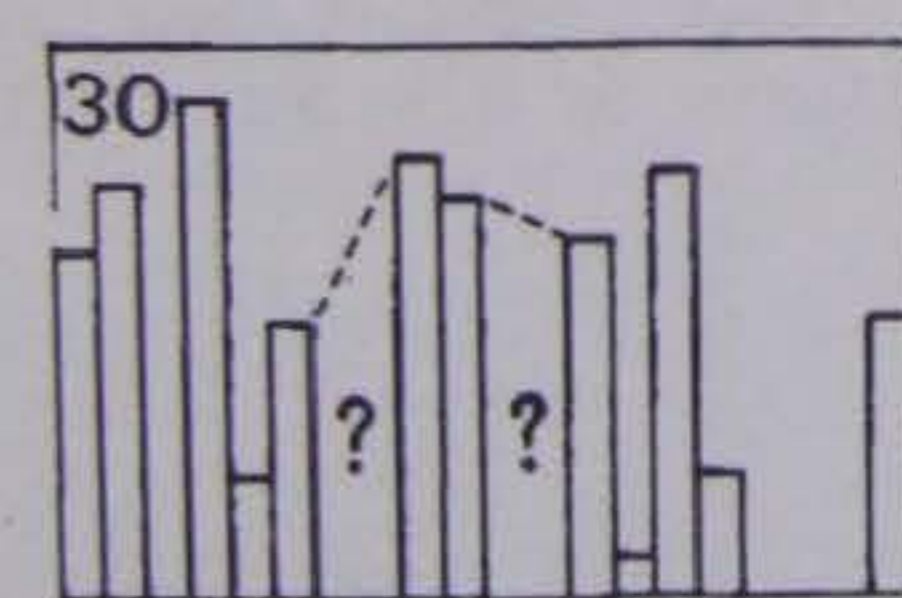
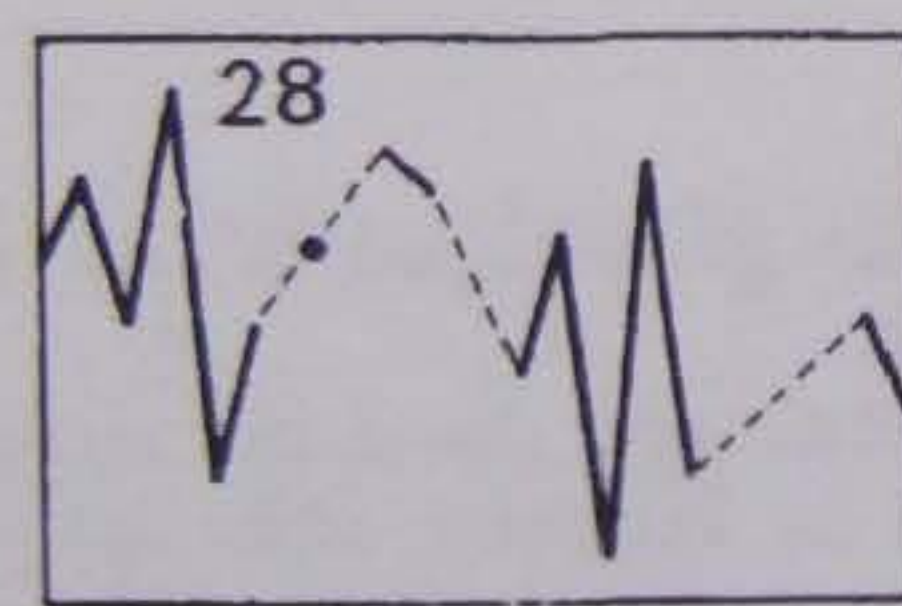
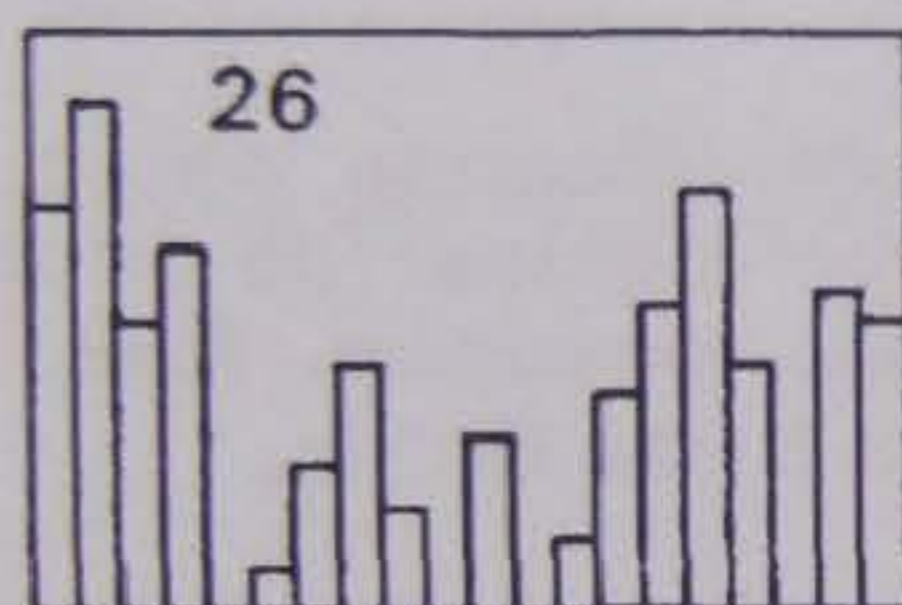
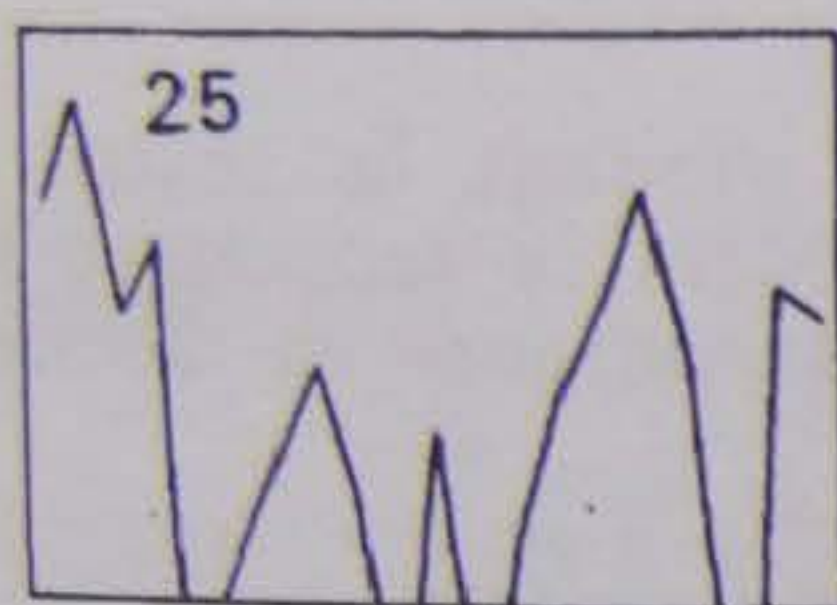
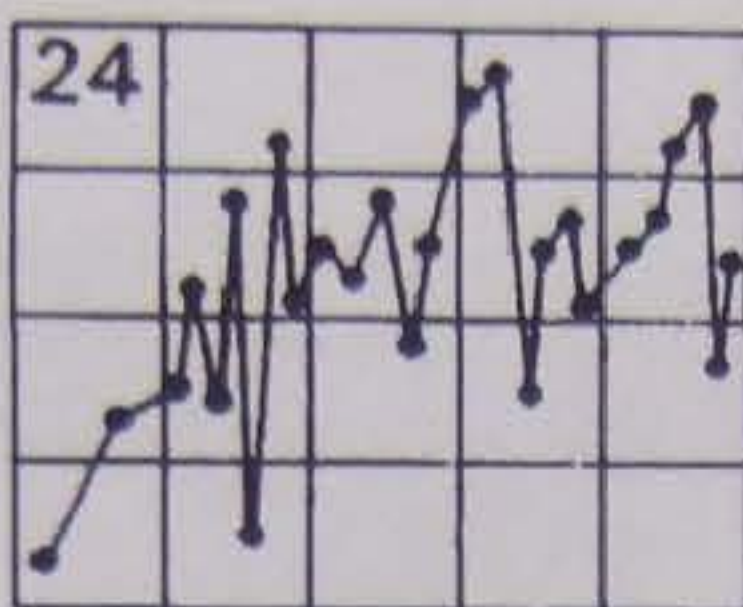
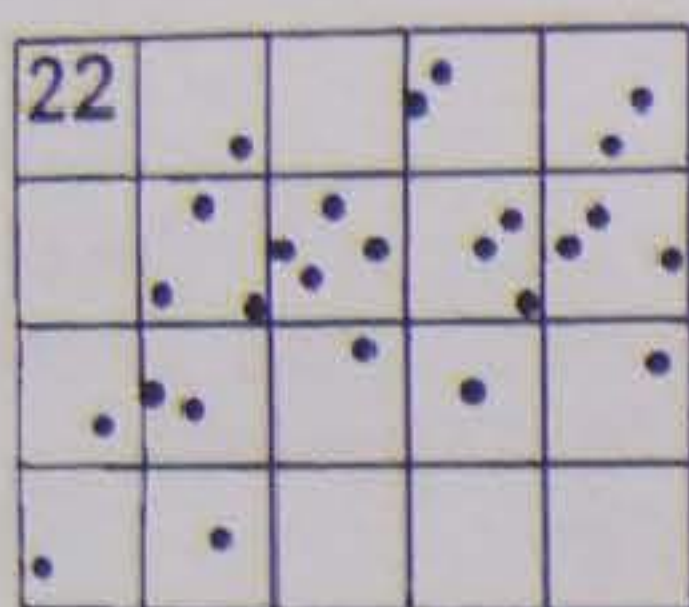
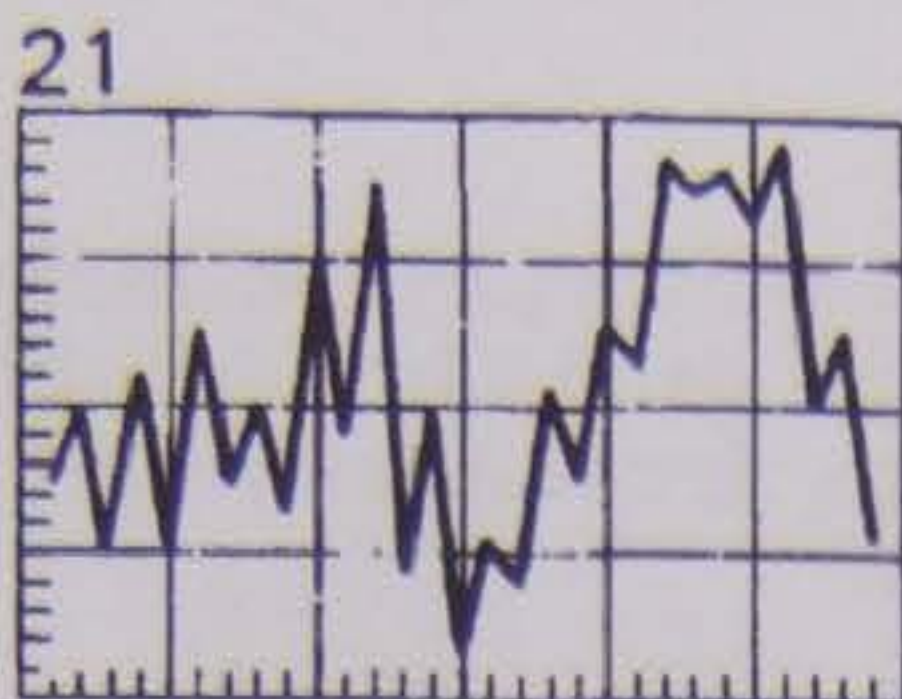
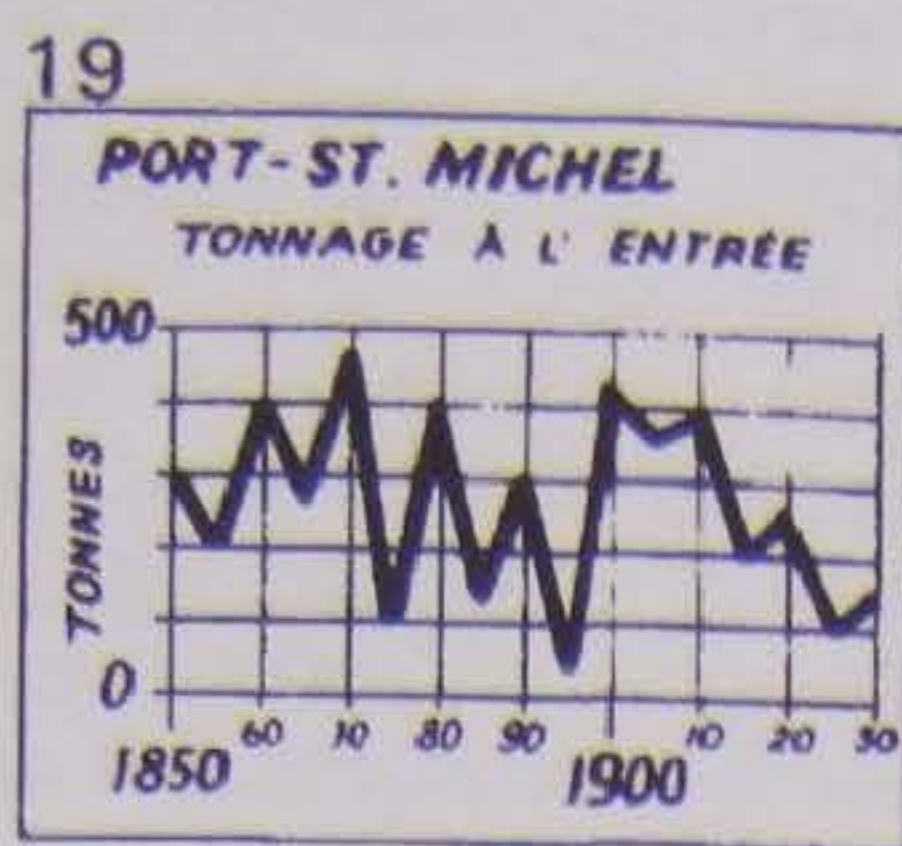
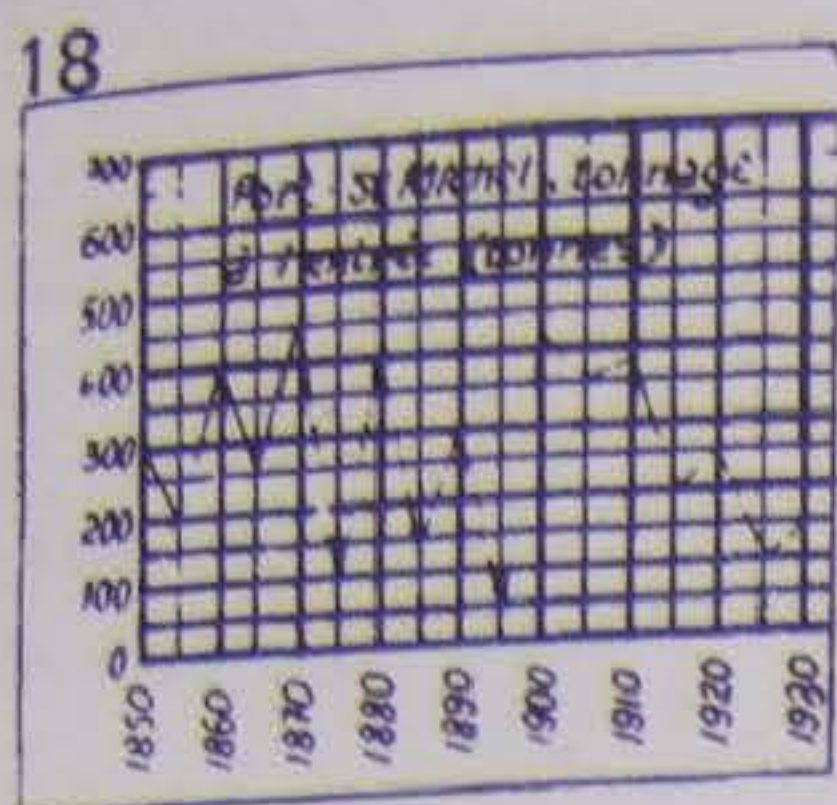
Cycles très marqués.  
Si l'étude porte sur la comparaison des phases de chaque cycle, il est préférable de décomposer (13) de manière à superposer les cycles (14). La construction polaire peut être employée, de préférence dans une forme spirale (15) (ne pas commencer par un trop petit cercle); pour spectaculaire qu'elle soit, elle est moins efficace que la construction orthogonale.

Courbes annuelles de pluie ou de température.  
Un cycle possède deux phases (17), pourquoi n'en offrir qu'une à la perception du spectateur ? (16).



ne pas faire :

faire :



Contraste.

Il faut séparer l'information originale et l'information d'identification.

Celle-ci comporte : a) l'invariant, souligné par une vedette ; b) l'identification très visible de chaque composante.

L'information originale doit se détacher du fond (courbe) (19).

Repérage. Il est impossible d'utiliser un tel dessin (20) hors de l'allure générale. Il y a confusion de position pour tous les points et aucune éventuelle comparaison n'est possible.

Lecture de précision.

La lecture de précision (utilisation au niveau élémentaire) est difficile dans les deux formules (22) et (23) mauvaise lecture de l'ordre des points, ou ambiguïté dans la position des points).

A l'inverse (22) favorise la vision d'ensemble (corrélation).

Cases nulles.

Les courbes s'accommodent mal des cases nulles (25).

Cases inconnues.

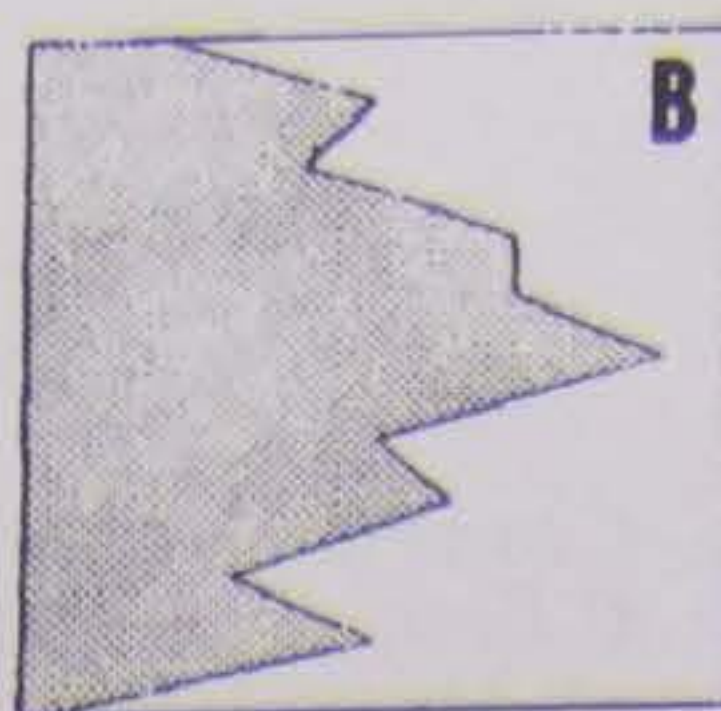
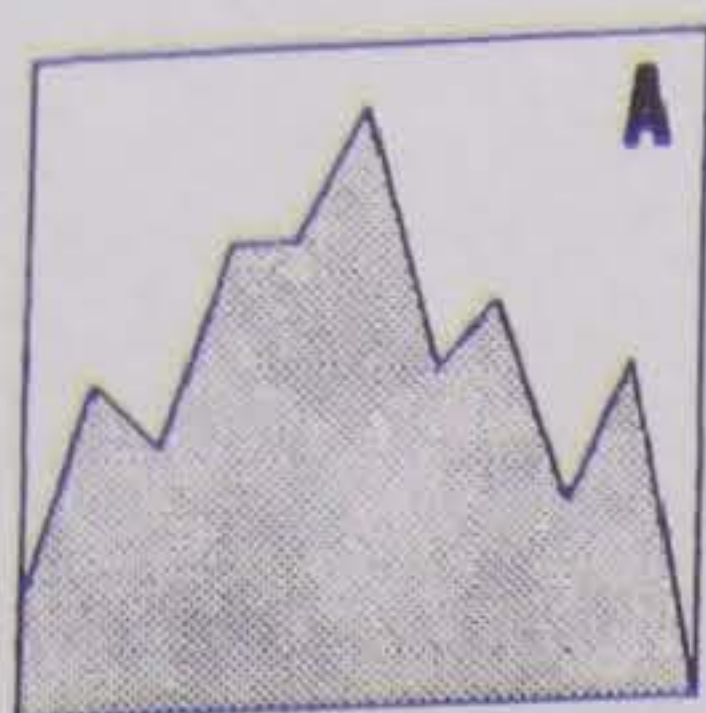
Le dessin doit faire état d'une manière non ambiguë des inconnues de l'information. Le lecteur peut interpréter (27) comme un changement de structure de la courbe et (29) comme comportant des valeurs nulles.

Les très petites quantités.

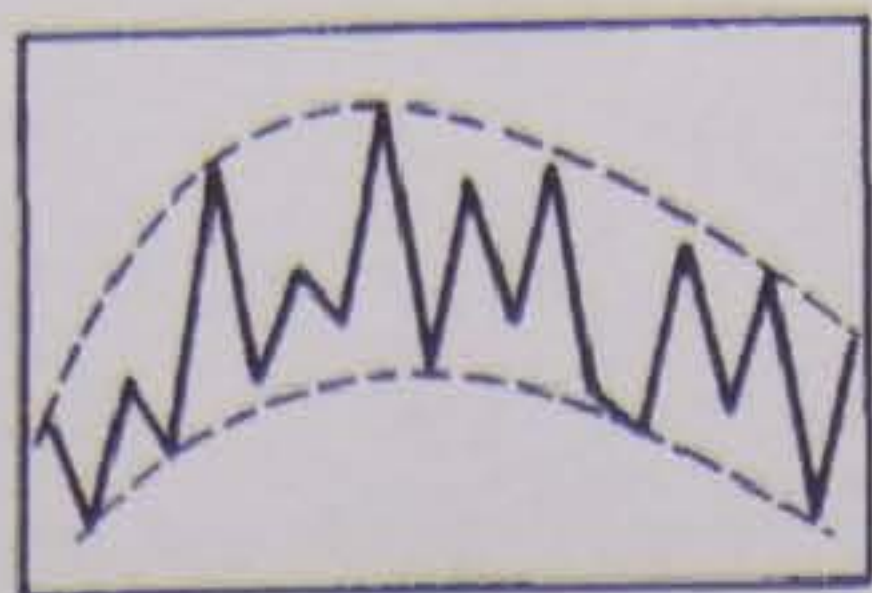
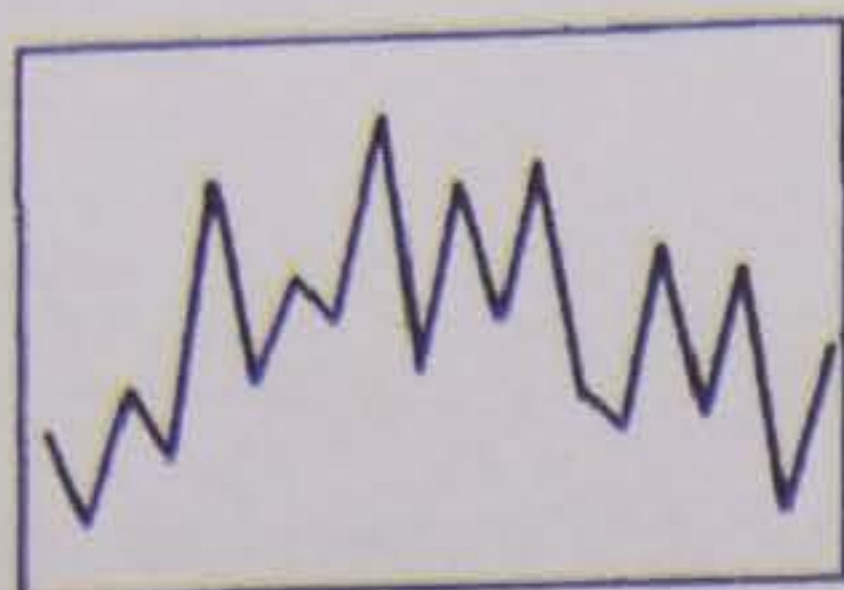
Sauf dans le cas de la recherche de corrélation (bien improbable ici) le nombre des navires entrés dans un port sera mieux figuré par 33. Au premier coup d'œil le lecteur percevra la valeur à accorder à un tel dénombrement.

Variation Positive-Négative. C'est en réalité un problème à 3 composantes O, Q,  $\neq$  (+ -) et visuellement il doit être traité d'après cette analyse, en utilisant une composante rétinienne pour la différenciation (ici différence de valeur : noir - blanc).

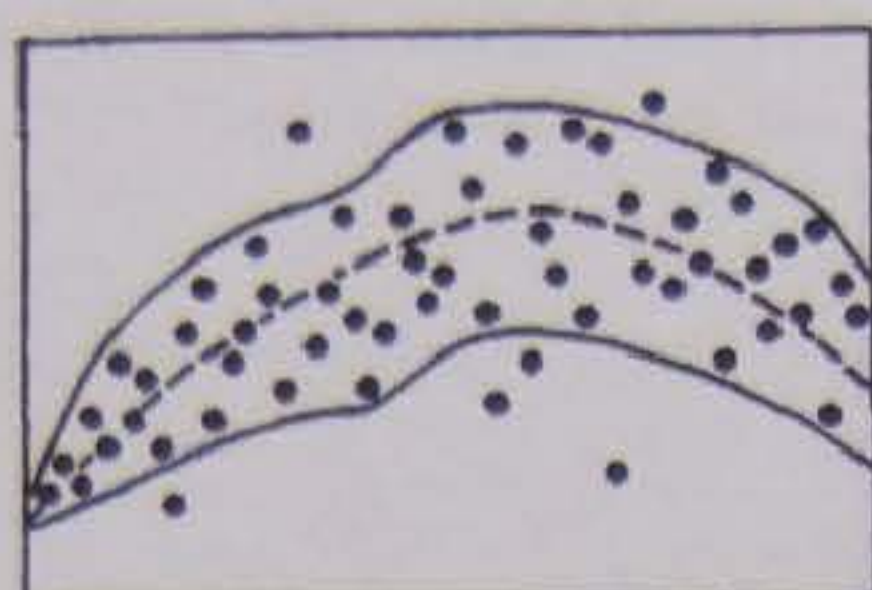
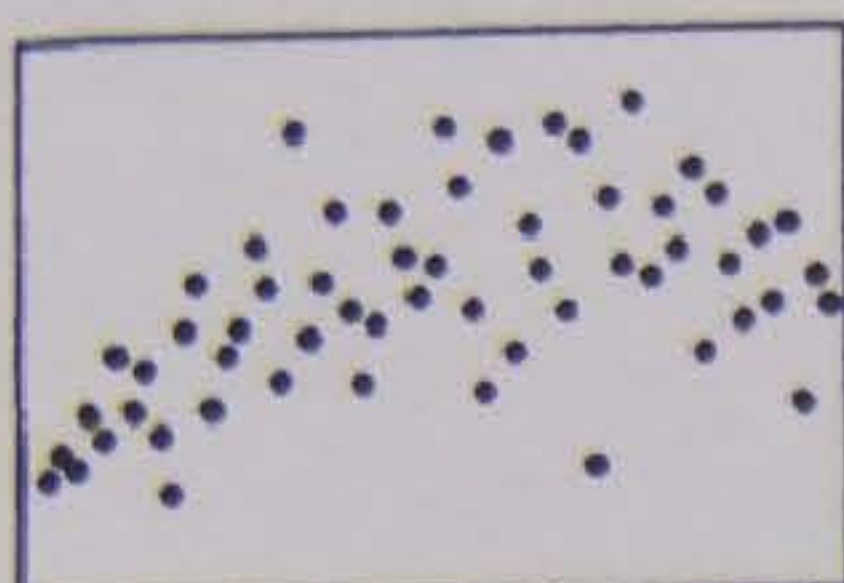




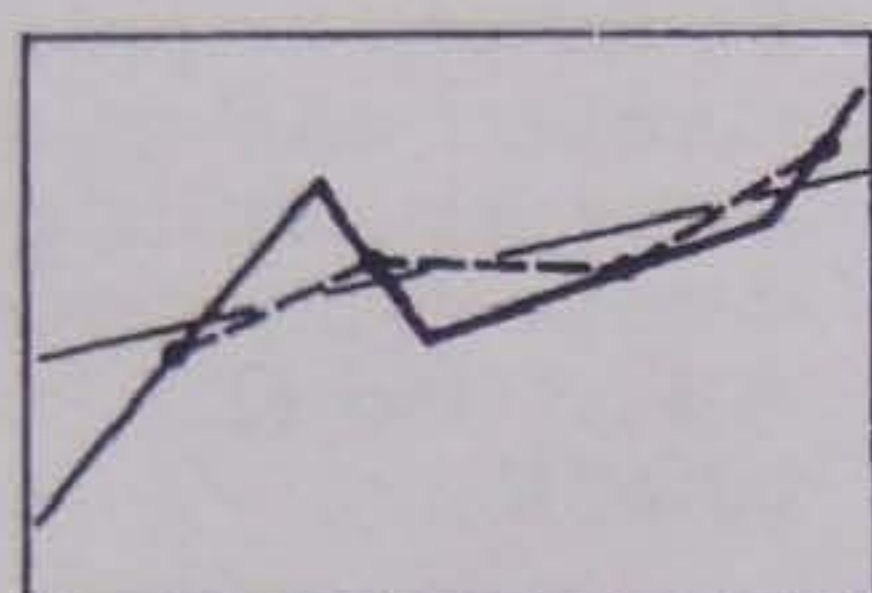
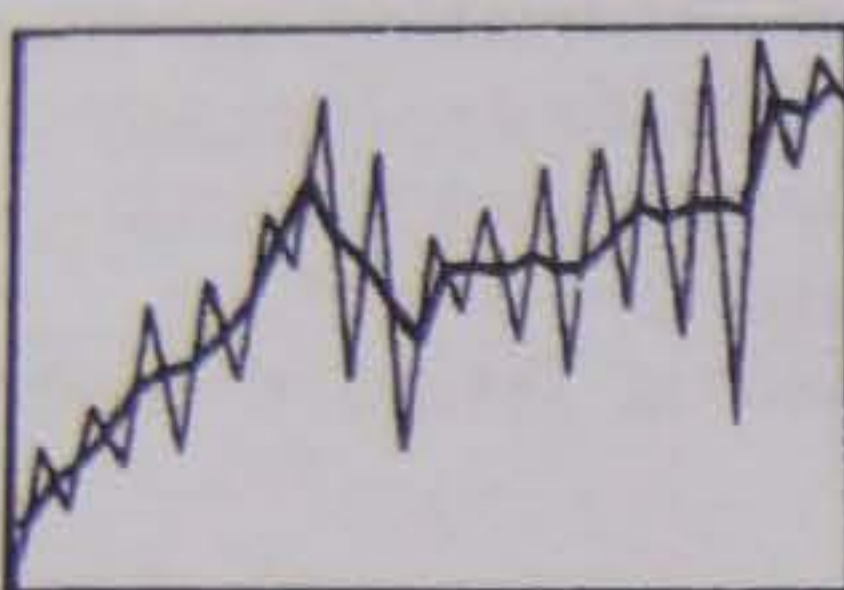
Faut-il construire suivant A ou B? S'il s'agit d'une courbe dans le temps on préfère A. S'il s'agit d'un test, on préfère B. Étant donné que l'appréciation latérale de l'œil est plus développée que l'appréciation verticale (développement des muscles de l'œil, habitude du tour d'horizon) cela signifie que l'on installe dans la perception la plus facile la composante la plus familière (le temps par exemple) et inversement la composante qui nous est peu familière (groupes socio-professionnels) (ordre des tests) dans la perception qui requiert plus d'attention, de concentration, ce qui favorise l'analogie figurative, essentiellement mémorisable des "Profils" en l'absence de repères déjà mémorisés (comme les dates du temps).



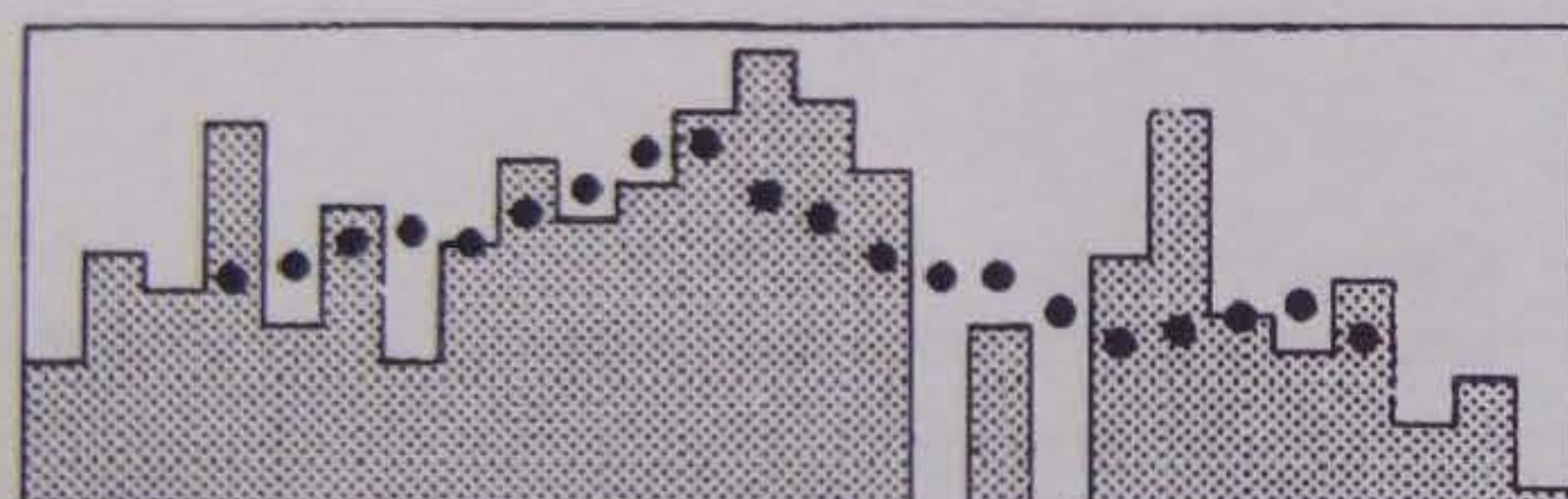
Les enveloppes permettent de souligner et dégager l'allure générale de la courbe — Un dessin à vue est le plus souvent suffisant ici, comme dans les cas suivants.



Un nuage de points peut être "enveloppé", l'axe de l'enveloppe, l'axe de la ligne de points (qui peuvent être différents) donnent ainsi l'allure d'ensemble.

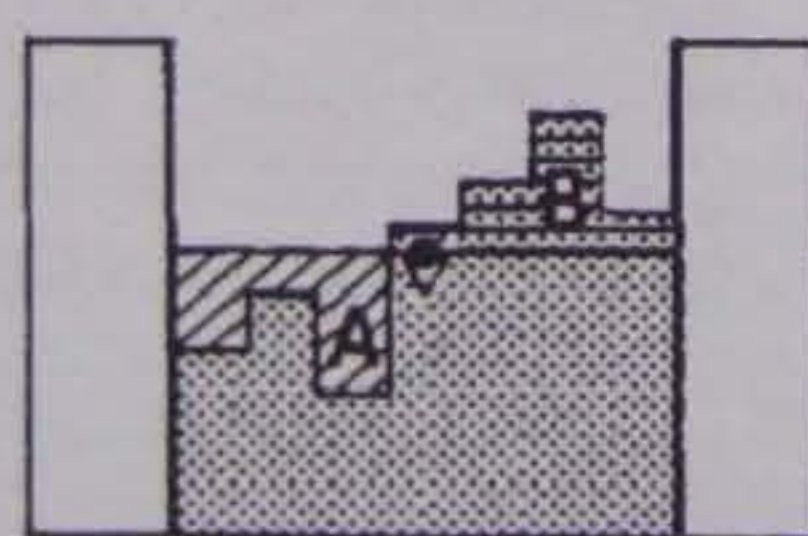
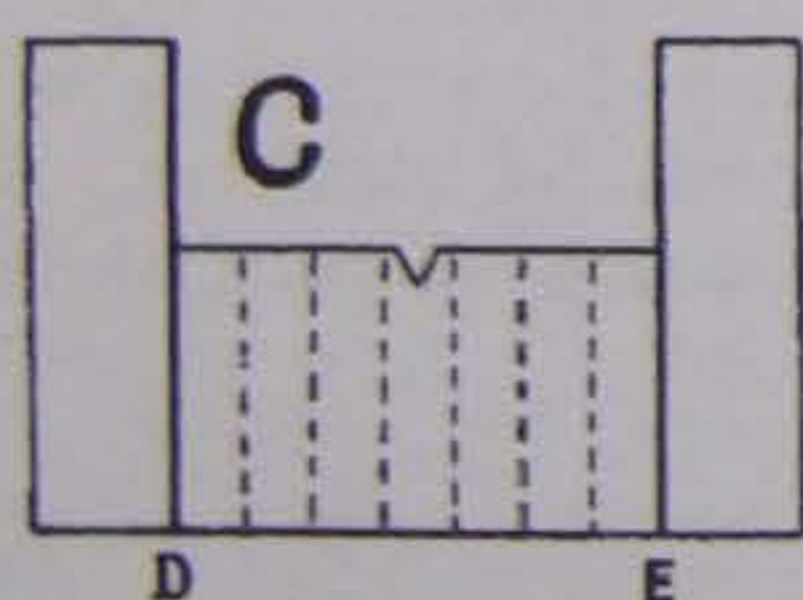


La simplification obtenue en prenant le centre de chaque élément de courbe montre la succession des niveaux possibles. Elle aboutit toujours en dernière limite à une droite.



Calcul graphique d'une moyenne mobile centrée, sur 7 ans.

On découpe dans un support transparent la forme (C) dont la largeur DE est égale à 7 colonnes, puis on la déplace sur la courbe, et colonne par colonne on recherche l'égalité des aires A et B. Celle-ci obtenue, on pointe le niveau dans l'encoche centrale.

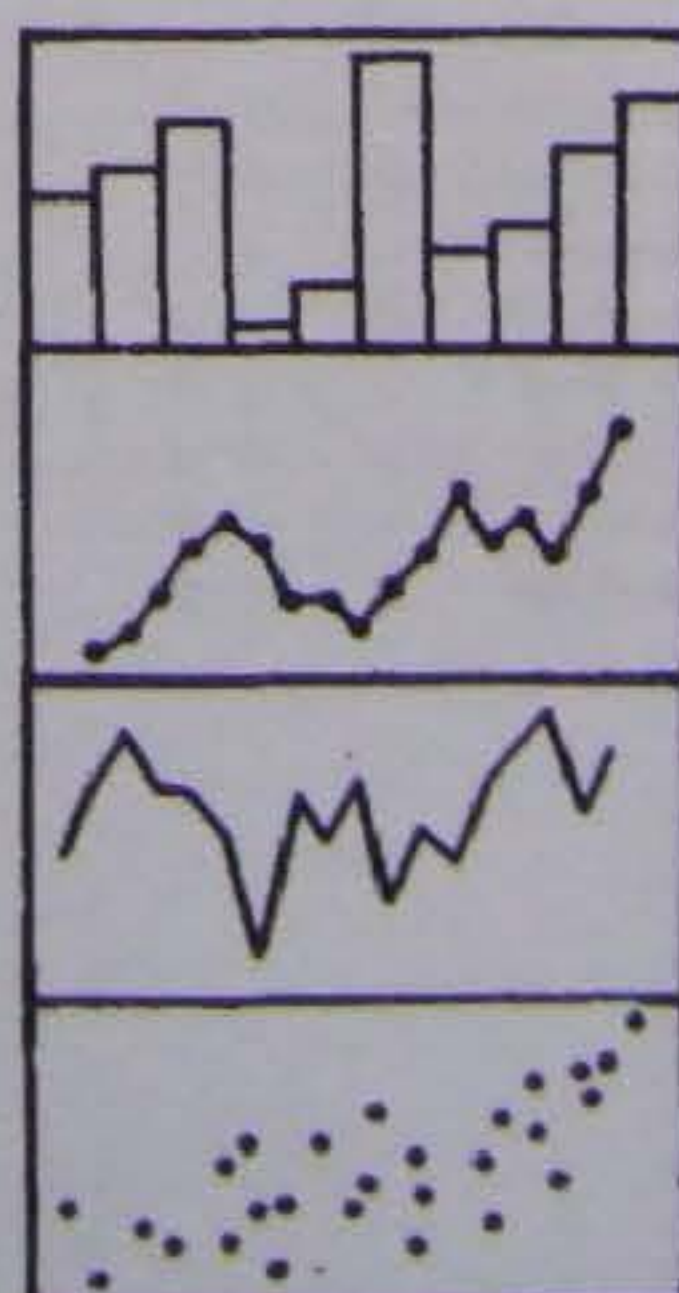


### En résumé

Lecture élémentaire

Niveaux élémentaire et moyens

Lecture d'ensemble



Vision des différences. Calcul graphique des moyennes mobiles

Inventaire de précision

Structure fine de la courbe

Tendance générale



## B. Diagrammes à trois composantes

Un problème à trois composantes exclut tout programme de comparaisons susceptible d'introduire d'autres composantes. L'image admettant trois composantes, tous les problèmes ci-après peuvent être construits en une image, et sont susceptibles d'être mémorisés comme tels.

Le tableau ci-dessous récapitule les principales constructions possibles. *La construction de base* convient généralement à tous les problèmes contenant trois composantes longues. Dans ce cas, le principe de la diagonalisation à trois composantes (p. 169) s'applique chaque fois que l'on rencontre une ou plusieurs composantes ordonnables ( $\neq$ ).

*Les cas particuliers* résultent de la notion de continu, ou de la présence de composantes  $\neq$  courtes. *La construction d'une collection de profils* à deux dimensions conduit à percevoir l'information à travers de multiples images.

	$\neq \neq \neq$ $\neq \neq \neq$ $\neq \neq \neq$ $\neq \neq \neq$	$\neq \neq \neq$ $\neq \neq \neq$ $\neq \neq \neq$	$\neq \neq \neq$ $\neq \neq \neq$ $\neq \neq \neq$	$\neq \neq \neq$ $\neq \neq \neq$ $\neq \neq \neq$
BASE				
CAS PARTICULIERS				
CONTINU				
$\neq 2$				
$\neq 3$				
$\neq$ COURT				
$\neq$ OUVERT				
		Collections de profils		



# 1. PROBLÈMES NON QUANTITATIFS

≠ ≠ ≠

## Exemple : FICHES ET FICHIERS

La constitution d'un fichier est une application des lois de la perception visuelle aux problèmes de classification.

La simple inscription d'une série de renseignements trouve dans l'ordre du plan (2) une solution plus rationnelle que dans l'inscription linéaire (1). Pour des séries longues et quelquefois illimitées, le tableau à double entrée doit faire place au FICHER (3).

### LE FICHER EST UNE MÉMOIRE

La rédaction d'une fiche s'inspire de la constatation qu'un fichier est d'abord une mémoire et qu'utiliser une mémoire c'est partir de spécifications connues pour aboutir à des spécifications inconnues. C'est par exemple, partir d'un lieu, d'une époque, d'une matière connus et découvrir un nom d'auteur.

Le nom d'auteur n'est qu'une position, dans l'ordre alphabétique, découverte par la mise en coïncidence de positions connues dans différents autres ordres.

Lorsqu'on rédige une fiche, c'est l'ensemble des fiches qu'il faut voir, car au moment de l'utilisation le regard du chercheur doit explorer au moins deux et le plus souvent trois ou quatre séries différentes de spécifications avant de pouvoir s'intéresser à une fiche. Du point de vue pratique, une fiche n'est pas un ensemble de renseignements, mais la concourance de plusieurs ensembles en un point.

La recherche procède par ensembles successifs, c'est-à-dire par séries de fiches, dans un type de spécification (le temps par exemple). Dans l'ordre du temps on doit repérer une date précise. Il importe donc que toutes les dates soient, pendant cette recherche, facilement identifiables, que l'attention puisse se concentrer sur elles seules — c'est-à-dire qu'elles soient sélectionnées visuellement. Et il en est de même pour chaque série de spécifications (5).

La sélection spatiale étant de beaucoup la meilleure et la plus facile à réaliser, on aboutit au principe fondamental :

Un type de spécification doit être toujours à la même place d'une fiche à l'autre (4).

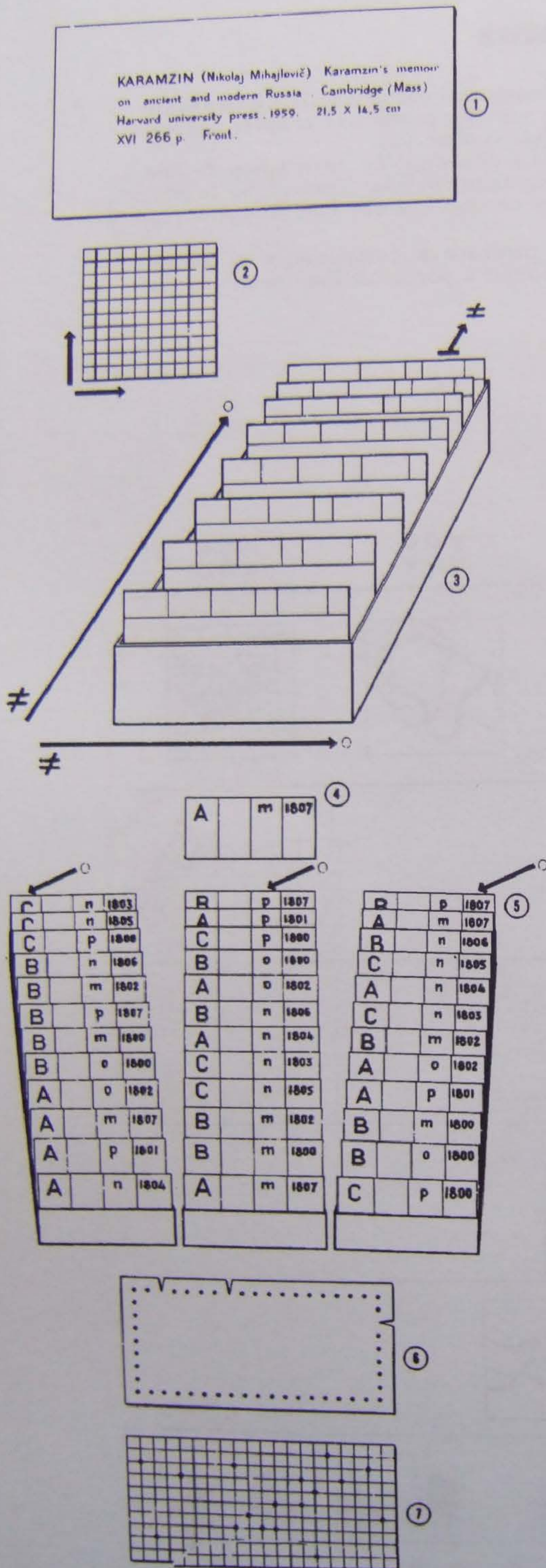
Particulièrement développée dans les calculatrices sans laquelle elles n'existeraient pas, l'organisation spatiale de la fiche varie suivant le nombre des spécifications, le nombre et la nature des combinaisons, la longueur des séries et les impératifs de la manipulation.

Au départ, le FICHER est un problème graphique à 3 composantes :

- ≠ différents objets;
- ≠ différents types de spécifications (époque, lieu, matière, ...);
- ≠ différentes spécifications.

Lorsqu'on a défini la disposition des types de spécification sur la fiche, ceux-ci deviennent ordonnés. Ensuite lorsque la collection de fiches est ordonnée suivant un type (le temps par exemple) le fichier devient une construction ≠ 0 0.

Sur la dimension verticale (collection des fiches), toute spécification est susceptible d'ordonner ou de classer l'ensemble des fiches. C'est le classement de 1<sup>er</sup> ordre (5). Les classements de 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> ordre ou sous-classe-





ments sont empruntés aux diverses autres spécifications. Des exemples d'utilisation sont donnés en (8) et (9).

On peut remarquer que les fiches organisées spatialement n'ont besoin d'aucune inscription supplémentaire (ou vedette) pour être introduites dans un classement quel qu'il soit. Il suffit de rédiger une fois la fiche et de la reproduire mécaniquement. (C'est la même fiche qui s'introduit dans les trois casiers de (5).)

### LA FICHE EST UN ÉLÉMENT STATISTIQUE

Mais toute fiche peut être considérée comme un élément statistique (un objet, un individu) possédant certains caractères. On peut alors *dénombrer les fiches* par catégorie de caractères (par catégorie de spécification socio-professionnelle par exemple ou par classes d'une suite ordonnée : classe d'âge) et procéder à toutes les études corrélatives offertes par les caractères analysés (10).

Ce dénombrement est facilité par la *fiche à perforation marginale* (6). Une série d'emplacements perforés est réservée à une spécification donnée (spécification géographique par exemple) et chaque perforation correspond à une catégorie (un département). Dans chaque fiche, une encoche remplace le trou pour le département observé. Une aiguille, glissée dans ce trou, à travers l'ensemble des fiches, libère les fiches correspondant au département et retient les autres fiches.

Mais le nombre des perforations possibles est limité. La multiplication des trous est obtenue par l'utilisation de toute la surface et aboutit à la *fiche perforée* (7) lisible et triable par des systèmes électroniques et qui permet des séries très longues et finement catégorisées.

### FICHES SIGNALÉTIQUES, FICHES ANALYTIQUES

Toutes ces fiches sont *signalétiques*, c'est-à-dire que l'on fabrique *une fiche par objet* ou individu, l'ensemble des renseignements relatif à une spécification donnée (à un caractère) nécessitant l'ensemble des fiches.

Mais grâce à la précision de l'identification spatiale, telle qu'on peut réaliser pratiquement 1000 à 10000 trous numérotés parfaitement identifiables sur une fiche, on peut retourner le problème et établir *une fiche par spécification (par caractère)*, chaque trou étant réservé à un objet défini ou à un individu donné. C'est la *fiche analytique* qui fournit immédiatement à vue le nombre de trous (c'est-à-dire d'objets ou d'individus) répondant à telle spécification, et par la superposition de quatre fiches par exemple : Dépt du Nord - prix - blé - 1960, tous les documents répondant exactement à ce problème.

Ces documents correspondent aux quelques emplacements troués sur les quatre fiches et immédiatement visibles par transparence (système "Sélecto").

La documentation décentralisée de demain repose soit sur des séries de fiches signalétiques enregistrées sur mémoire magnétique, soit sur des séries de fiches analytiques que l'on peut envisager maintenant pouvoir contenir chacune plus de 100000 objets.

Le grand problème de cette documentation n'est pas le nombre des documents, mais la constitution du *code d'analyse* qui doit refléter une logique fondamentale, applicable par tous, chercheurs, auteurs, analystes, quel que soit le sujet de la recherche, et quel que soit le système de signe (verbal, écrit, graphique, photographie, cinéma...) dans lequel l'information est consignée (v. p. 424).

LARISSA	11 <sup>e</sup> s	Monnaies	556 B
lieu	date	fait ou personnage	référence

Fiche d'enquête bibliographique  
(d'après une enquête historique sur la Tessalie)

SORRE Max.	GEOGRAPHIE	1925	MEXIQUE
<u>auteur</u>	<u>principale matière</u>	<u>date et lieu décrits</u>	
A.15.27.3	GEOGRAPHIE UNIVERSELLE.TXIV MEXIQUE AMERIQUE CENTRALE	1928	
<u>cote</u>	<u>titre</u>	<u>date de publication</u>	
Géographie générale La Méditerranée américaine. Le Mexique, l'Amérique centrale, les Antilles			
<u>analyse</u>			
A.Colin. Paris. Géographie Universelle. + XIV. (V. de la Blache et Gallois) In 9°. 234 p. Cartes et photographies.			
Editeur - Publication - format - pages - figures -			

Fiche signalétique de bibliothèque

27 F	Sans	ge	Sac à main	50
âge	profession	domicile	objet volé	montant
sexe	du vol			
nom				
adresse				

Fiche d'enquête  
(d'après V.V. STANCIU - Enquête sur le vol dans les grands magasins)  
Cette fiche permet d'établir les données de nombreux "tableaux croisés" (p. 227)



≠ ≠ 0

≠ 0 0 TROIS COMPOSANTES

0 0 0 NON QUANTITATIVES

### 1<sup>er</sup> exemple :

Soit, d'après la thèse de linguistique de B. QUEMADA, citée par G. MATORE dans la "Méthode en lexicologie", Didier-Paris, 1953, l'exemple suivant :

Fréquence de quelques mots du vocabulaire galant chez des écrivains du XVII<sup>e</sup> siècle. La fréquence des mots, déterminée approximativement n'est pas quantitative; elle est seulement à trois catégories ordonnées :

emplois fréquents (en noir)

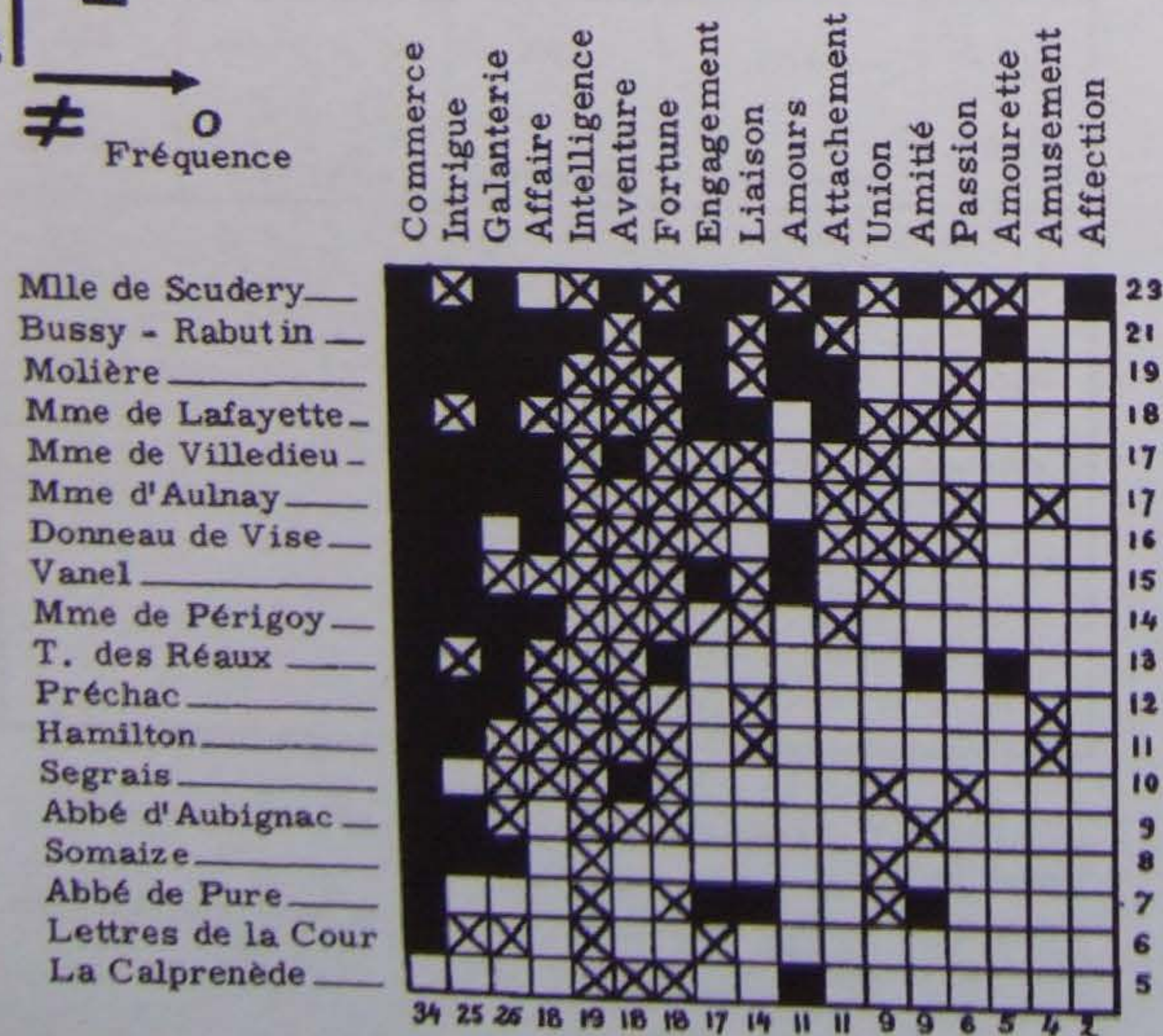
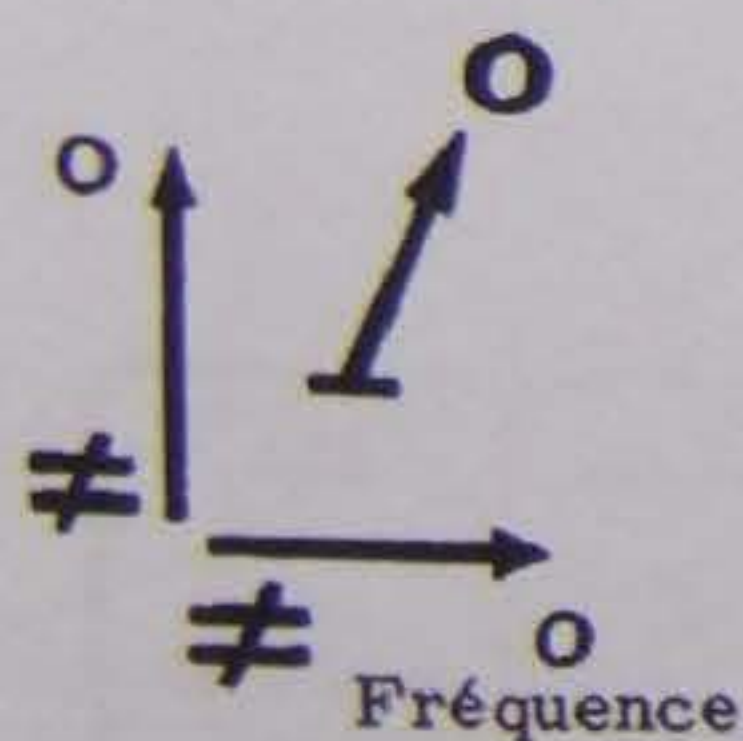
emplois rares (en gris)

emplois exceptionnels ou inexistant (en blanc)

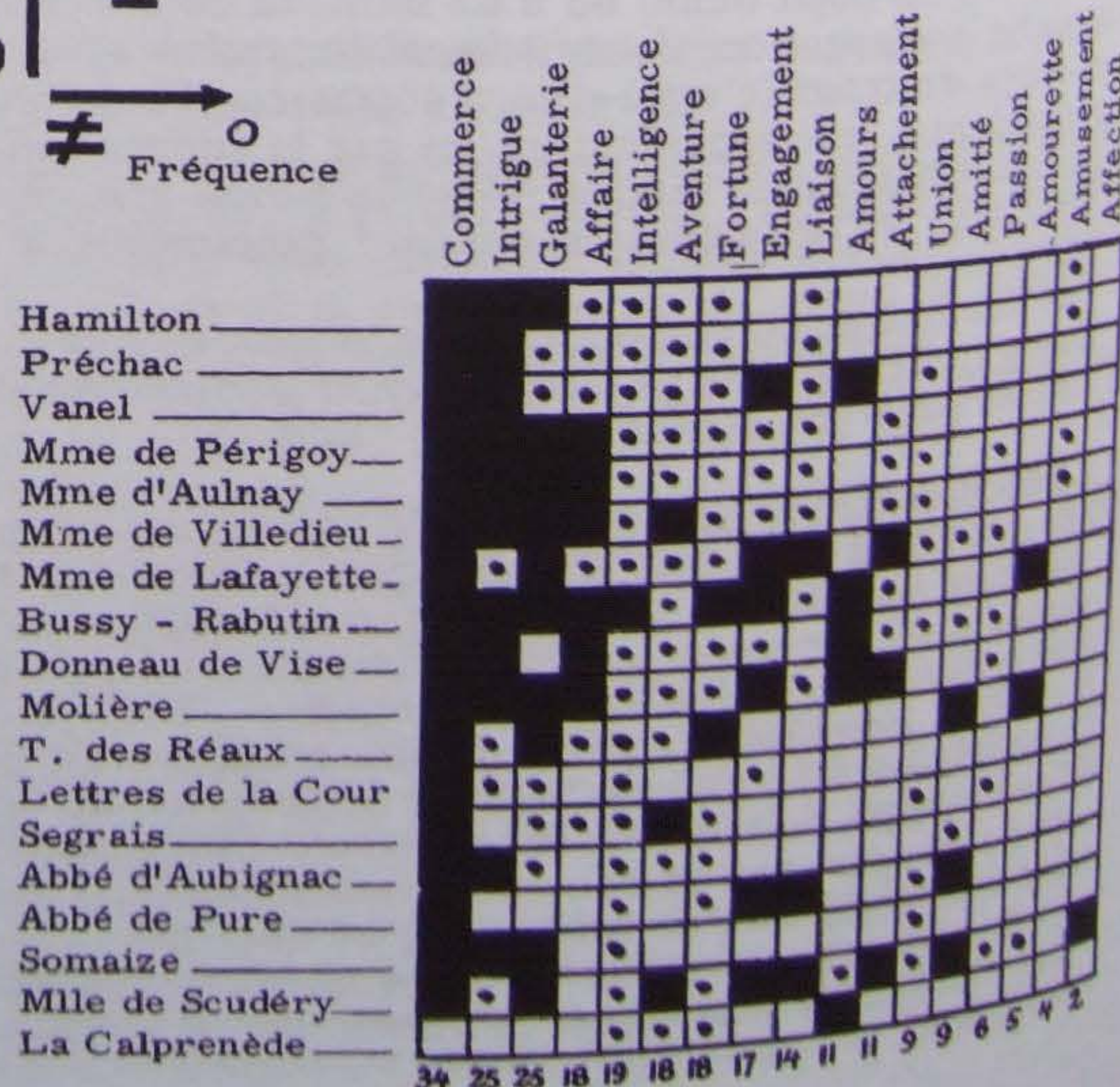
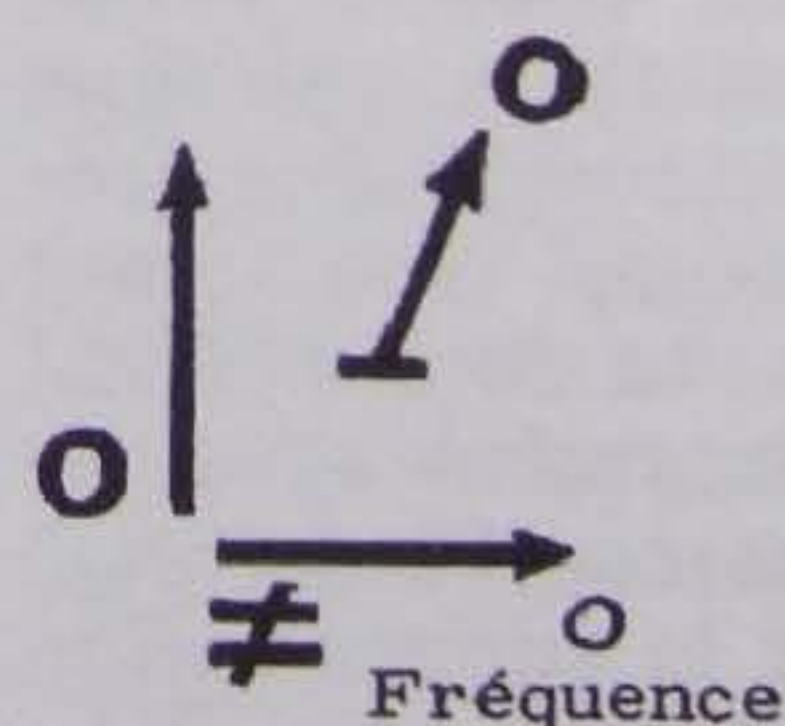
C'est un exemple d'appréciation ordonnée. Le problème peut être considéré suivant les trois cas suivant :

≠ ≠ 0 Auteurs et mots sont simplement considérés comme différents et sont par conséquent ordonnables suivant leur fréquence générale déterminée en additionnant chaque colonne. Pour pouvoir additionner des appréciations non quantitatives, on donne au noir la valeur 2, au gris la valeur 1. Les nombres totaux n'ont qu'une signification d'ordre.

La figure obtenue témoigne de la familiarité de certains mots, de la richesse de vocabulaire des auteurs. L'ensemble étant ordonné sur ces deux concepts, il est possible de grouper les auteurs par type de vocabulaire et de grouper les mots par type d'auteur.

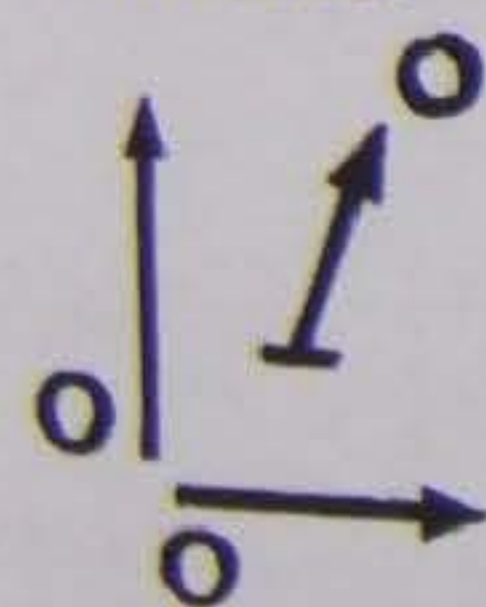


≠ 0 0 Les mots sont toujours considérés comme simplement différents et ordonnables suivant leur fréquence d'ensemble mais les auteurs sont ordonnés dans le temps (suivant par exemple leur âge, ou la date des œuvres étudiées), le temps s'écoulant ici de bas en haut. L'interprétation de l'image porte alors sur l'évolution de la "mode" littéraire suivant les époques.

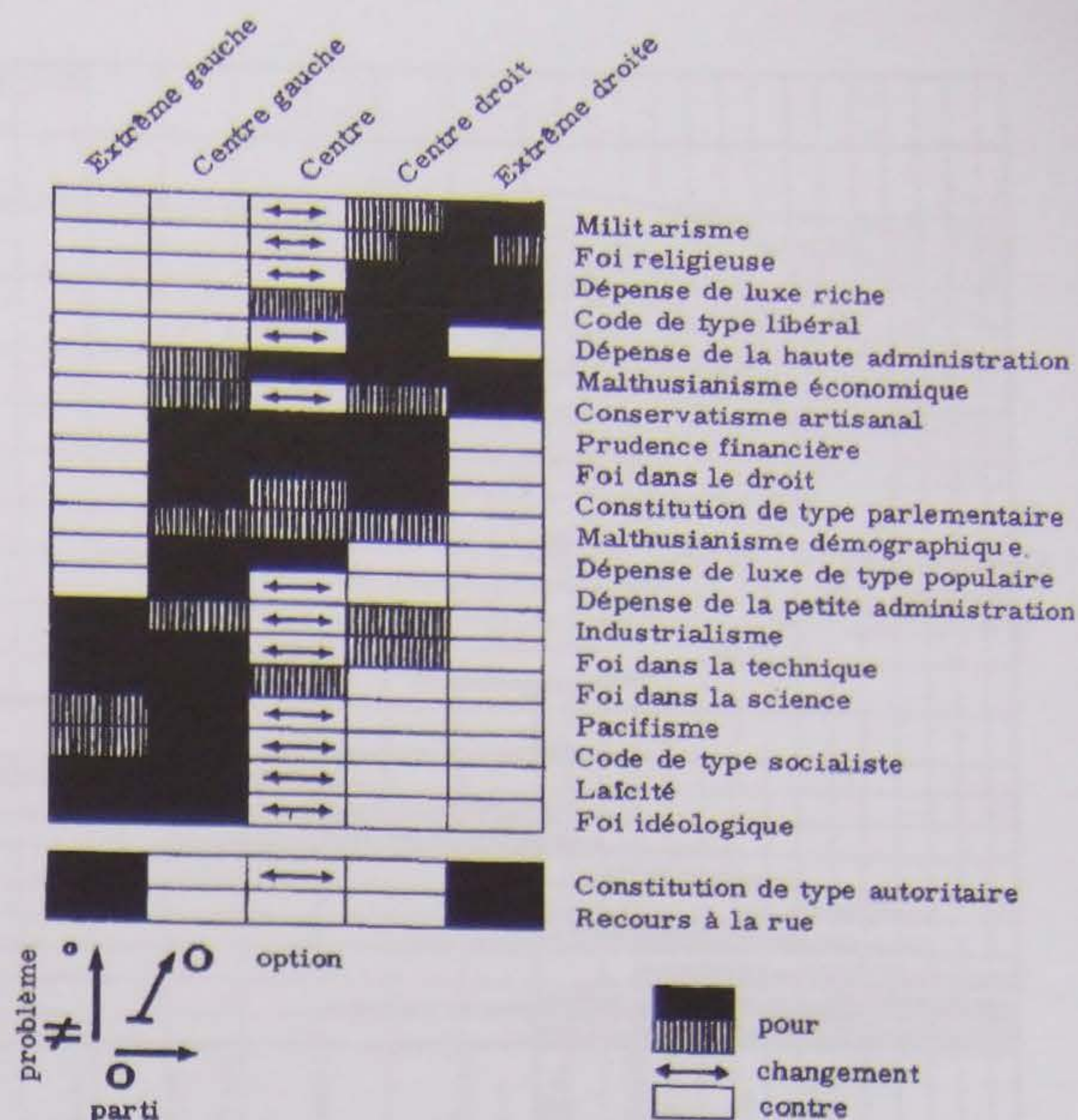
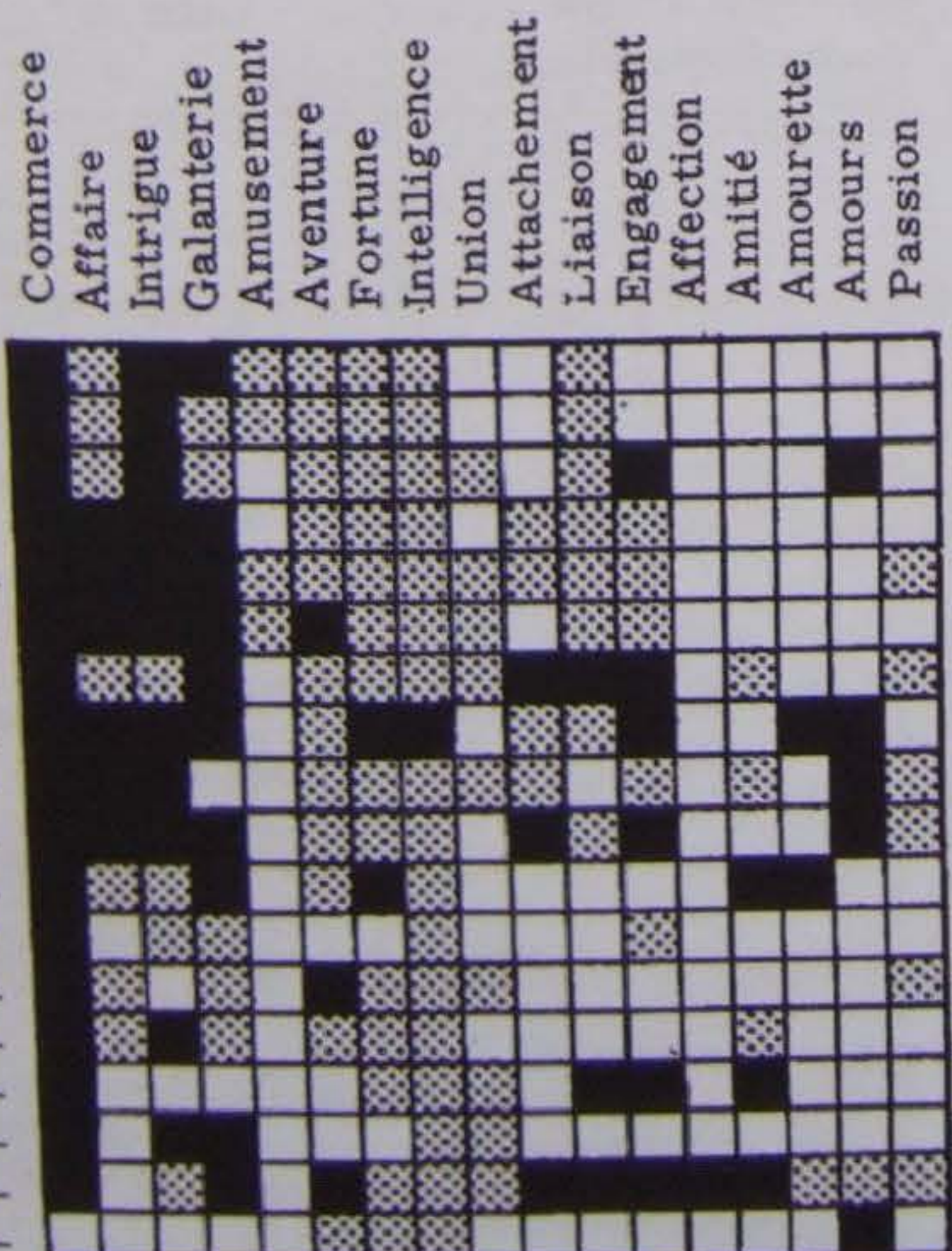




000 Mots et auteurs sont considérés comme ordonnés, les auteurs dans le temps, les mots suivant une évaluation a priori de leur puissance expressive. En suivant l'ordre du temps on découvre des époques où les mots extrêmes sont plus employés, puis leur fréquence diminue. C'est l'évolution de la signification des mots et les étapes de leur dégradation qui apparaissent. Évidemment, les résultats sont d'autant plus intéressants que mots et surtout ouvrages et auteurs sont nombreux, et l'exemple ci-contre ne peut être qu'une indication de méthode. La linguistique moderne dépasse d'ailleurs le stade de la représentation graphique et établit des corrélations par les méthodes mécanographiques. Mais les principes de base restent les mêmes.



Hamilton  
Préchac  
Vanel  
Mme de Périgoy  
Mme d'Aulnay  
Mme de Villedieu  
Mme de Lafayette  
Bussy - Rabutin  
Donneau de Vise  
Molière  
T. des Réaux  
Lettres de la Cour  
Segrais  
Abbé d'Aubignac  
Abbé de Pure  
Somaize  
Mlle de Scudéry  
La Calprenède



## 2° exemple :

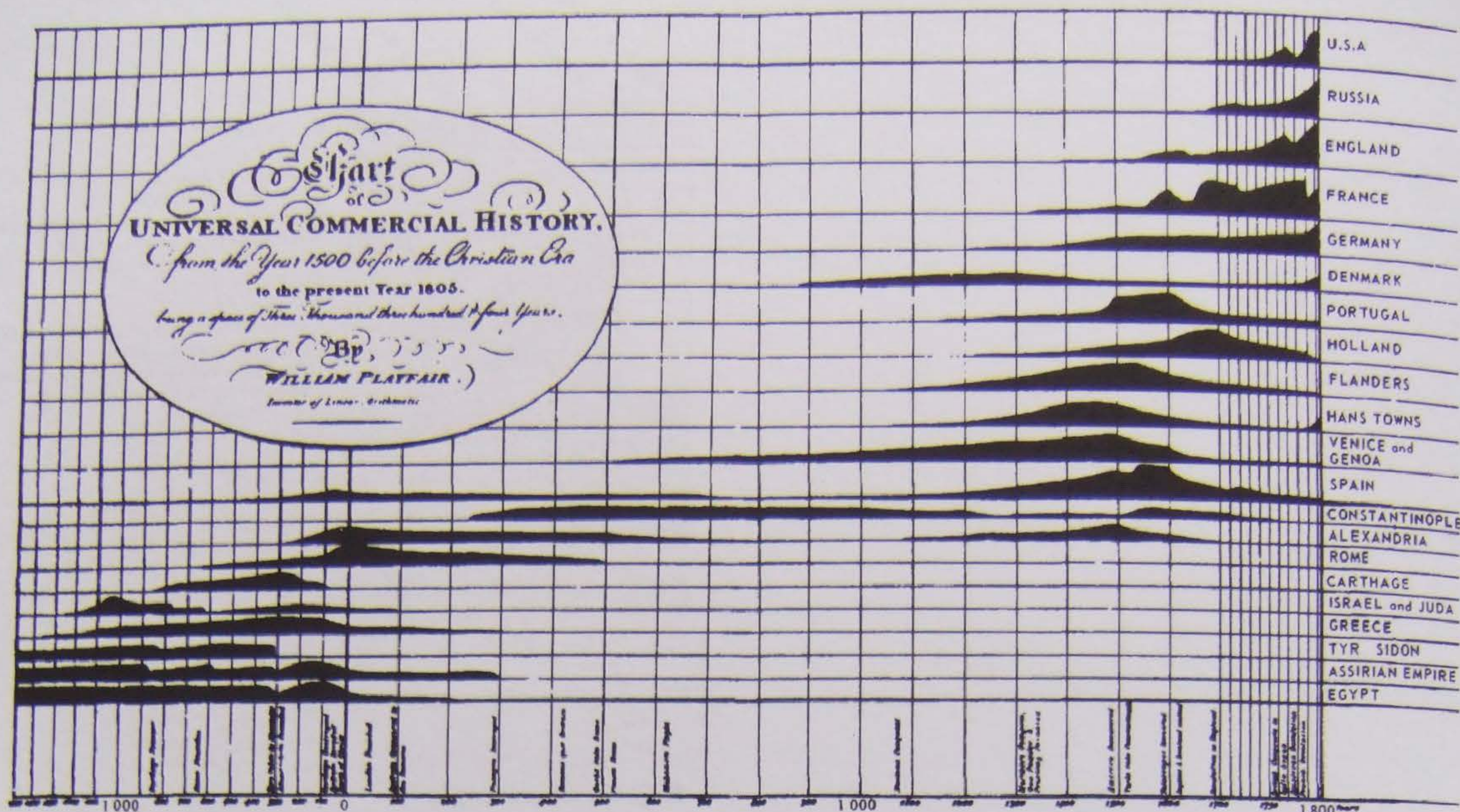
Les caractères dominants des cinq tendances politiques françaises en 1956. D'après C. MORAZE, "les Français et la République", A. Colin, Paris 1956.

Trois composantes :

- ≠ les caractères
- les tendances politiques
- l'appréciation à quatre niveaux : deux pour (noir et gris), un niveau "changeant" (flèches), un niveau contre (blanc).

La mise en ordre permet de classer les caractères, de définir la droite, la gauche. Quant au centre, voici le commentaire de C. MORAZE : "le centre, par nature, est obligé de changer d'avis sur la plupart des points essentiels et ce sont ces changements qui permettent l'évolution gouvernementale. Bien entendu, ces changements peuvent survenir soit à l'intérieur d'un même parti du centre, soit par la substitution d'un parti à l'autre siégeant au centre".





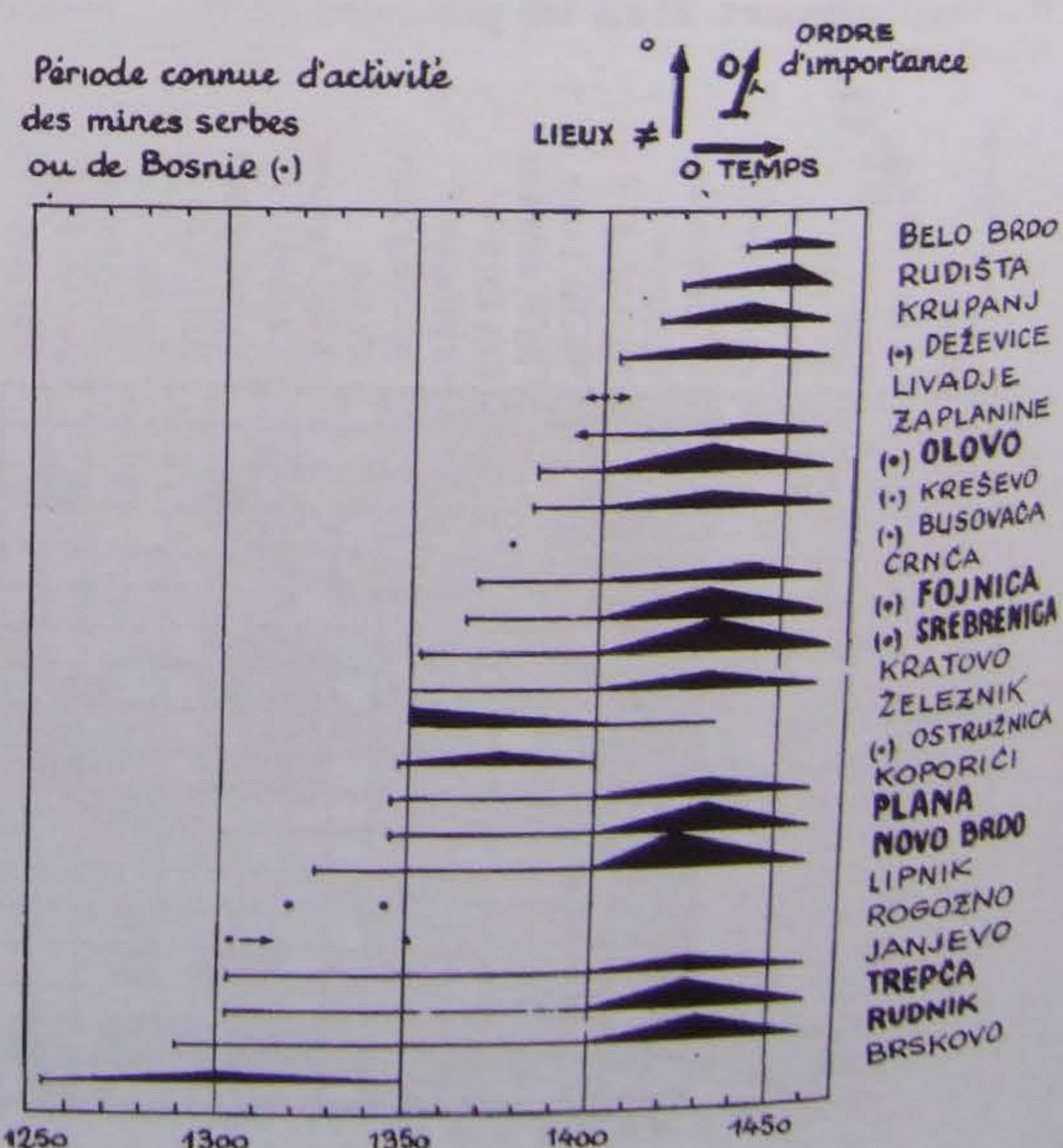
### ≠ 0 0 3° exemple :

Le diagramme représentant "l'histoire commerciale universelle", de William PLAYFAIR dans "An Inquiry Into the Permanent Causes of the Decline and the Fall of Powerful and Wealthy Nations", Londres 1805, ouvre l'ère des synoptiques historiques.

Les trois composantes sont les régions géographiques ≠ considérées comme ordonnables, l'ordre du temps 0, l'appréciation non quantitative de l'importance relative 0. L'échelle du temps varie avec la connaissance historique et s'élargit dans la période moderne. On notera l'ignorance complète, à cette époque, des puissances asiatiques et la sous-appréciation du commerce musulman.

### ≠ 0 0 4° exemple :

La même représentation peut être employée dans tout problème historique lorsque, à défaut de chiffres, l'auteur acquiert cependant une connaissance très probable des importances relatives de phénomènes étudiés. Voici, d'après D. KOVACEVIC "les mines d'or et d'argent en Serbie et en Bosnie" (Annales 1960, n° 2, A. Colin, Paris), une appréciation non quantitative d'activité minière. Elle complète le diagramme (2), p. 198, dans lequel les mines avaient été ordonnées suivant la date de leur mise en service.



A la question: faut-il représenter graphiquement des données non quantitatives? on répondra affirmativement chaque fois que l'auteur jugera qu'il est le meilleur connaisseur de la question étudiée. Dans ce cas il est de son devoir de faire état de toutes ses connaissances, y compris de cette appréciation de la tendance, progressivement obtenue à force de travail et qui constitue une *information* nouvelle. Il suffit que le lecteur soit averti de la nature approximative, et par conséquent modifiable, des appréciations de détail.



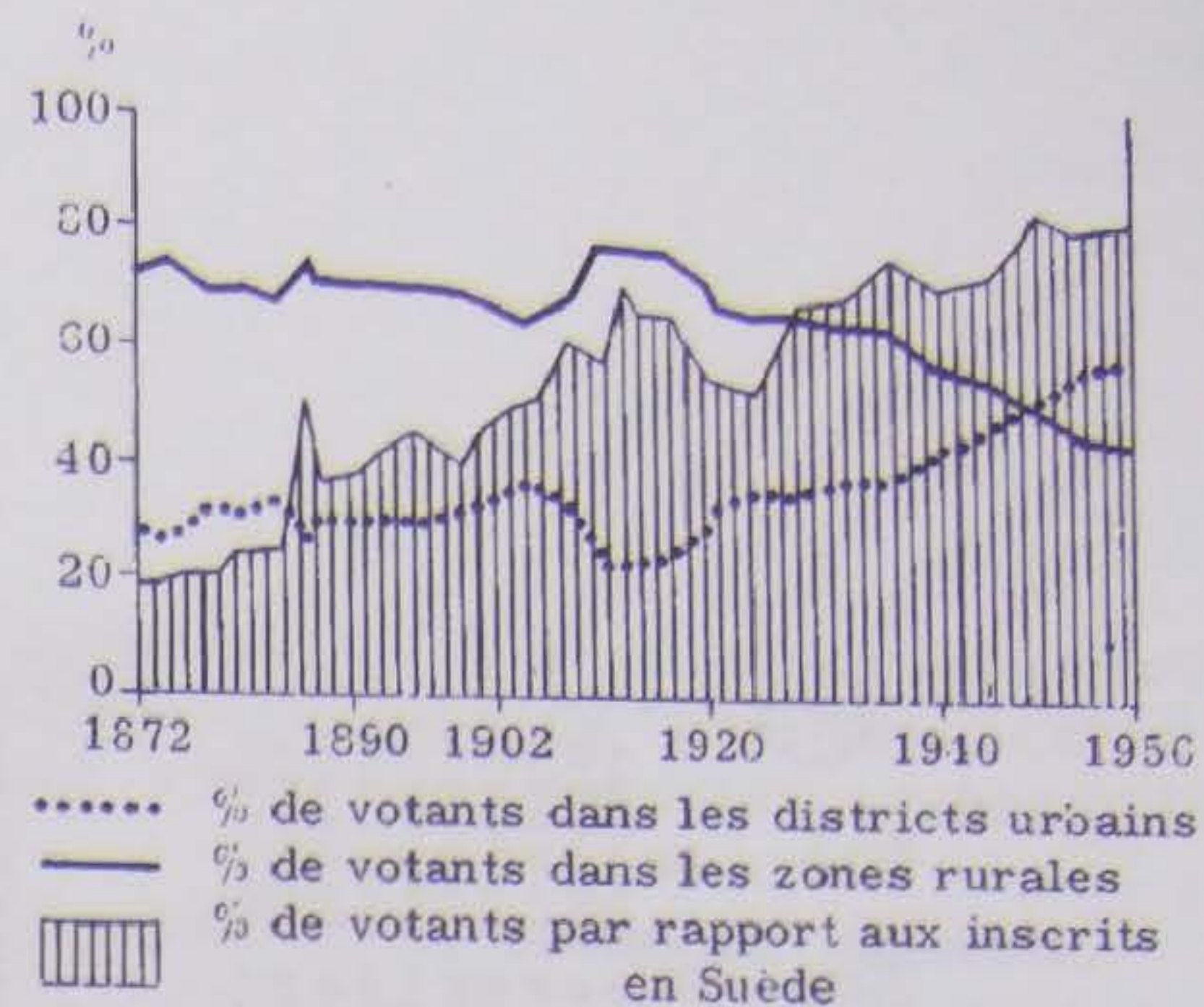
## 2. UNE COMPOSANTE QUANTITATIVE

On distinguera :

les **tableaux croisés**, que partagent un ensemble suivant deux composantes :  $Q \neq \neq$

les **comparaisons de chroniques**, fondées sur un ordre commun :  $\neq Q O$  Exemple (1).

et les **comparaisons de répartitions**, distributions, concentrations  $\neq Q O (Q \neq)$ .



1

$Q \neq \neq$      $Q \neq O$      $Q O O$

### LES TABLEAUX CROISÉS

Le dépouillement d'une enquête de sociologie partage, par exemple un groupe de personnes interrogées suivant deux types d'observations, ce qui, avec les quantités fournit un problème à trois composantes :

INV. - personnes interrogées

COM. -  $Q$  de personnes suivant

$O$  4 tranches d'âge

$\neq$  5 circonstances de fréquentation des cafés

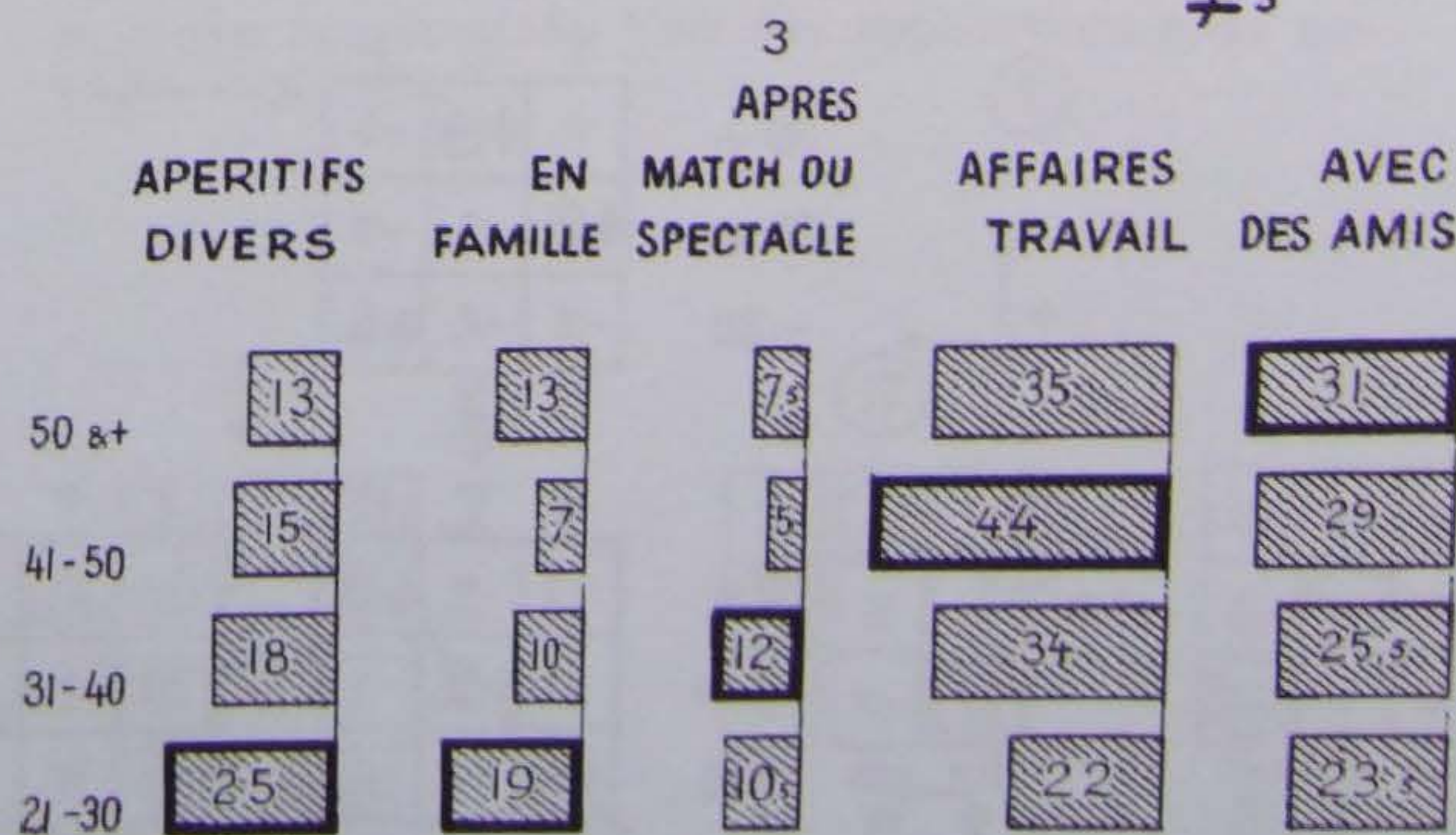
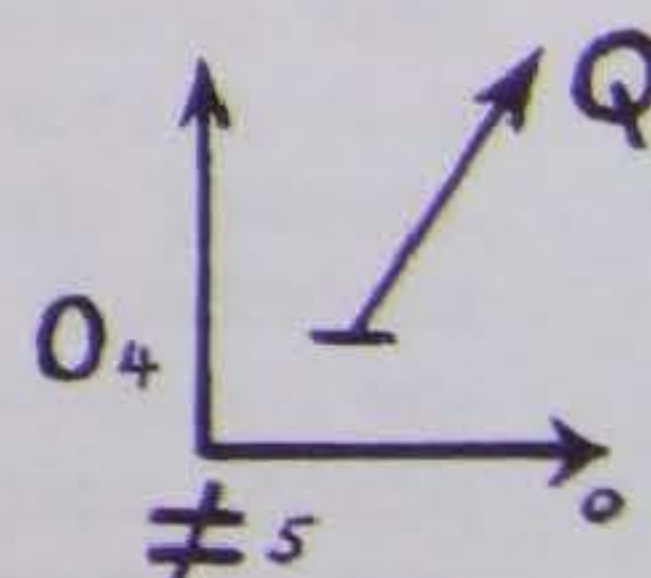
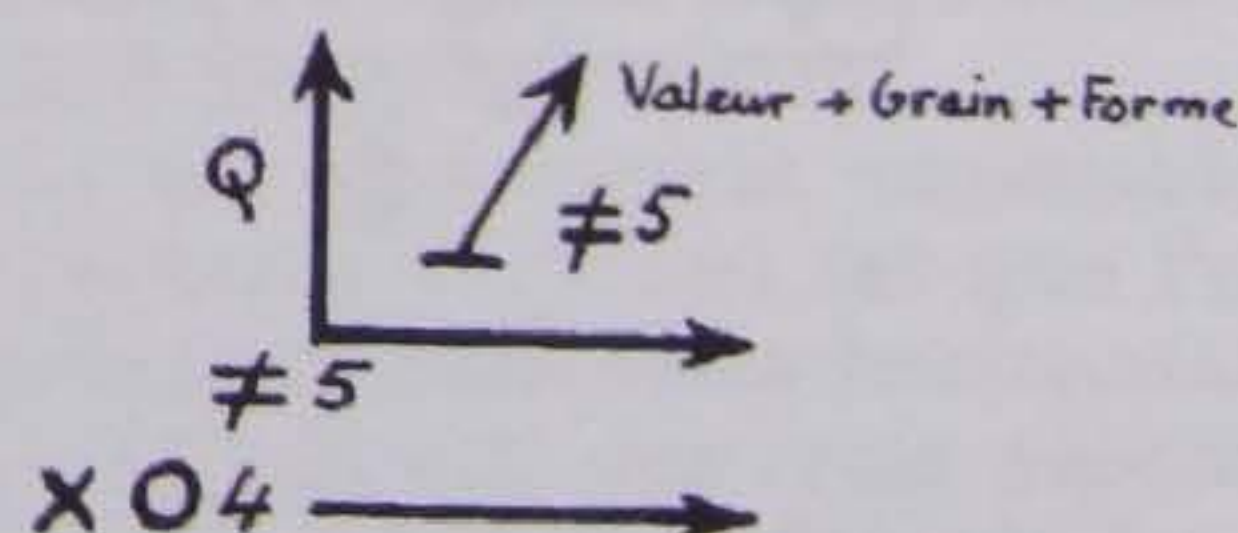
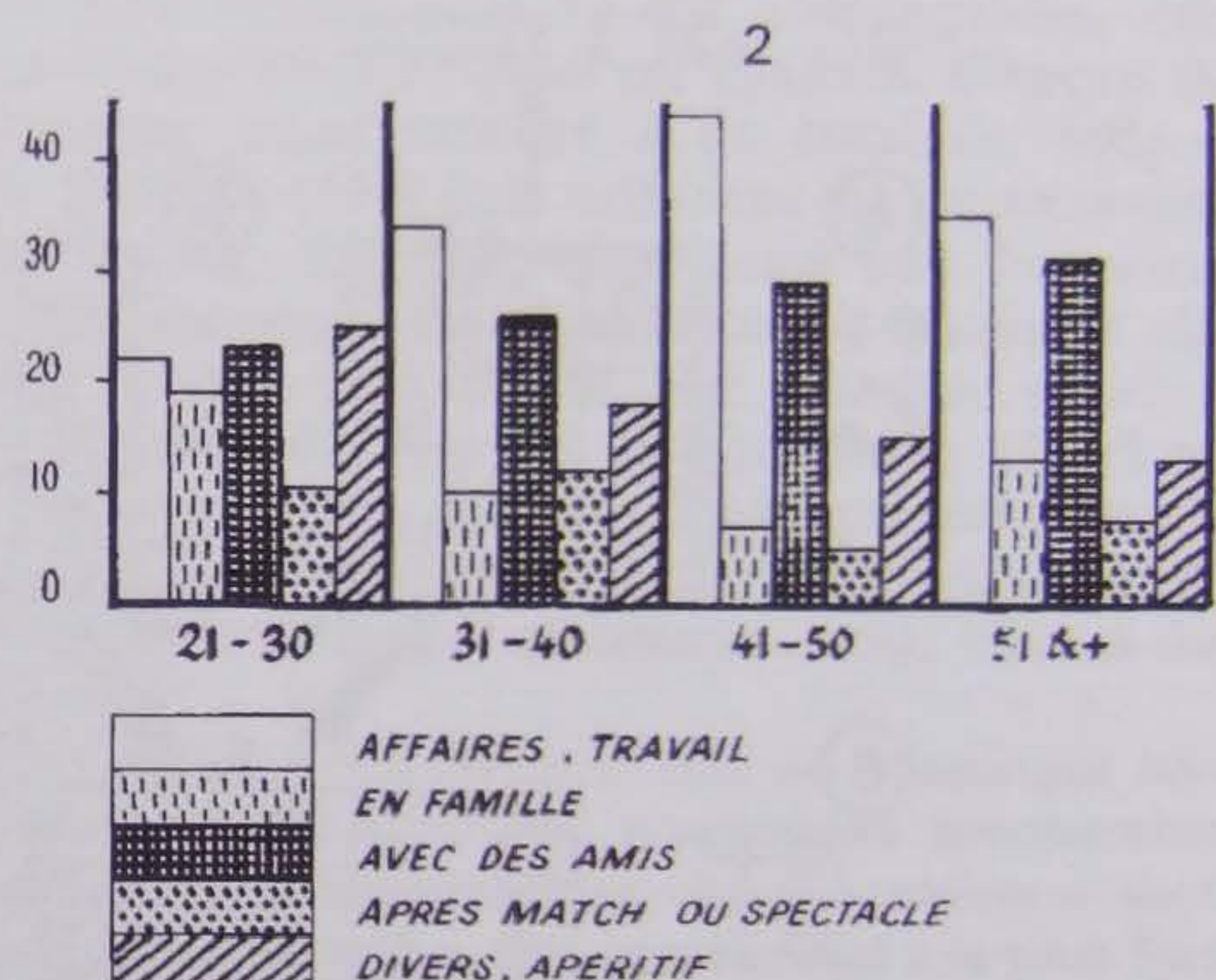
(déclare aller au café pour affaires, en famille, avec des amis...).

Le calcul permet de ramener l'information à une série de pourcentage par tranche d'âge.

Quels renseignements peut-on tirer de la construction (2)? Que trois circonstances sont toujours en tête : affaires, amis, apéritif. Les totaux l'expriment déjà. Que le poste "après match" est le dernier dans trois catégories d'âge. Ce sont des renseignements anecdotiques. Les questions de niveaux moyens et la question d'ensemble ne trouvent pas de réponse.

La construction de base (3) permet l'exploitation complète de l'information et fait apparaître, en plus de ce qu'on vient de voir :

- que la plus forte tendance "apéritif" correspond à 21-30 ans et que ce type de fréquentation décroît régulièrement avec l'âge;
- qu'il en est de même pour ceux qui vont au café "en famille" et une variante introduit la présence des parents;
- légère tendance des jeunes et des 30-40 chez ceux qui déclarent aller au café "après un match ou un spectacle";
- que les cafés d'affaires ont une clientèle majoritaire vers les 30-40 ans, toutes choses égales;
- que plus l'on vieillit, plus on a tendance à aller au café "avec des amis";
- qu'il est possible de classer les fréquentations en fonction des âges, d'ordonner la figure et d'y trouver la justification des catégories définies au préalable.





## TRAITEMENT GRAPHIQUE DES TABLEAUX CROISÉS

Un ensemble déterminé d'objets ou d'individus, partagé simultanément par deux composantes qui se croisent, fournit à l'observateur un tableau "croisé" de nombres (5); il s'oppose aux partages successifs.

### Deux partages successifs.

Soit 100 personnes tout d'abord partagées par classes d'âge : "30 ans et plus" 60, "20 à 29 ans" 20, "moins de 20 ans" 20. On peut en déduire (1).

Partagées ensuite suivant trois jeux favoris : "tennis" 20, "cartes" 10, "football" 70, on en déduit (2).

Ces partages montrent que "dans l'ensemble", la population comprend une majorité de "plus de 30 ans", qui préfère le football. Mais une telle information ne nous apprend pas qui joue aux cartes : les plus de 30 ans, ou les moins de 20 ans? Qui joue au tennis?...

### La répartition homogène.

On ne peut qu'établir une répartition des joueurs (improbable mais seule possible) suivant ce qu'on connaît de la répartition par âge.

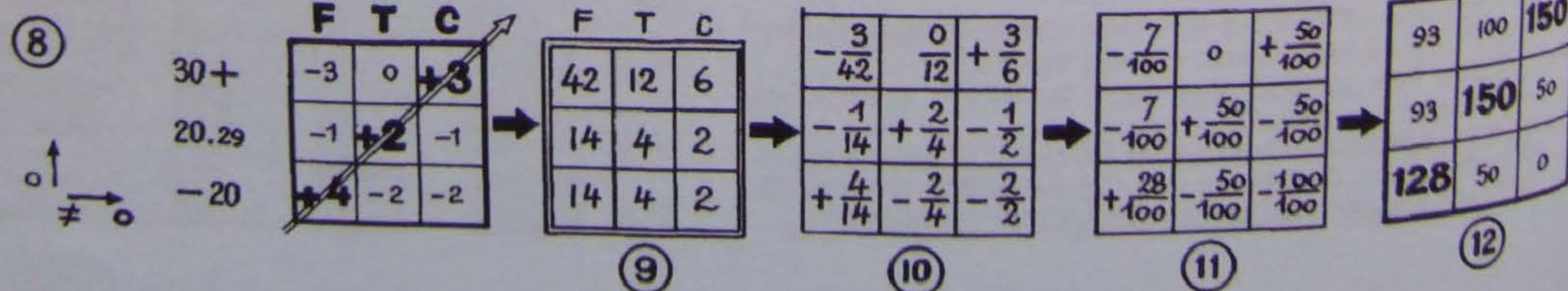
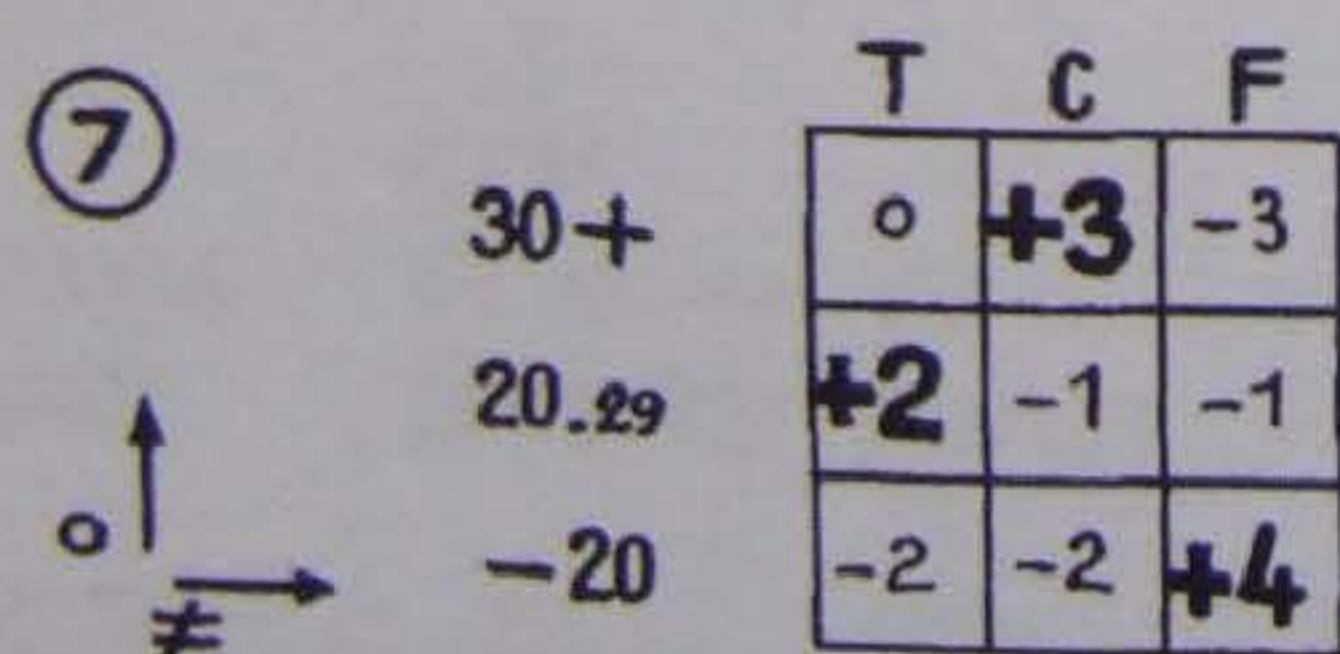
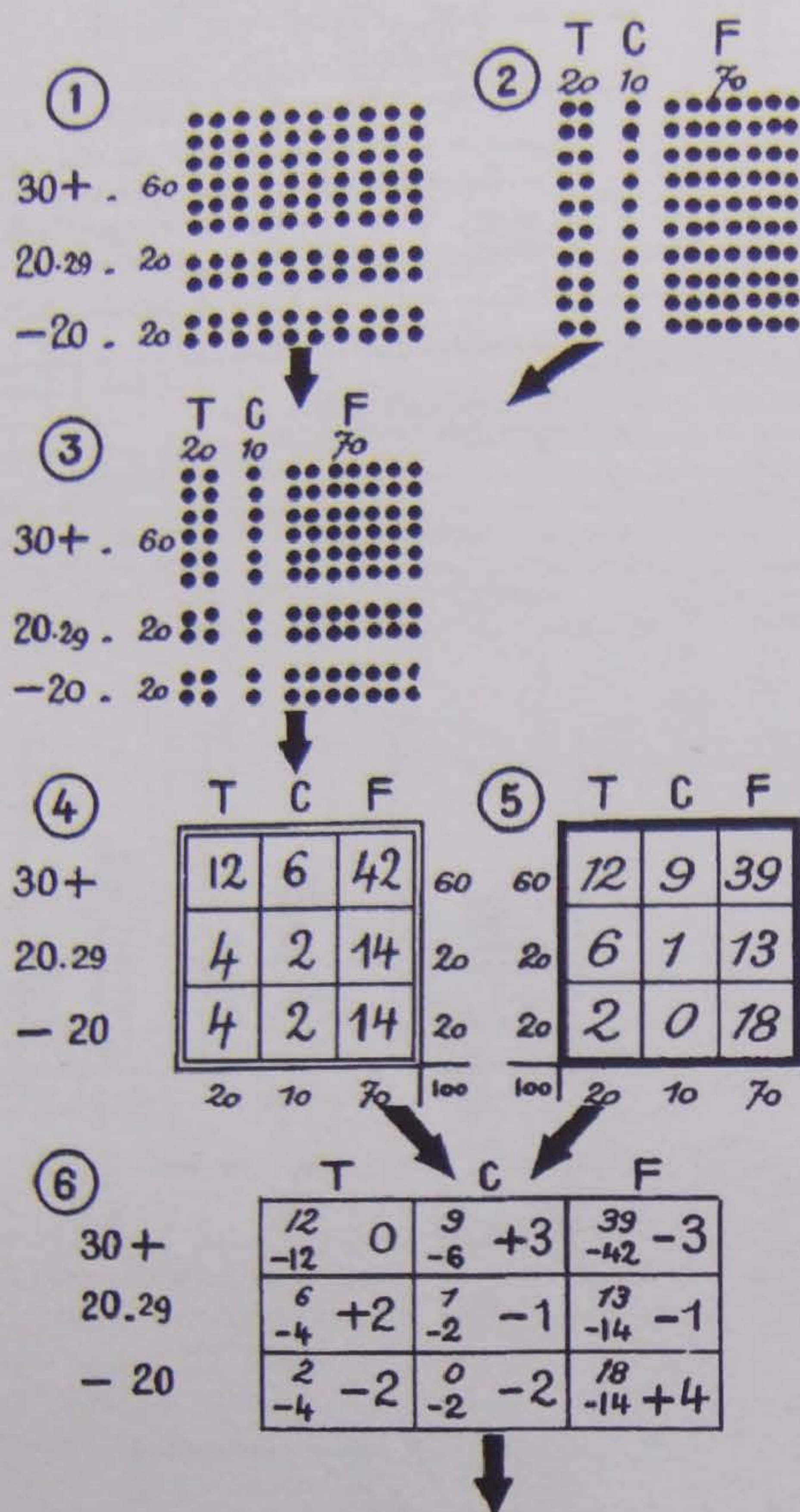
Les vingt joueurs de tennis se partagent dans la proportion de 60 %, 20 %, 20 %, soit "plus de 30" 12, "20 à 29" 4, "moins de 20" 4. Il en est de même pour les autres jeux. On peut dessiner ce résultat (3) et établir le tableau (4). On voit que cette répartition homogène s'obtient pour chaque case en multipliant les deux totaux correspondants et en divisant par le total général (ici 100). Exemple :

$$\frac{60}{100} \times \frac{20}{100} = 12$$

En fait, ce tableau ne nous apprend rien que nous ne sachions déjà : répartition par âge dans la proportion 60, 20, 20, et par jeu dans la proportion 70, 20, 10.

### Le croisement des deux composantes.

C'est l'objet des enquêtes individuelles que de savoir dans quelle mesure les diverses catégories étudiées engendrent une distorsion de la répartition observée par rapport à la répartition homogène, car il est pro-





bable, dans l'exemple ci-dessus, que l'âge favorise certains jeux, la jeunesse d'autres. Mais lesquels et dans quelle proportion ?  
 Supposons que le questionnaire individuel fournisse comme résultat le tableau (5). Ce qu'il est utile de connaître, c'est la différence entre (4) et (5).

**La tendance.**

Cette différence ajoute aux masses observées, que les totaux nous donnent, et qui peuvent varier d'une enquête à l'autre, la tendance générale qui résulte de la comparaison du concept "jeu" avec le concept "âge" et qui peut être une constante. Elle est, en tout cas, indépendante des masses totales observées. Les différences, calculées en (6), sont reportées en (7). Ce tableau montre (d'après l'information (5)) que la tendance est de jouer en plus grande proportion au football quand on a moins de 20 ans, de jouer en plus grande proportion aux cartes quand on a plus de 30 ans. La diagonalisation favorise l'enregistrement de ce résultat (8) en ordonnant les jeux (≠) suivant l'âge (○). Lorsque l'on s'appuie sur l'ordre des âges pour parler des jeux, ceux-ci s'ordonnent dans la suite football, tennis, cartes. C'est un résultat général, indépendant des quantités totales par classes, indépendant des contingences de l'enquête.

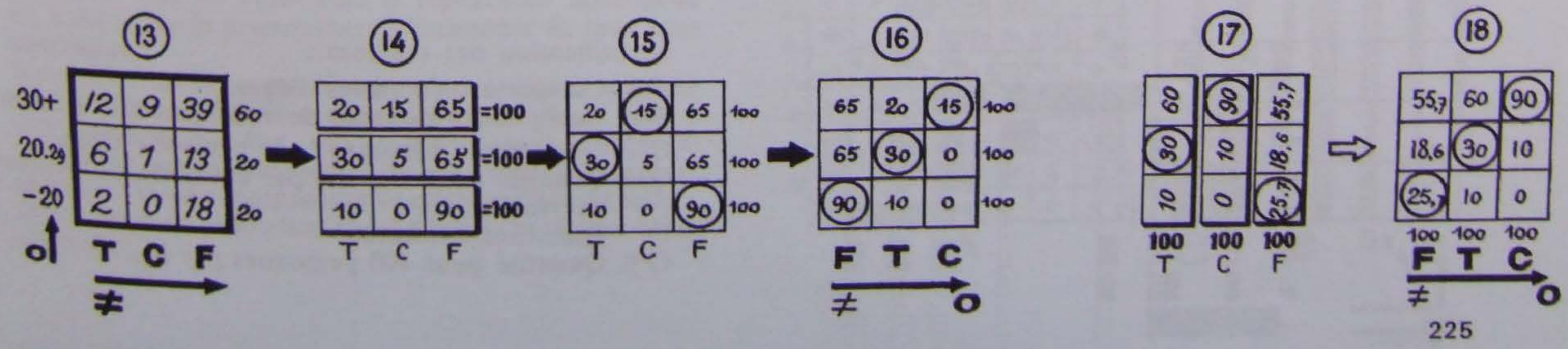
**Un calcul de la tendance.**

Cette tendance générale peut varier en proportion d'un jeu à l'autre, d'un âge à l'autre, d'une enquête à l'autre. Les différences absolues (+ 4, + 2, + 3) ne sont pas comparables étant donné qu'elles proviennent de masses très inégales d'individus. Ces différences n'ont de signification que si elles expriment un certain pourcentage de distorsion, par rapport à la répartition homogène (4) et (9). C'est une différence de 4 joueurs de football par rapport à 14, de 2 joueurs de tennis par rapport à 4, etc.  
 Il suffit de poser ces rapports (10) pour calculer le pourcentage de distorsion (11). Il s'interprète ainsi (12) : " Il y a 128 joueurs de football de moins de 20 ans observés,

pour 100 joueurs de football de moins de 20 ans calculés dans une répartition homogène de l'ensemble analysé ". Ce calcul rend toutes les enquêtes comparables.

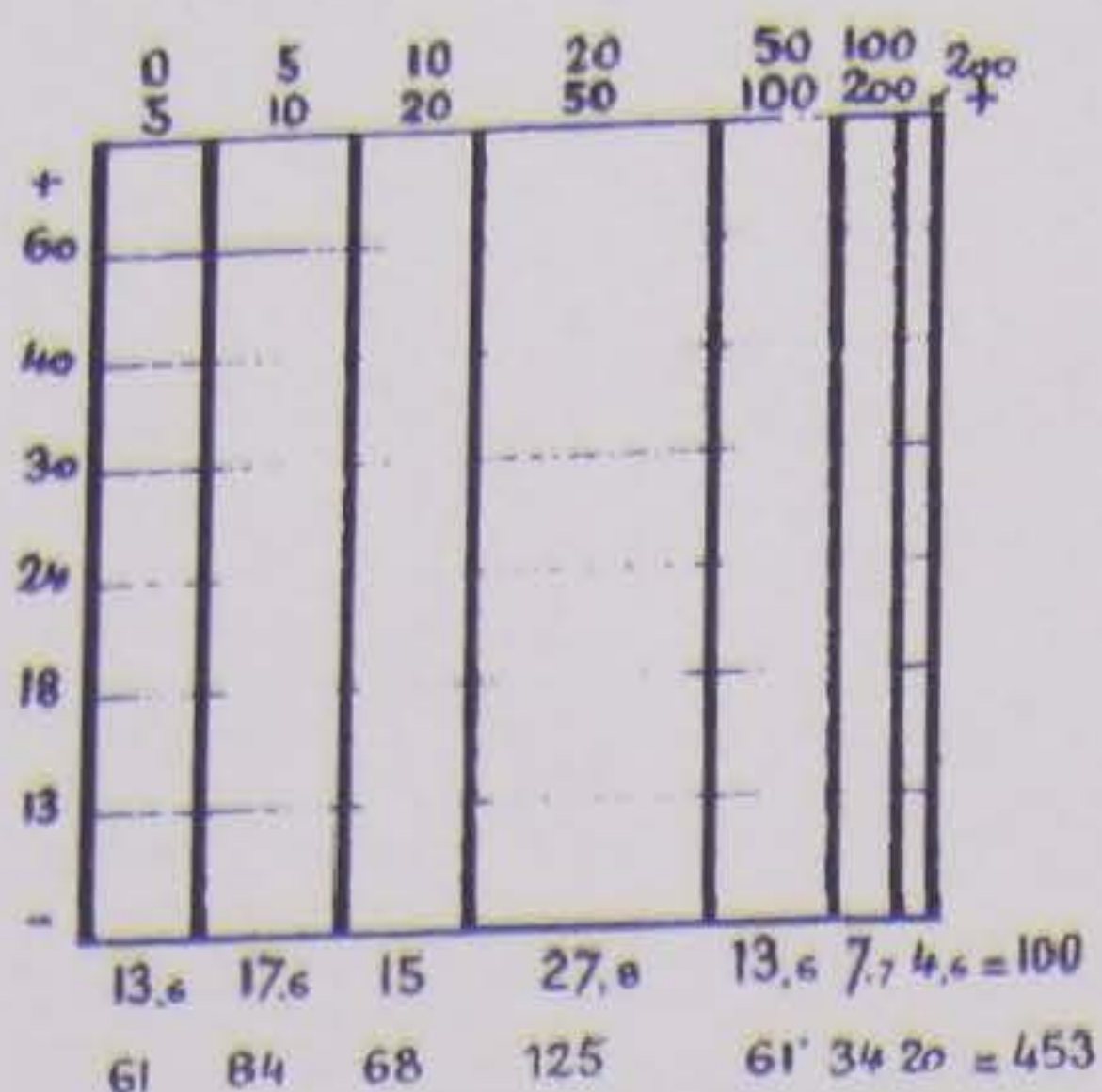
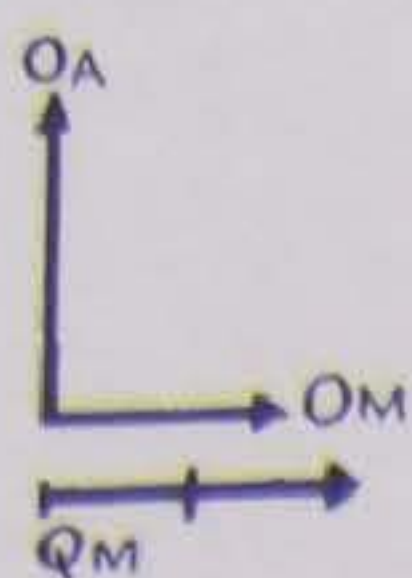
**Détermination rapide de la tendance générale.**

Il est possible de découvrir rapidement la tendance, et de mettre en ordre une composante ordonnable sans effectuer le calcul de la répartition homogène. En effet un tableau croisé peut s'interpréter comme une comparaison de plusieurs ensembles et ici par exemple (13), comme la comparaison de l'ensemble des "plus de 30 ans" à l'ensemble des "20-29 ans" et à l'ensemble des "moins de 20" au sujet des jeux (on parle alors de sous-ensembles).  
 Pour que trois répartitions soient comparables, elles doivent avoir des totaux égaux ou égalisés. Chacun des trois ensembles étant ramené à un total de 100, on obtient le tableau (14). Les nombres ne représentent plus des effectifs, des individus, mais des *fréquences*, c'est-à-dire la mesure d'une qualification propre à chaque groupe d'individus défini par chaque case. Ils apportent donc une réponse à la question : " Quel est, des trois ensembles par âge, celui qui présente la plus forte fréquence de joueurs de tennis, c'est-à-dire la plus forte tendance à ce jeu ? " Réponse : 30, c'est-à-dire les " 20-29 ans ".  
 Il suffit donc, lorsqu'on a effectué des pourcentages horizontaux (et constitué ainsi des ensembles comparables verticalement) de souligner dans chaque colonne verticale la plus forte fréquence. Elle correspond à la plus forte tendance (15). Elle sert de base à la diagonalisation (16) et à la mise en ordre des jeux. L'ordre de (8) est obtenu ici beaucoup plus rapidement.  
 Le résultat est évidemment semblable si l'on effectue des pourcentages verticaux (et que l'on constitue ainsi des ensembles comparables horizontalement (17). A la question : " Quel est, des trois ensembles de joueurs, celui qui présente la plus forte fréquence d'individus d'âge " 20-29 ans ", la réponse est 30, c'est-à-dire l'ensemble des joueurs de tennis. La diagonalisation aboutit au même résultat (18). Voir des applications page suivante et p. 259.

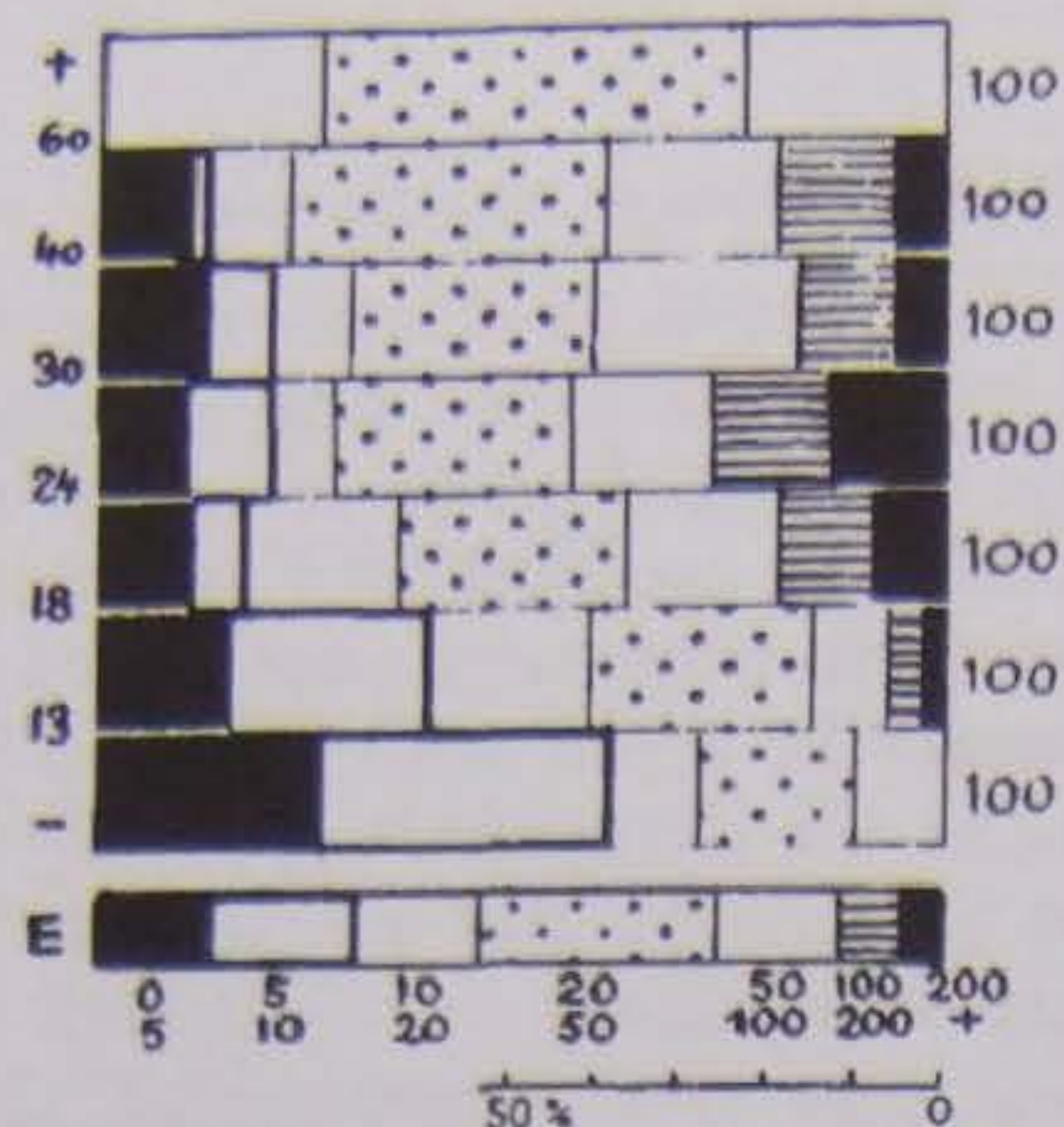
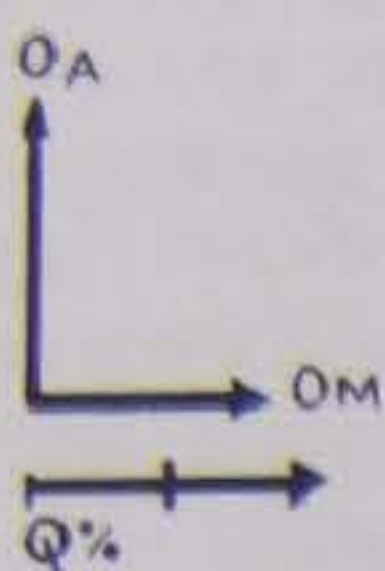




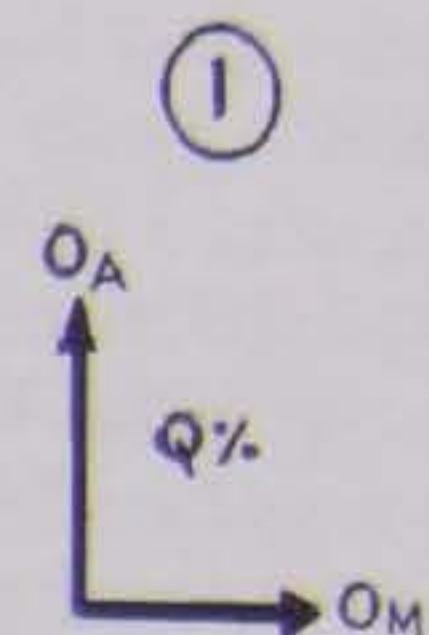
③



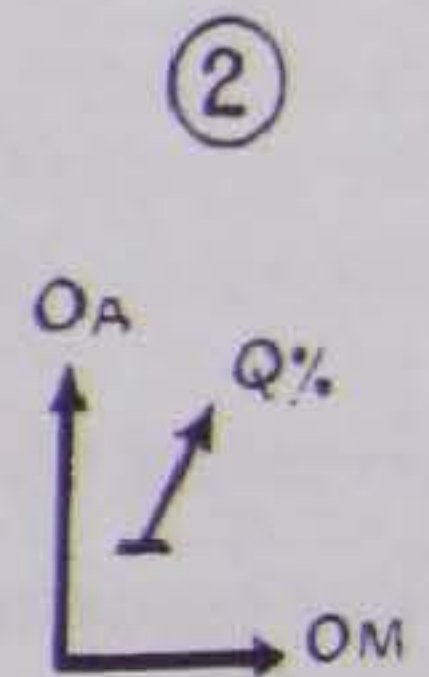
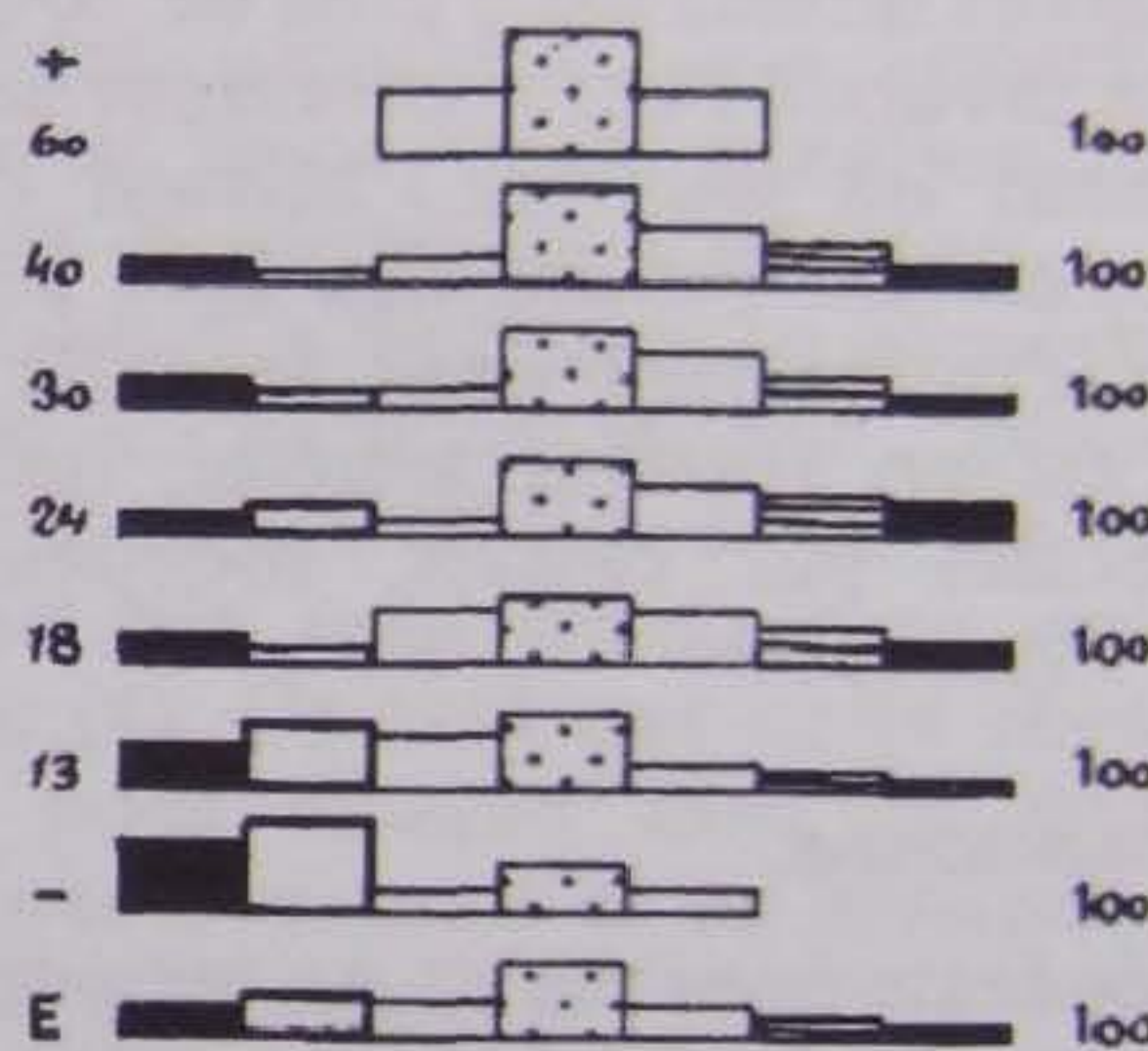
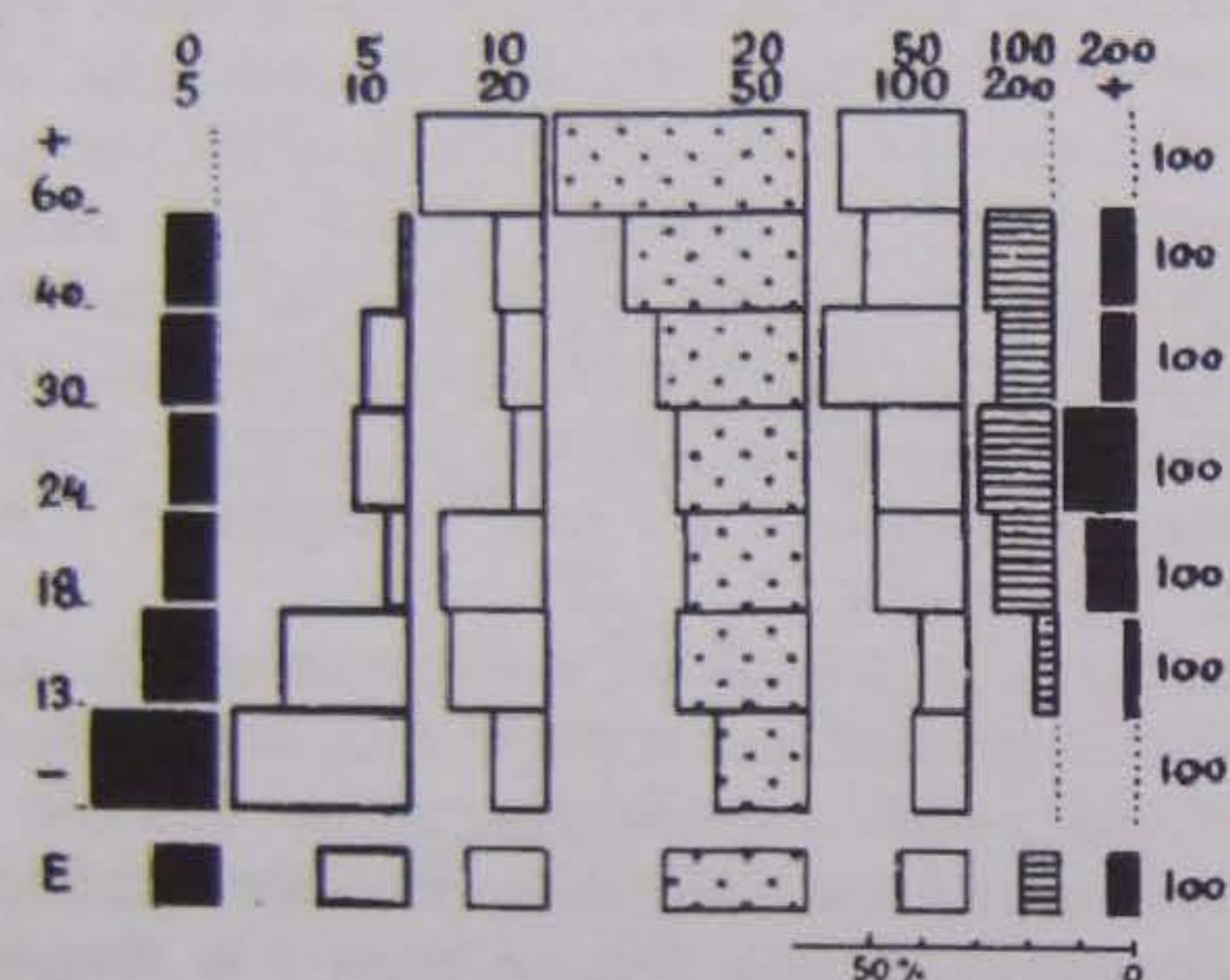
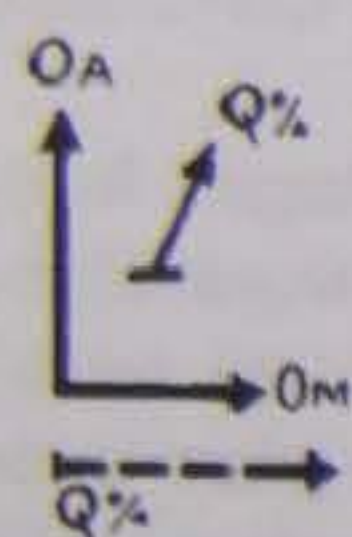
④



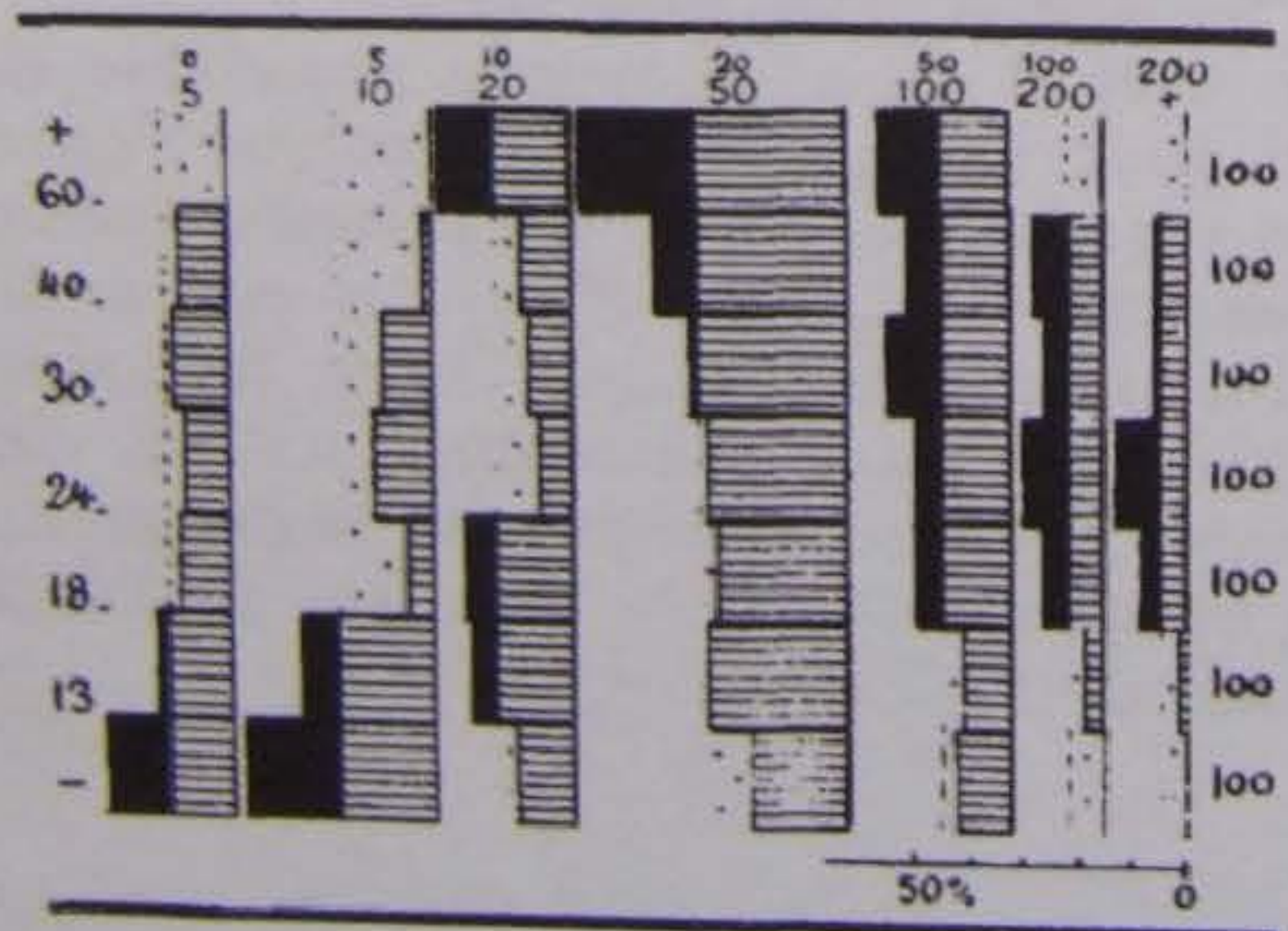
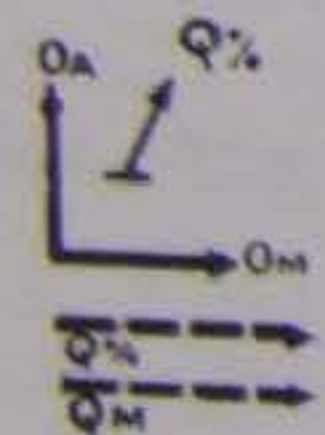
	0	5	10	20	50	100	200	+
+	0	0	25	50	25	0	0	100
60	10	2	10	37	20	14	6	100
40	12	9	9	29	23	12	6	100
30	9	11	7	27	18	15	13	100
24	10	6	20	26	18	12	8	100
18	14	25	19	27	9	4	2	100
13	16	36	10	18	10	0	0	100
-								
E	13,6	17,6	15	27,8	13,6	7,7	4,6	100



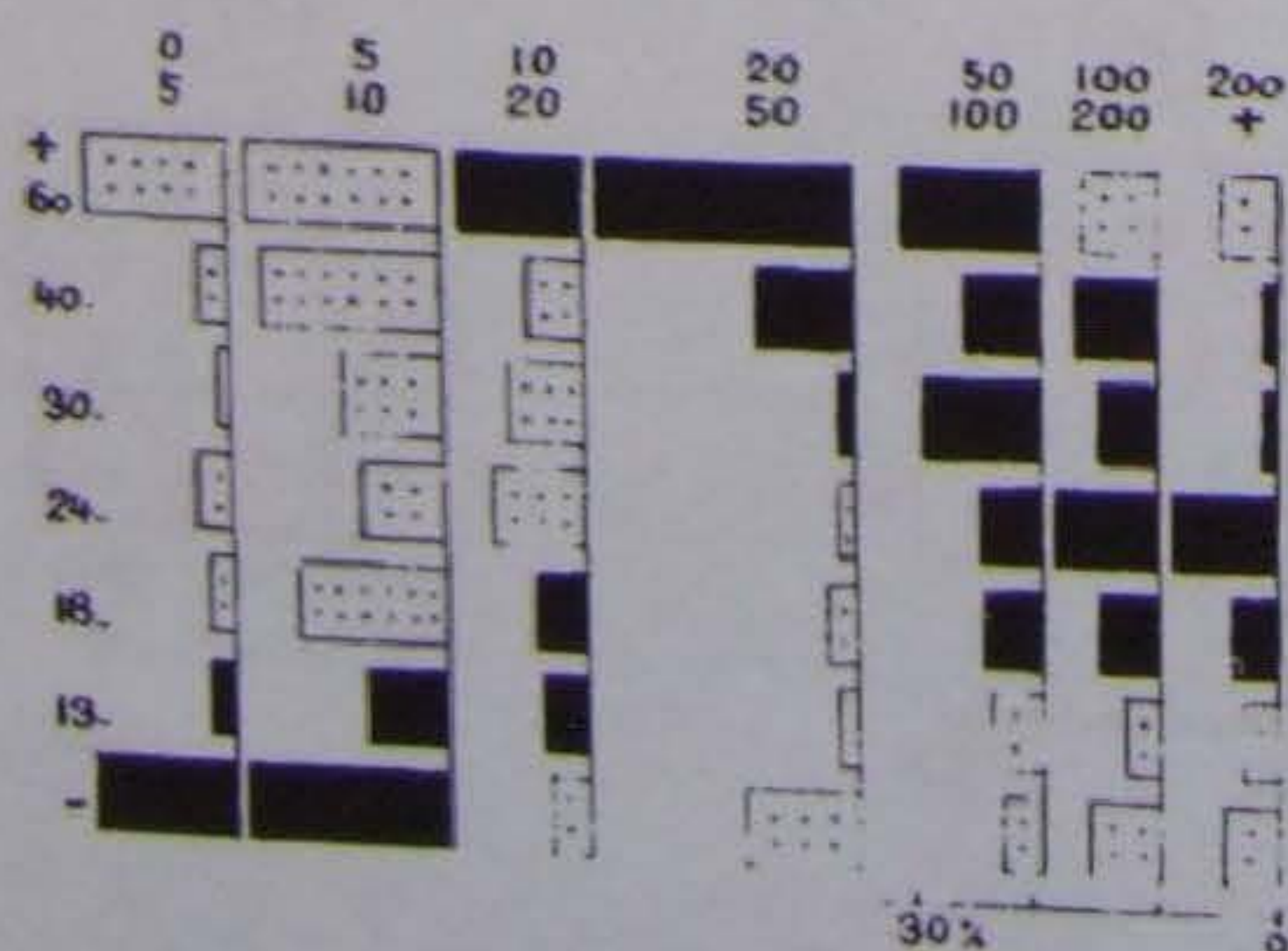
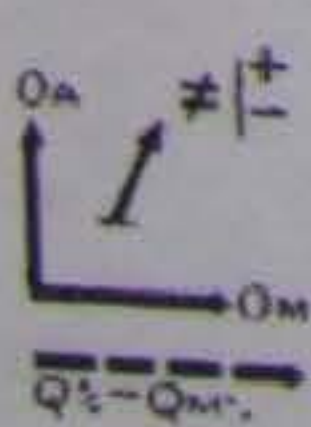
⑤



⑥



⑦



Identification des schémas :

- OA Catégories ordonnées d'âges;
- OM Catégories ordonnées de vols suivant le montant.
- QA Quantité de personnes par catégorie d'âge;
- QM Quantité de personnes par catégorie de montant des vols.
- Q Quantités absolues;
- Q% Quantité pour 100 personnes par âge.



## LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES DES TABLEAUX CROISÉS.

Soit (d'après l'enquête de V.V. STANCIU, le vol dans les grands magasins), la répartition des vols suivant le montant du vol et l'âge des délinquants.

INV. - un délinquant dans les grands magasins

COM. - Q de délinquants suivant

- O classes d'âge

- O classes de montant du vol.

Les nombres sont les suivants :

	0 5	5 10	10 20	20 50	50 100	100 200	200 +	
60 +	0	0	1	2	1	0	0	4
40-59	4	1	4	17	9	7	3	45
30-39	4	3	3	9	7	4	2	32
24-29	4	5	3	13	8	7	6	47
18-23	7	4	13	19	12	8	5	67
13-17	29	53	39	56	19	8	4	208
12 -	13	18	5	9	5	0	0	50
ÂGE	61	84	68	125	61	34	20	453
	MONTANT DU VOL							

Transformés en pourcentages (1), ils peuvent donner lieu à une détermination rapide de la tendance générale, suivant la méthode exposée page précédente, ce qui fournit le tableau A et sa transcription graphique B (v. aussi p. 37).

Mais peut-on représenter tout le contenu de l'information en une image qui permettrait de :

- comparer entre eux divers sous-ensembles;
- percevoir la tendance, c'est-à-dire la distorsion entre la répartition observée et la répartition homogène résultant de l'ensemble des observations;
- percevoir les quantités absolues?

**La comparaison des sous-ensembles : les pourcentages.**

Le tableau (1) en pourcentages, établit des sous-ensembles horizontaux de 100 personnes par âge, dans lesquels on regarde les catégories de vols.

Il permet aussi de construire la répartition homogène (3), c'est-à-dire le pourcentage d'ensemble E, tous âges confondus.

Il permet enfin de construire (4) c'est-à-dire la répartition observée. Chaque rectangle horizontal est égal à 100 personnes par âge, qui se répartissent horizontalement suivant les catégories de vol. Celles-ci n'étant plus alignées, une composante de différenciation (valeur, forme, grain en redondance) est nécessaire à leur identification.

La différence entre (3) et (4), quoique spectaculaire, est difficile à interpréter. Il faudrait pouvoir superposer, case par case, les deux images. On y parvient en alignant les cases (5). Il est alors possible de superposer sur (5) les cases déjà alignées de (3), et l'on obtient (6) dans laquelle les distorsions positives sont soulignées en noir, les négatives par un pointillé.

**La tendance (Écart à la moyenne) :**

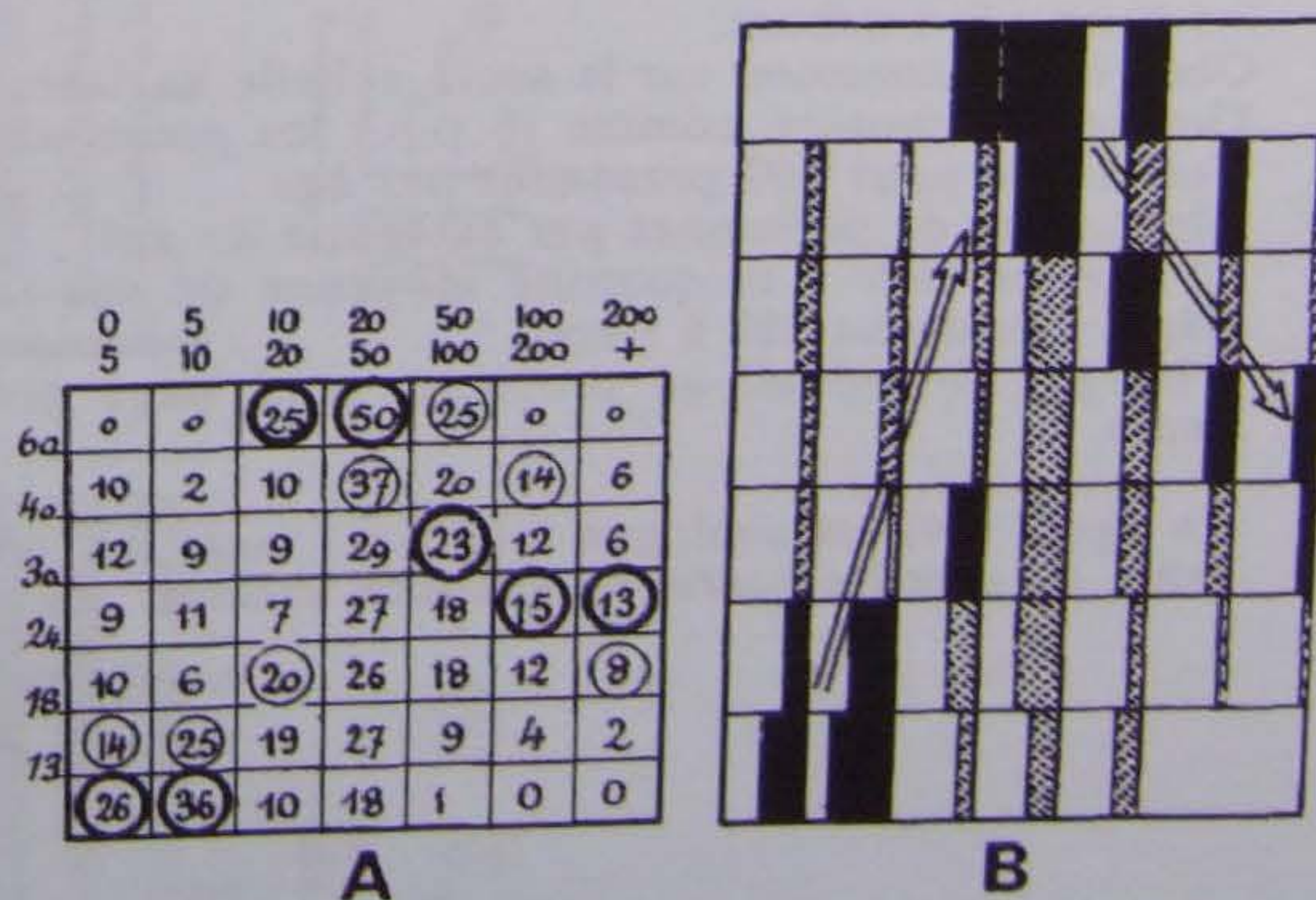
Le diagramme (6) représente, pour 100 personnes par âge :

- le nombre de personnes par catégorie de vol;
- la distorsion ou dépassement de ce nombre (en noir) par rapport à celui observé pour 100 personnes en tout.

Ce dépassement, c'est l'écart dû à l'âge, par rapport à une répartition qui ignore l'âge : la répartition *moyenne*, tous âges confondus. C'est la construction utilisée en B (avec extension du noir à toute la case).

Cet écart qui est l'expression de la tendance générale, elle-même indépendante, comme on a vu, des nombres absolus et des contingences de l'enquête, peut être extrait de (6) et donner lieu à une représentation (7) dans laquelle on a supprimé la base commune (la répartition moyenne). Écarts positifs et négatifs peuvent figurer du même côté d'une ligne, à condition d'être très opposés visuellement (noir-blanc).

Cette représentation est utilisée p. 230 pour déterminer la tendance et la mise en ordre des 80 quartiers de Paris, suivant les catégories socio-professionnelles des habitants.





## La représentation des pourcentages et des quantités absolues.

Mais jusqu'à présent, les quantités absolues n'étaient pas représentées. Elles ont cependant l'intérêt de souligner par exemple que les "plus de 60 ans" sont très peu nombreux : 4, tandis que les "13 à 17 ans" forment la majorité : 208. C'est ce qui apparaît dans le tableau (8) et qui peut être représenté suivant la construction A ou la construction inefficace (9).

Les totaux horizontaux peuvent donner lieu à une répartition homogène par âge (toutes catégories de vol confondues) représentée en 10 (lignes horizontales). Ils transforment ainsi les sous-ensembles égaux de (4) p. précédente en sous-ensembles proportionnels aux quantités totales.

Il suffit donc, dans les figures (4), (5), (6) et (7) p. précédente de donner à chaque sous-ensemble horizontal une hauteur proportionnelle à ces totaux pour que les surfaces représentent des quantités absolues. Telle est la construction des figures (11) à (14).

### L'image d'ensemble.

Les surfaces des cases du diagramme (10) représentent en quantité absolue la répartition homogène de l'ensemble. Les surfaces du diagramme (11) représentent en quantités absolues la répartition observée.

La superposition de ces surfaces (13) fait apparaître, case par case, et en quantité absolue, la distorsion entre les deux : la *tendance*.

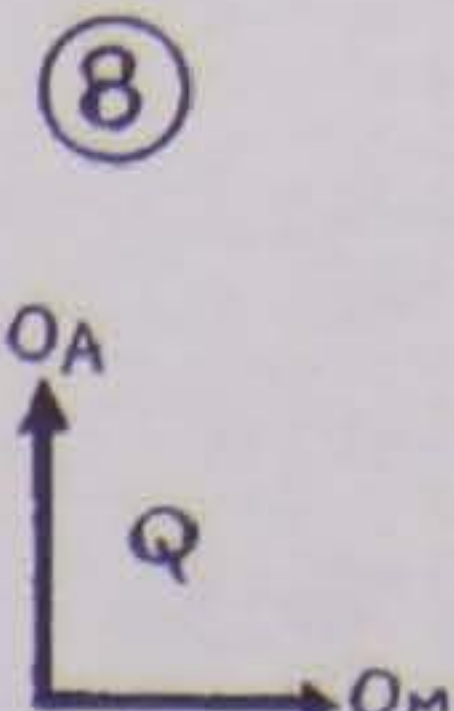
Observée linéairement sur la seule échelle horizontale, l'image (13) montre comme (6 p.p.) les *pourcentages*, c'est-à-dire pour 100 personnes par âge

- le nombre de personnes par catégorie de vol,
- l'écart en noir à la quantité moyenne de vol (tous âges confondus) dû à l'âge.

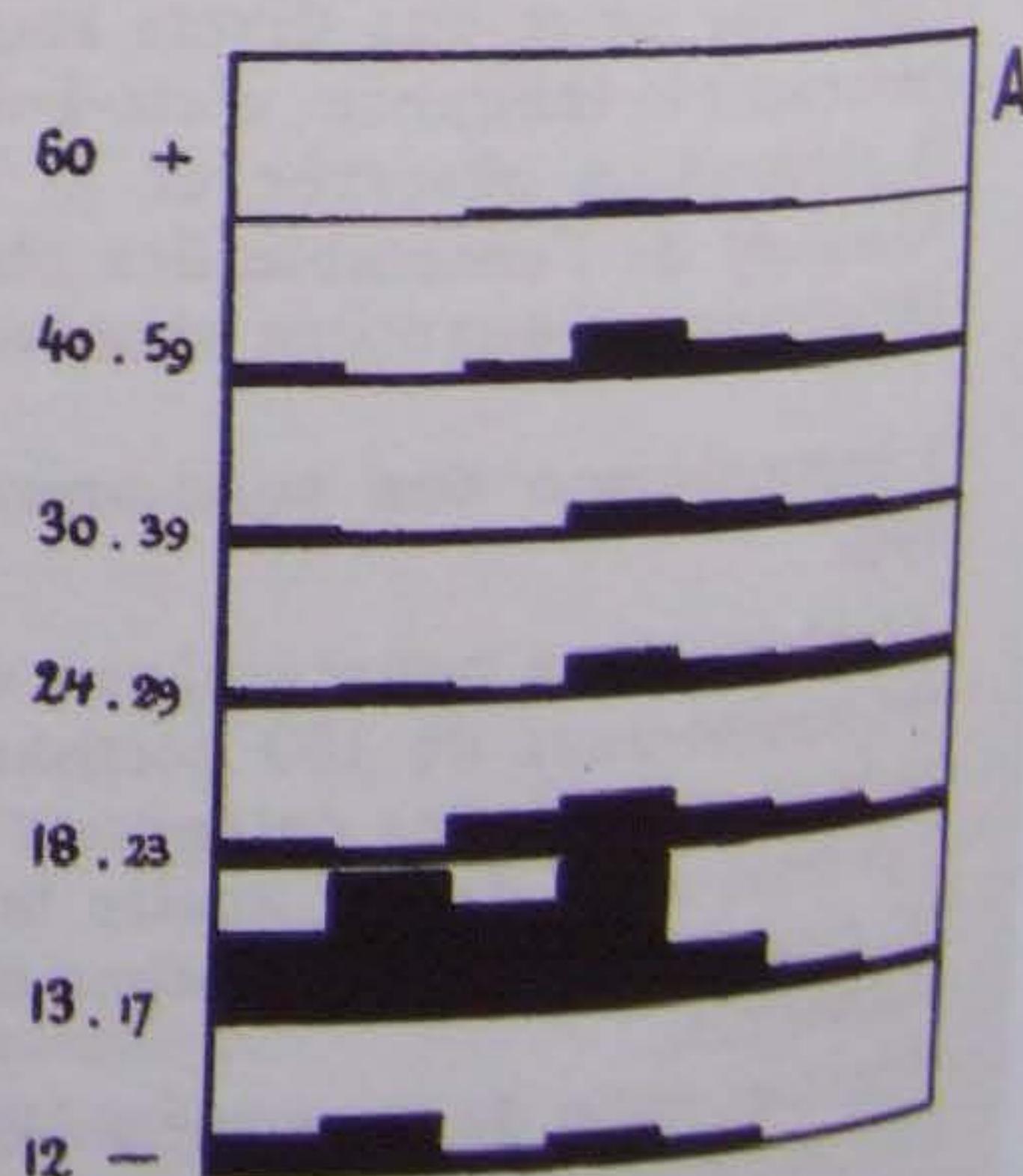
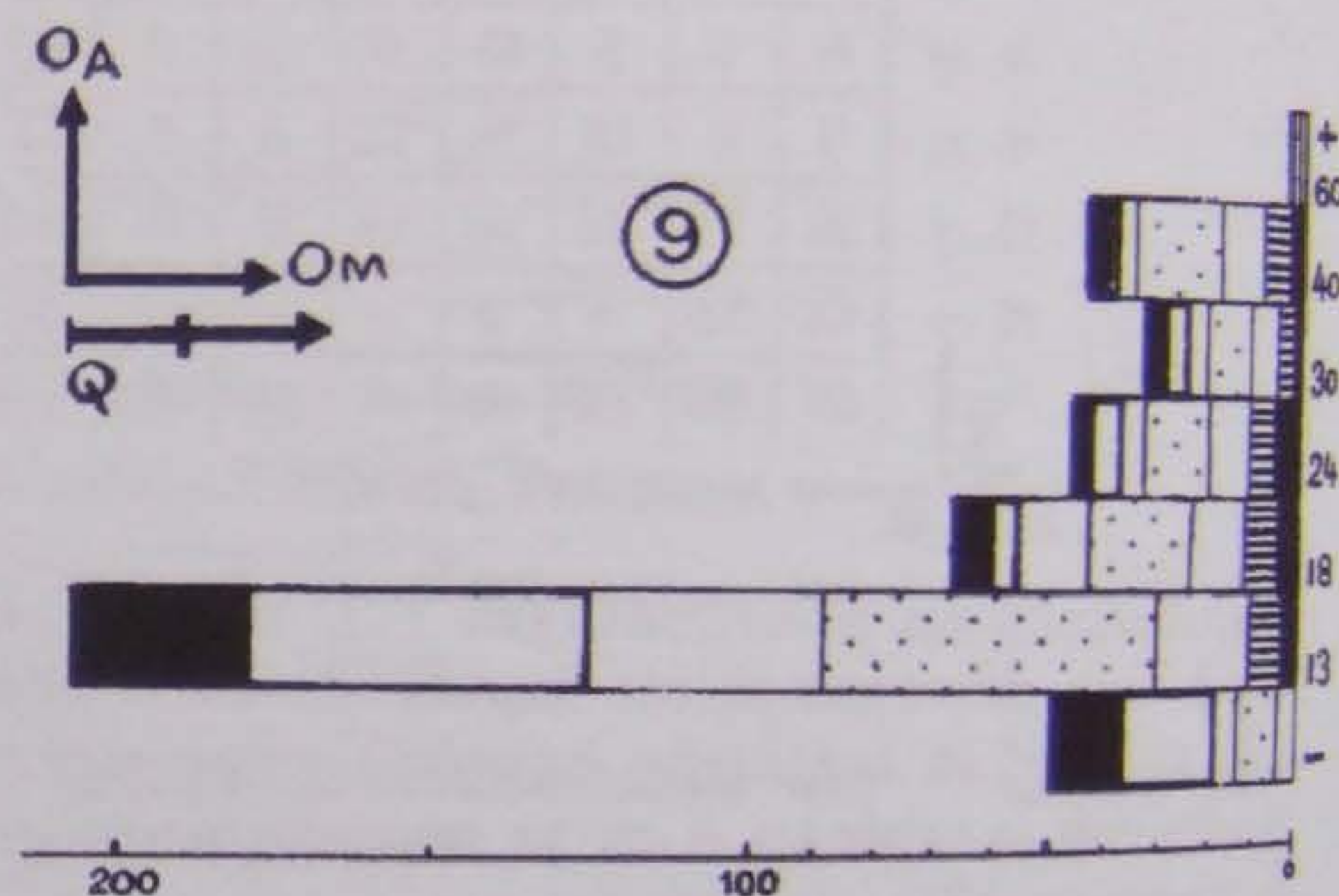
L'image (13) répond au problème posé page précédente.

La figure (14) est analogue à (7 p.p.) mais fait apparaître en plus les écarts en quantité absolue.

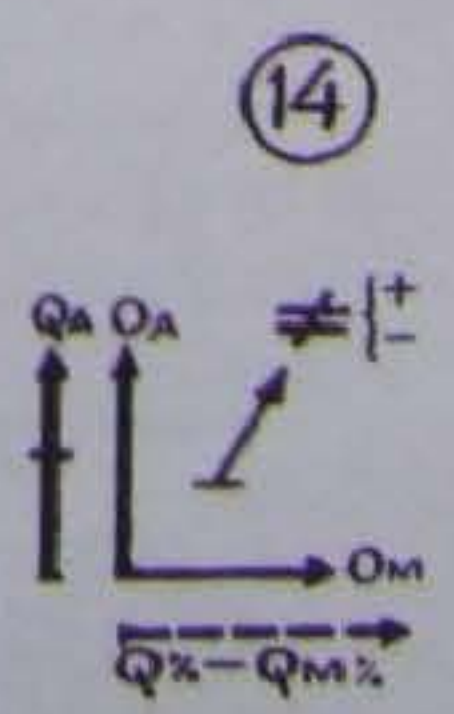
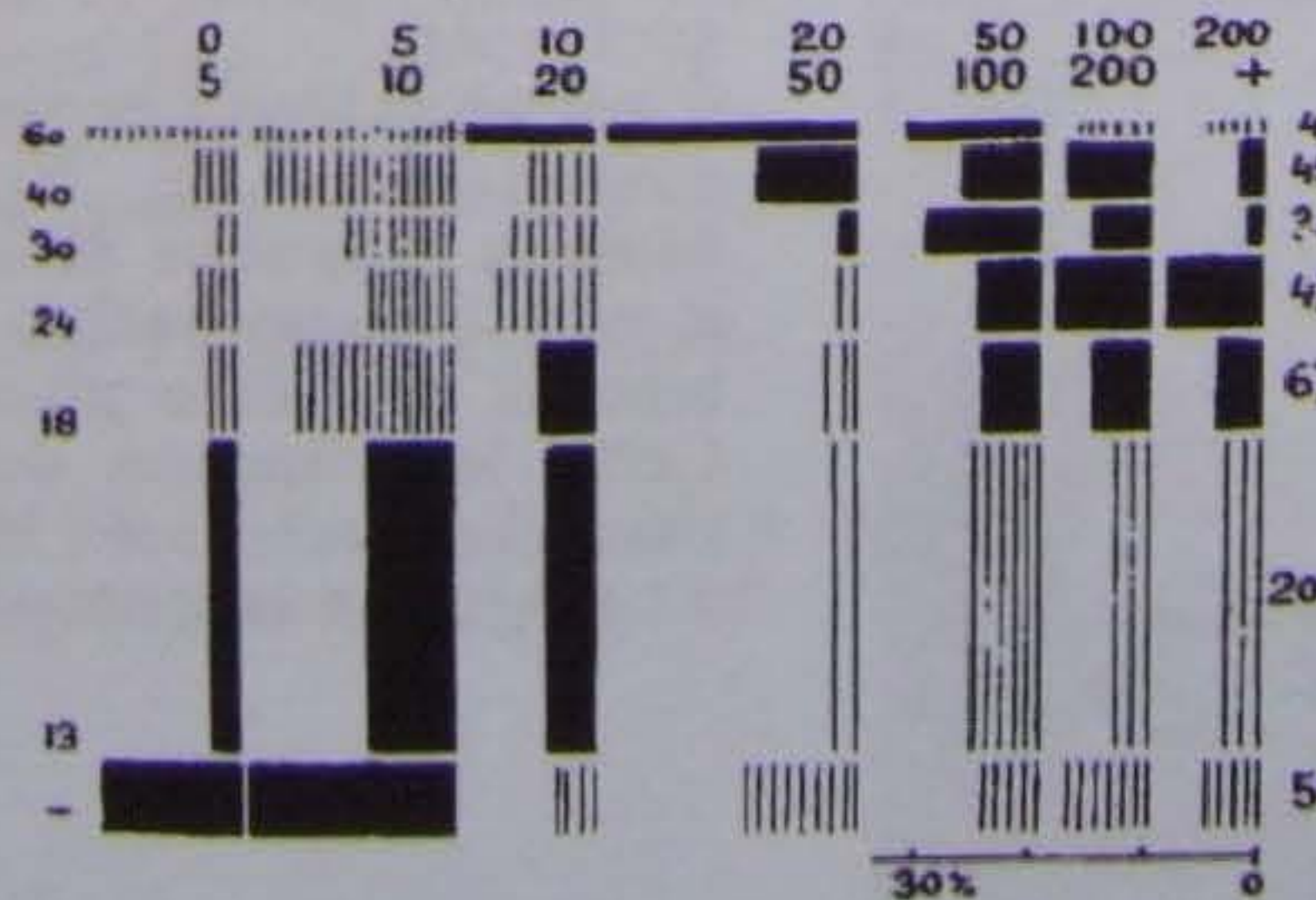
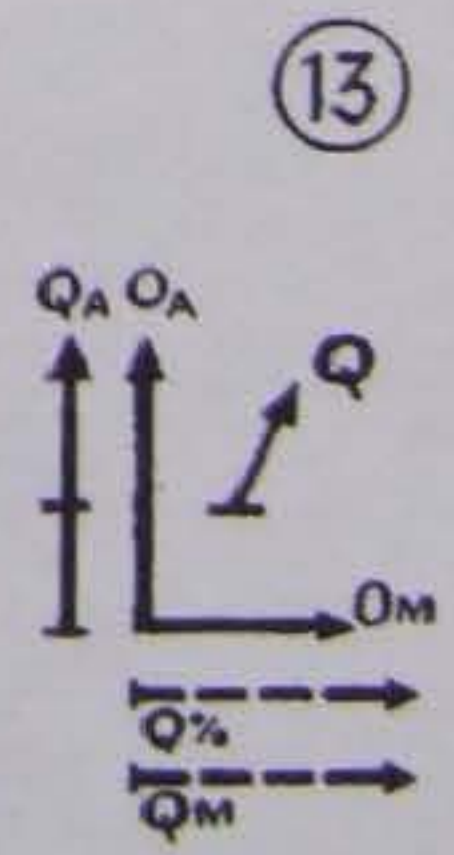
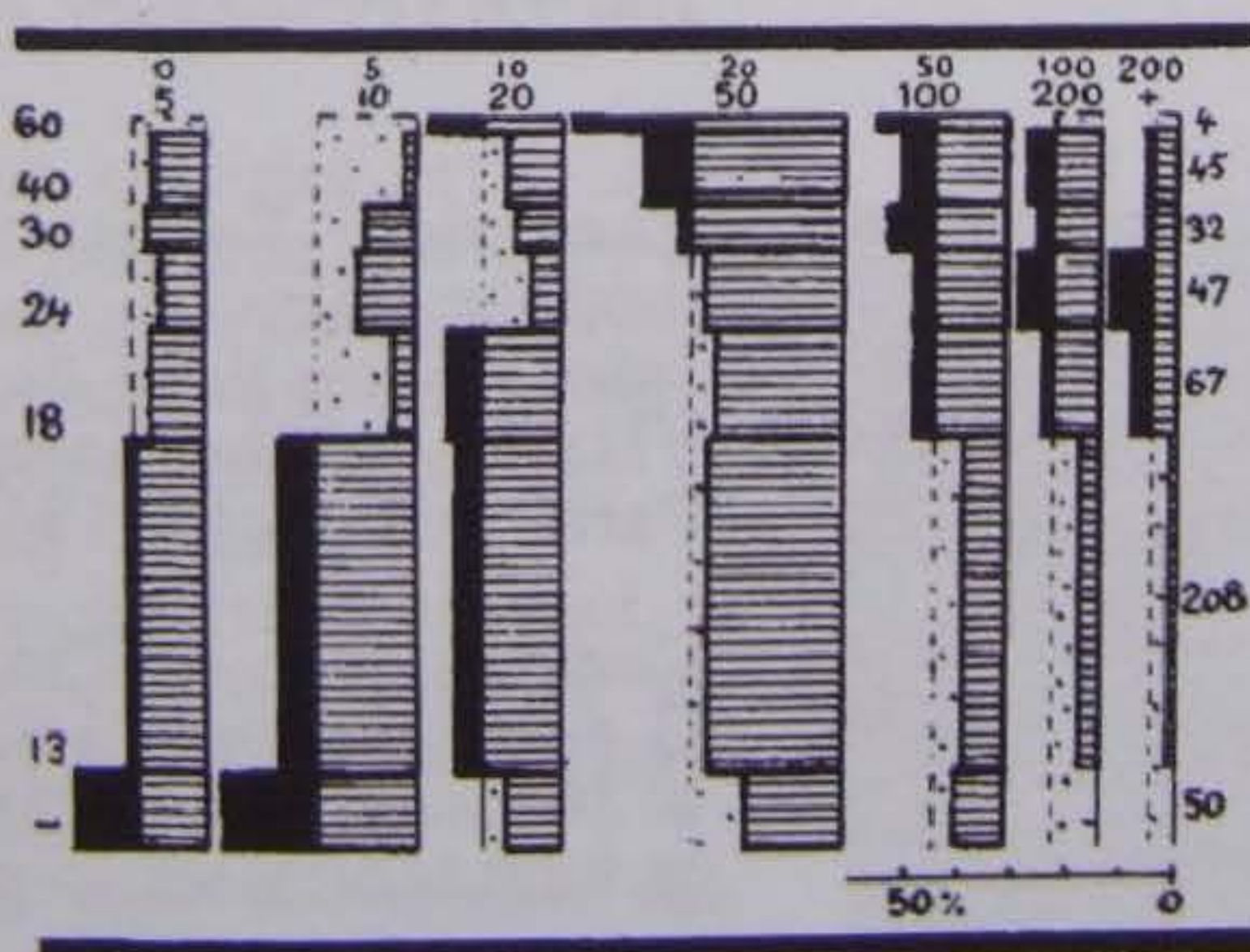
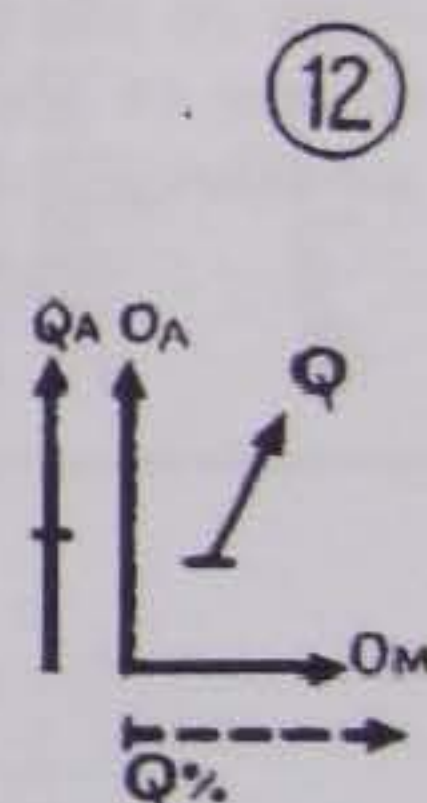
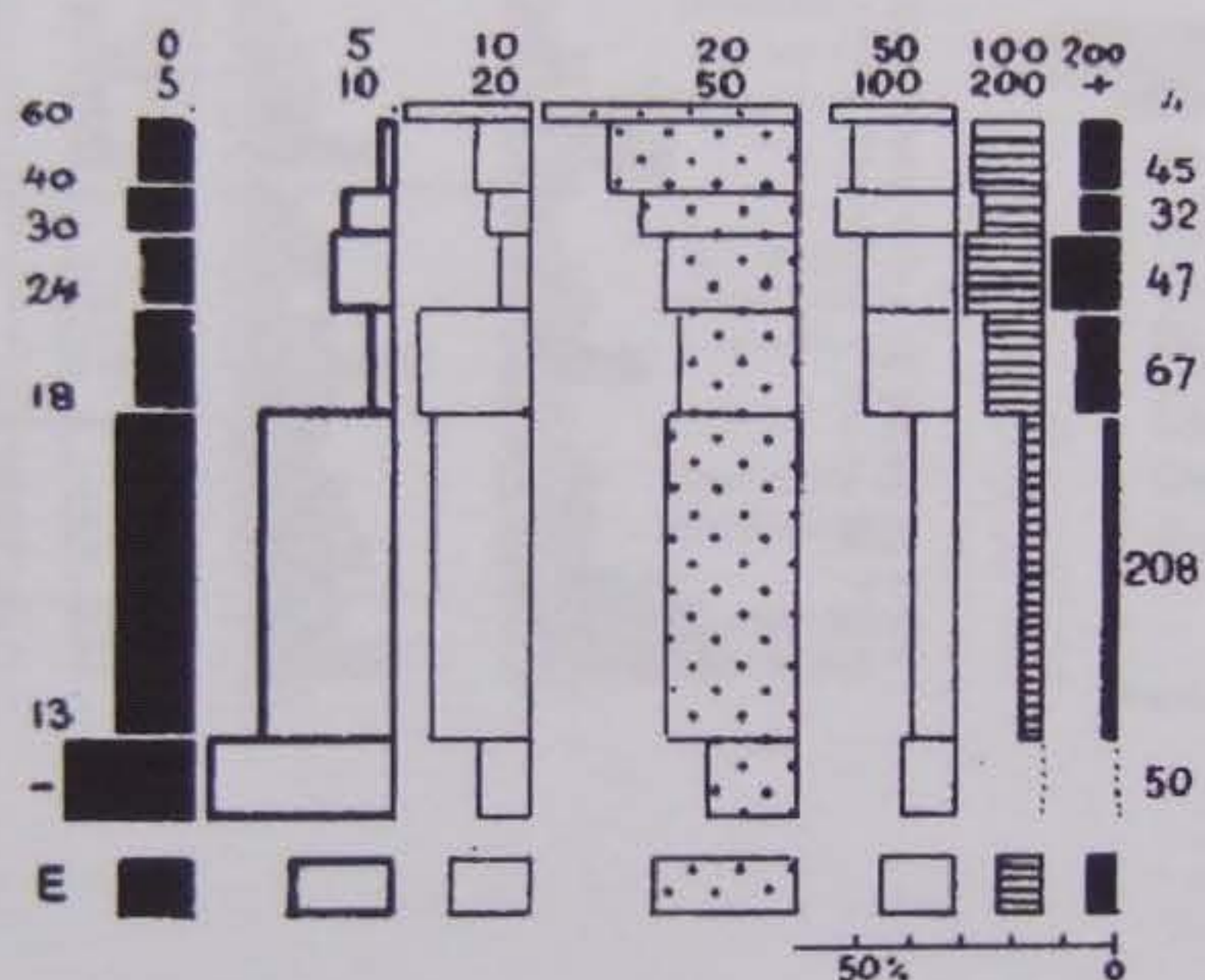
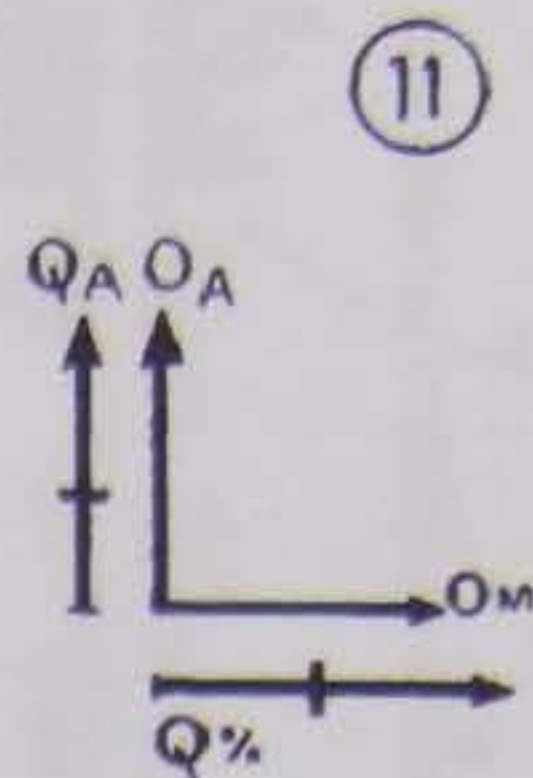
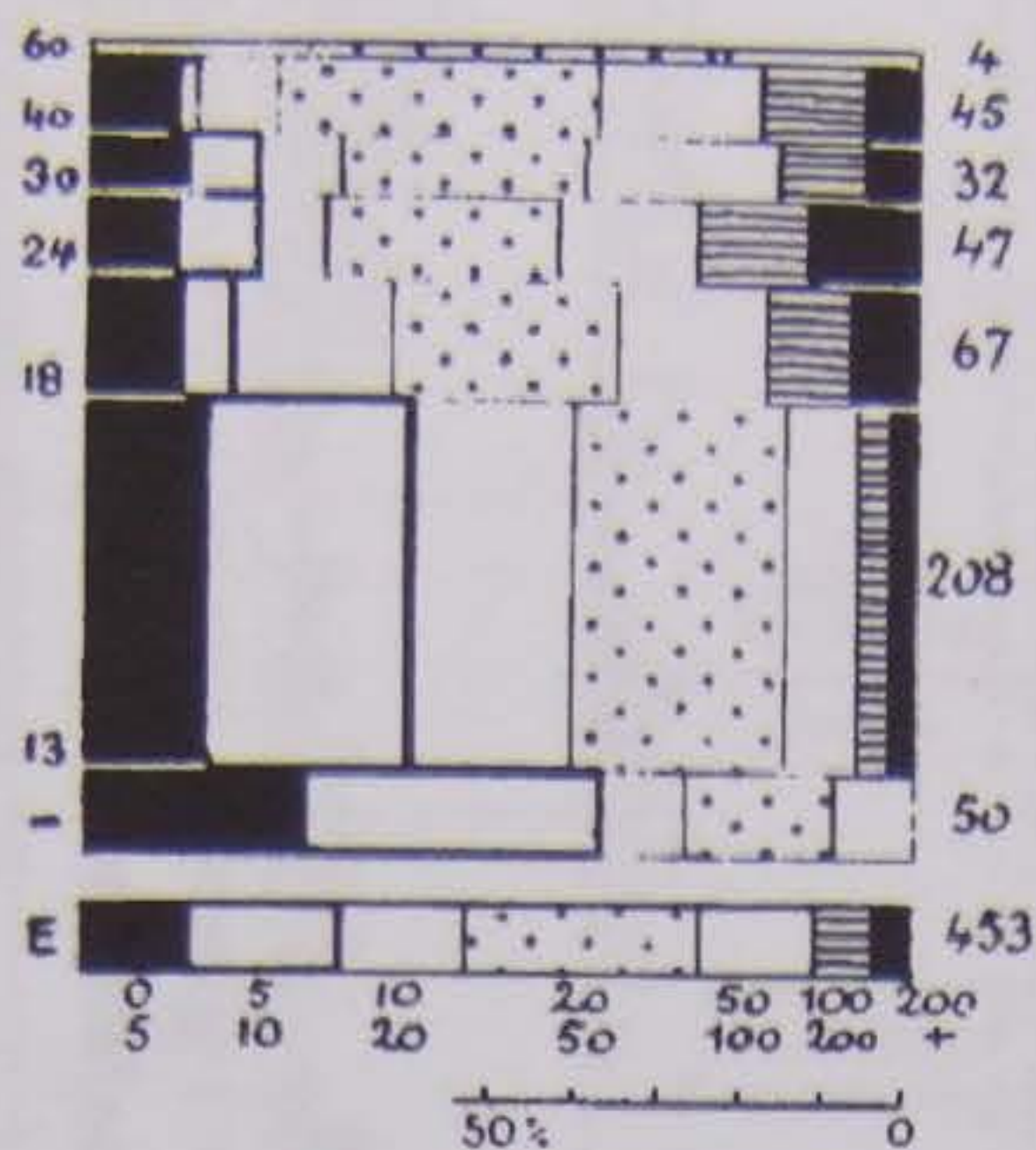
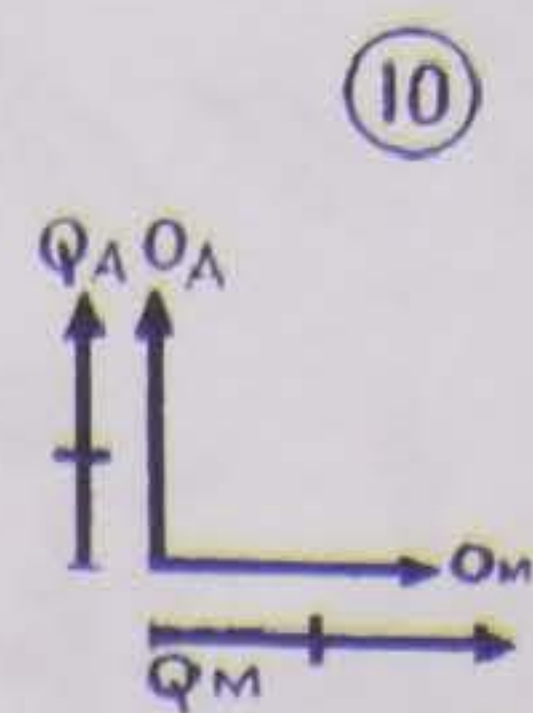
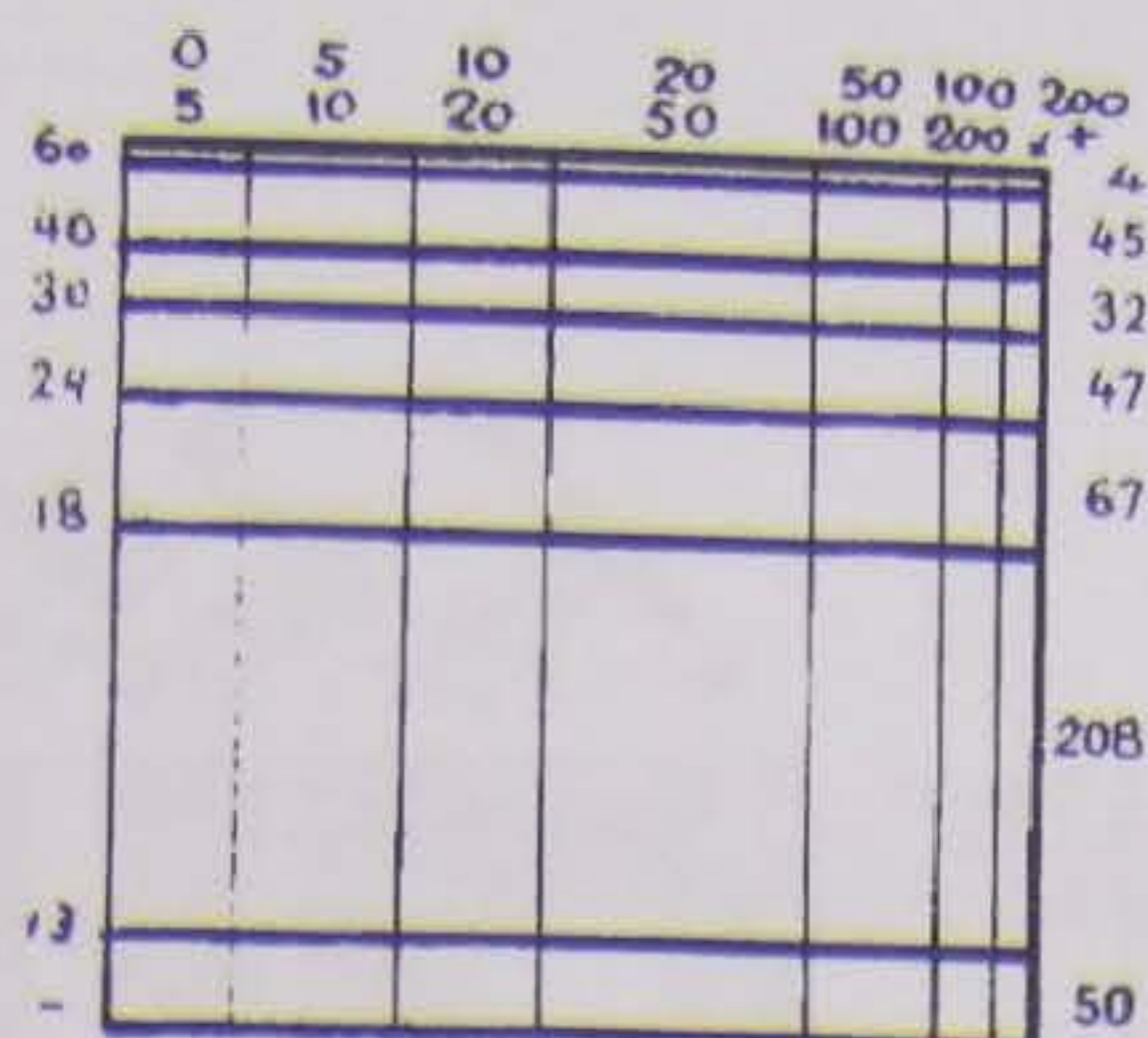
(8)



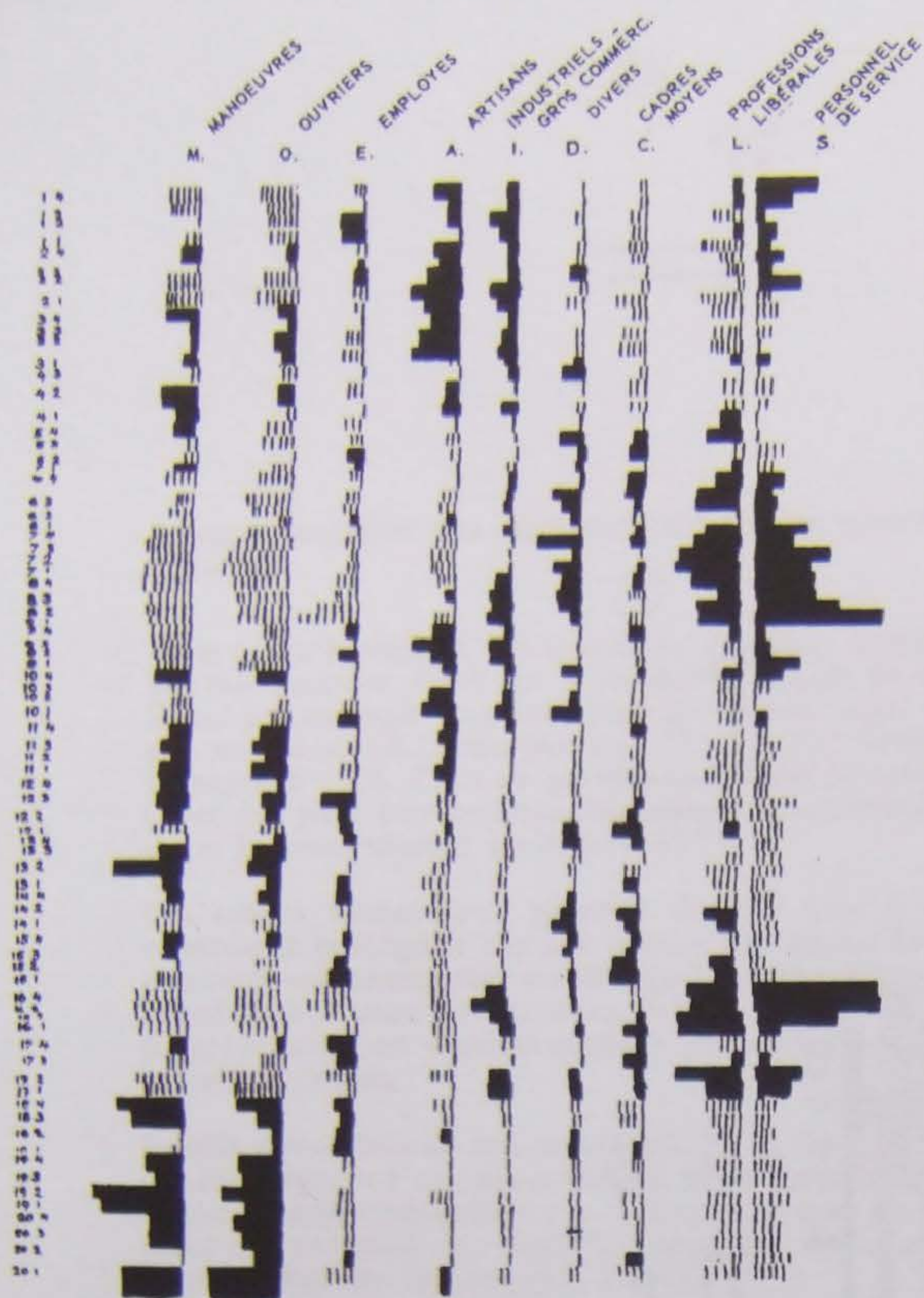
	0	5	10	20	50	100	200	+
60	0	0	1	2	1	0	0	4
40	4	1	4	17	9	7	3	45
30	4	3	3	9	7	4	2	32
24	4	5	3	13	8	7	6	47
18	7	4	13	19	12	8	5	67
13	29	53	39	56	19	8	4	208
-	13	18	5	9	5	0	0	50
	61	84	68	125	61	34	20	453



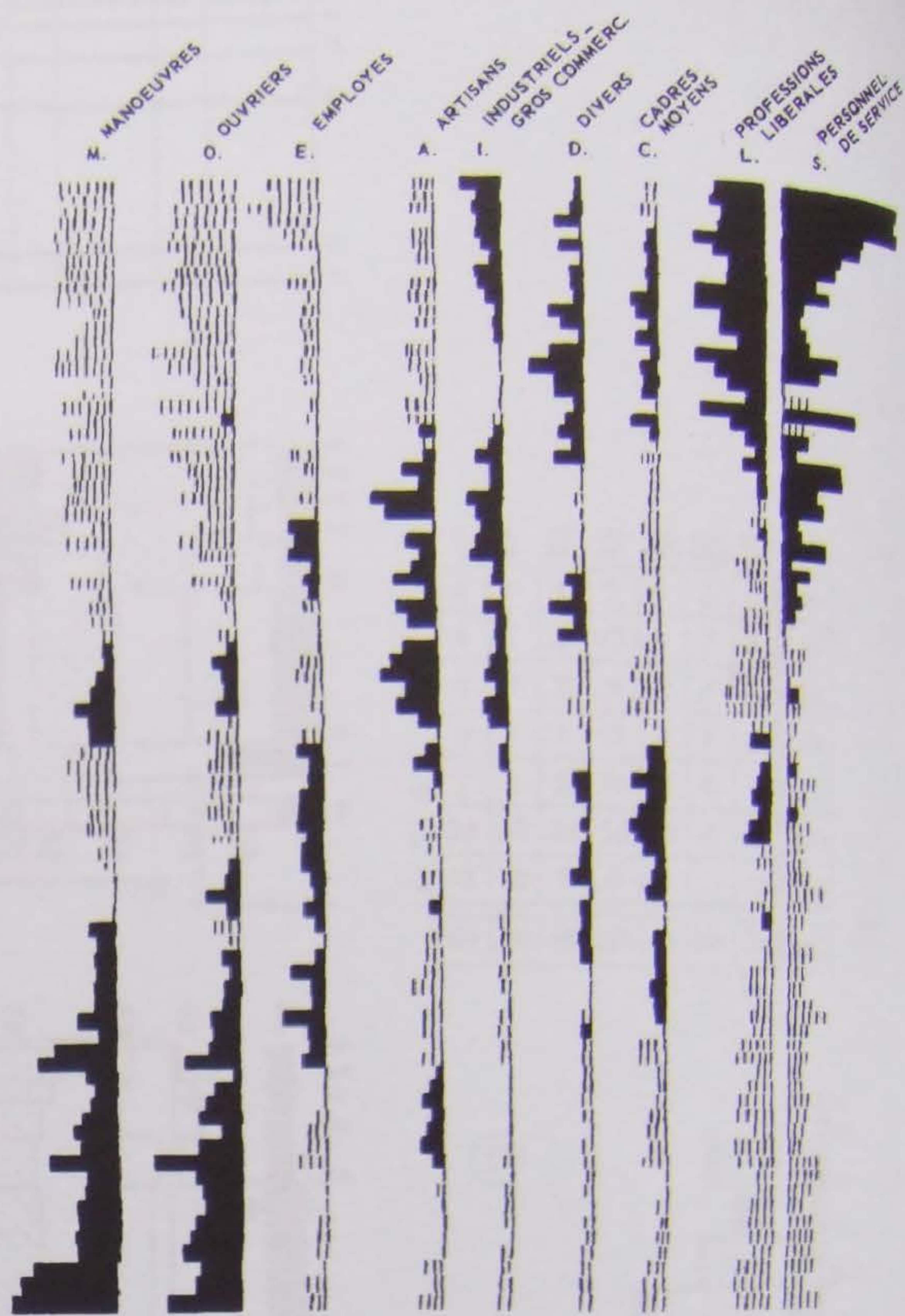




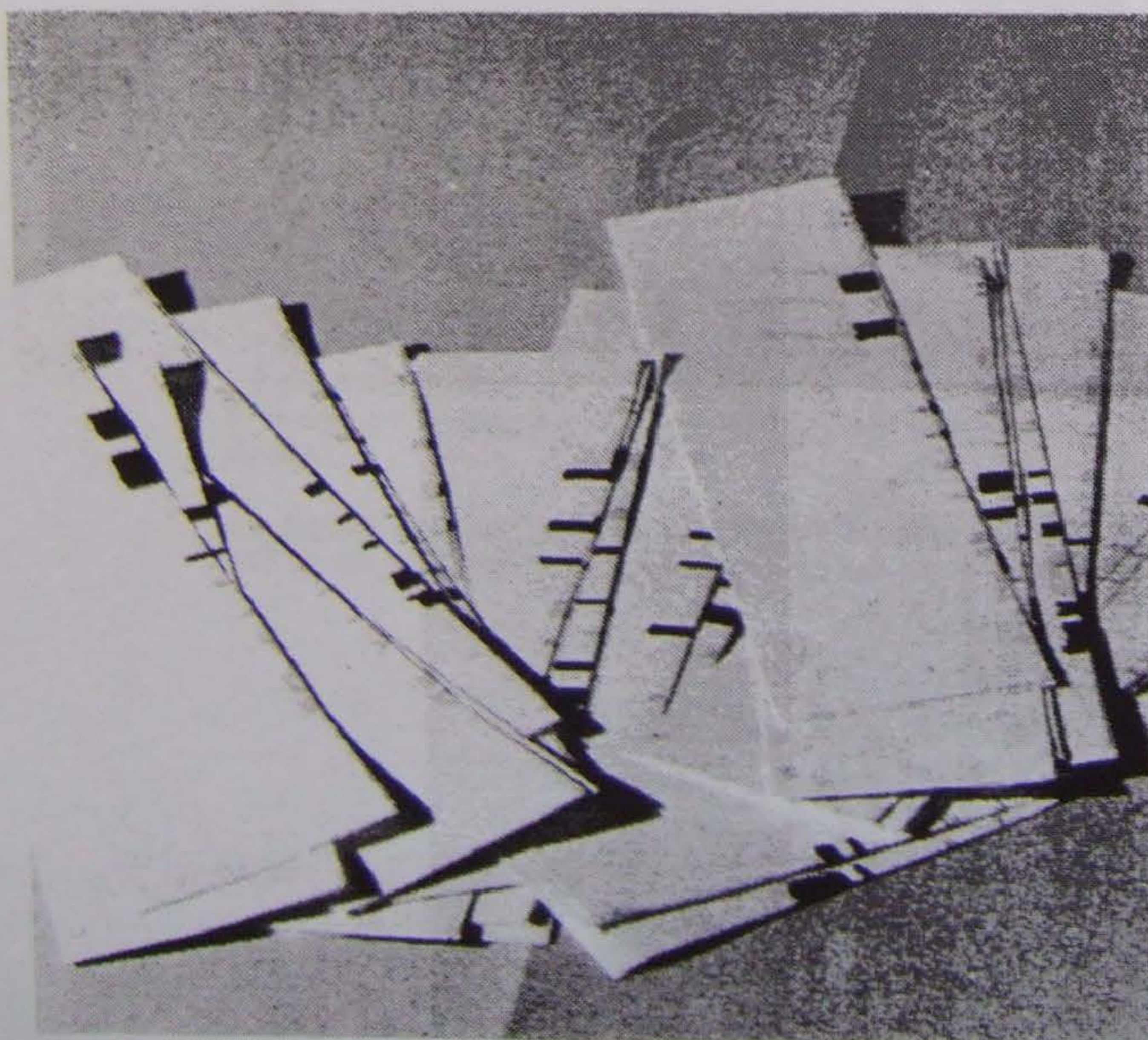




2



3



1

## UN TRAITEMENT GRAPHIQUE MATRICIEL

**Exemple :** Tendence socio-professionnelle des quartiers de Paris.

Information tirée de l'ouvrage de Germaine BELLEVILLE, "Morphologie de la population active à Paris", A. Colin 1962 (recensement de 1954).

Composantes de l'information :

Q de population active suivant

≠ 80 quartiers différents (composante géographique)

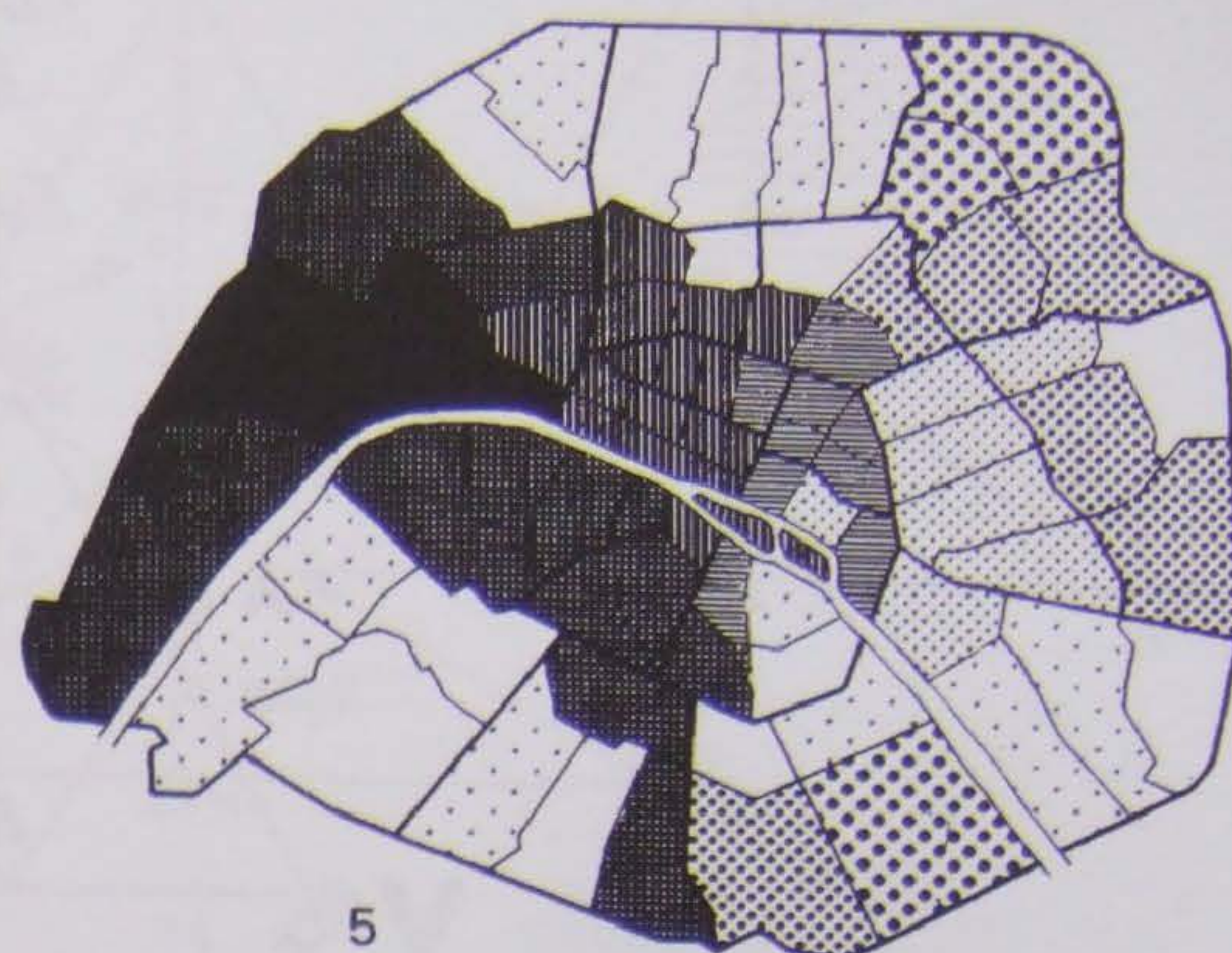
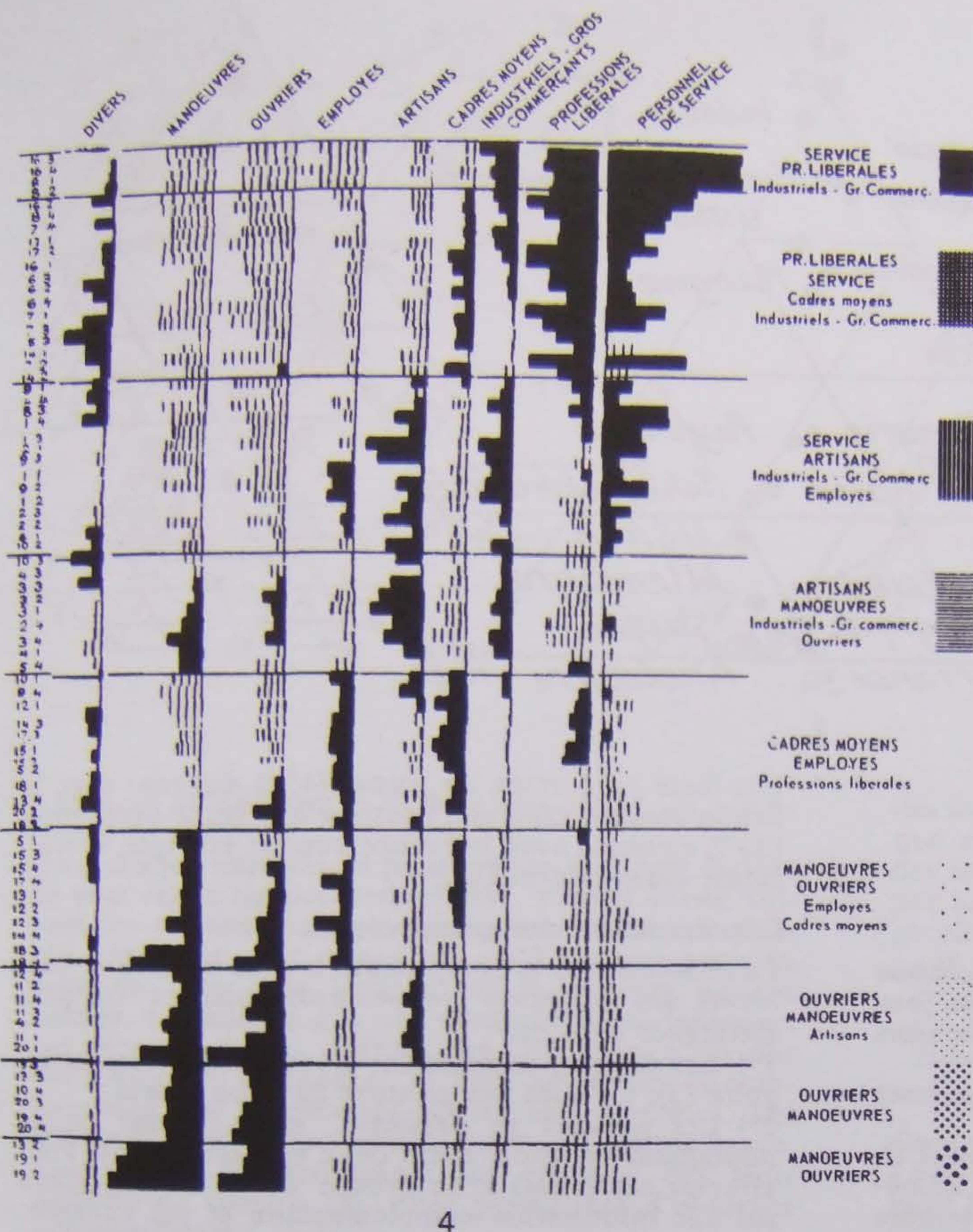
≠ 9 catégories socio-professionnelles (dont une "divers").

La population active totale est partagée par deux composantes qui se croisent : les quartiers, les catégories s.p.

C'est un tableau croisé qui peut s'interpréter comme la comparaison de 80 sous-ensembles géographiques. Mais la longueur 80 interdit pratiquement de procéder à une détermination rapide de la tendance. Le traitement doit être plus nuancé.

Cette information décrit et caractérise chaque quartier. Elle permet de les regrouper et de réduire à 8 ou 9 catégories la composante géographique de longueur





	quartier	Paris	différence
Industriels et Gros commerc.	2	2	0
Divers	10	3	+7
Professions libérales	17	8	+9
Artisans-Petits commerçants	6	10	-4
Cadres moyens	13	11	+2
Personnel de service	18	13	+5
Ouvriers et manoeuvres	5	13	-8
Ouvriers qualifiés	9	18	-9
Employés	20	22	-2
	100	100	0

80. Le caractère propre de chaque quartier est mis en évidence par les différences qu'il présente par rapport à la moyenne générale de tous les quartiers (pourcentage de Paris). Ce sont ces différences qui sont calculées. Le tableau ci-contre (6) donne un exemple de calcul, pour le quartier de l'École Militaire.

Ces différences sont ensuite représentées suivant la construction (7) de la page 226, chaque quartier sur une fiche séparée (1), de manière à pouvoir regrouper les quartiers semblables et les classer.

Sur les fiches, les catégories s.p. sont ordonnées suivant les principaux groupements qui se dégagent d'une rapide observation préliminaire. Ainsi par exemple, on a rapproché professions libérales et personnel de service qui semblent être étroitement liés.

Les différences sont représentées proportionnellement par une bande noire (différences positives) ou par des traits (différences négatives).

Les fiches sont remplies en suivant l'ordre administratif des quartiers.

Classées suivant cet ordre (v. 9, p. 245), elles fournissent l'image (2) qui révèle par ses traces obliques une cer-

taine relation entre l'ordre des catégories et l'ordre administratif. Lorsqu'on sait que ce dernier trace une spirale géographique, les traces obliques témoignent déjà de groupements rayonnants.

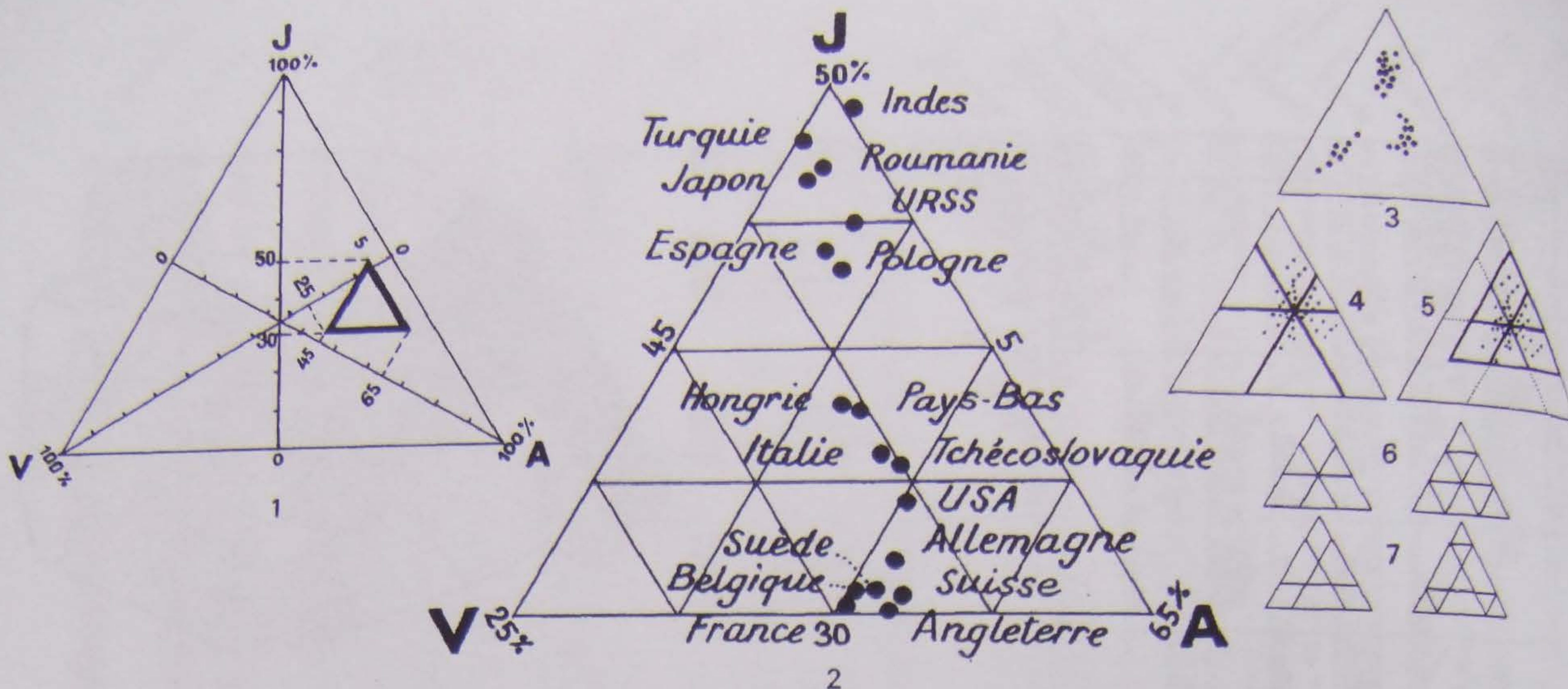
Classées par ressemblance, en s'appuyant surtout sur les différences positives (en noir) elles fournissent l'image (3). Celle-ci peut encore être simplifiée, par un reclassement des catégories socio-professionnelles. Pratiquement, on découpe une photographie de (3) suivant les colonnes et l'on permute celles-ci :

Les "Divers" qui ne semblent pas participer à la relation générale, sont extraits de la diagonalisation. On obtient ainsi l'image (4) qui présente la forme visuelle la plus simple possible.

C'est le témoin des groupements les plus significatifs qui résultent de l'information originale, hors de toute autre information.

Ces groupements (dont on peut choisir le nombre) sont définis par des coupures horizontales. Ils peuvent ensuite être cartographiés (5).





### CAS PARTICULIER $\neq 3$ LA CONSTRUCTION TRIANGULAIRE

La construction triangulaire (1) est applicable chaque fois qu'on est en présence d'une composante  $\neq 3$  de longueur 3, et que le total des Q est significatif. Il faut alors calculer les pourcentages.

C'est un graphique de traitement interne qui permet de "réduire" la longueur des composantes  $\neq 3$ .

Soit l'exemple suivant, d'après G. Th. GUILBAUD, "Méthode d'analyse sommaire de la structure démographique", Économie et Humanisme, Paris, septembre 1946.

Q de population, en % par catégories d'âge, en 1936, suivant

$\neq$  divers pays

$\neq 3$  catégories d'âge (J, jeunes : moins de 20 ans; A, adultes; V, vieux : plus de 60 ans).

#### Problèmes de lisibilité.

On notera que le triangle utile (2) peut être découpé à l'intérieur du triangle total (1) coté de 0 à 100, de manière à agrandir l'échelle.

- L'identification la plus compréhensible consiste à définir les angles de triangle (cotés 100) et les hauteurs plutôt que les côtés.
- La lisibilité conduit à renforcer la visibilité des points, qui sont la base de regroupements éventuels, plutôt que les noms, qui se disposent suivant la commodité.

#### Traitement et discussion.

Réduction de la composante  $\neq 3$ :

G. Th. GUILBAUD commente ainsi la figure (2) : "La forme très allongée du nuage est déterminée par la proportion des jeunes. C'est le caractère principal en démographie mondiale puisque, connaissant cette proportion, on peut en déduire les deux autres, au moins approximativement".

Réduction de la composante longue :

"A l'intérieur de la zone déterminée par les points on peut distinguer trois groupes : l'un correspondant à

une forte proportion de jeunes (45 % environ) avec le Japon comme exemple, l'autre à une faible proportion (30 % environ) avec la France comme exemple, le troisième étant intermédiaire".

#### Détermination des groupements.

La réduction de la composante longue soulève le problème des différents groupements possibles. On peut distinguer trois cas :

1°) Les groupes se dessinent d'eux-mêmes, sans ambiguïté (3). Ce sont ces groupes que l'on retient.

2°) Les groupes se dessinent, mais certains points impliquent un choix entre deux groupes voisins. Pour affecter ces points à un groupe donné on s'appuiera sur une information complémentaire et par exemple, un département ayant une position ambiguë dans le triangle sera affecté au groupe qui, géographiquement, sera le plus voisin.

3°) Le nuage ne présente pas de groupements. Dans ce cas on s'appuie uniquement sur les nombres, et on définit géométriquement les groupes, en menant des parallèles aux côtés du triangle, (4) à partir d'un point central. Ce centre correspond à la moyenne générale, par exemple aux pourcentages de la France entière, dans une statistique départementale. (On remarque que cela revient à découper symétriquement un triangle utile centré sur la moyenne (5). Plusieurs découpages sont possibles :

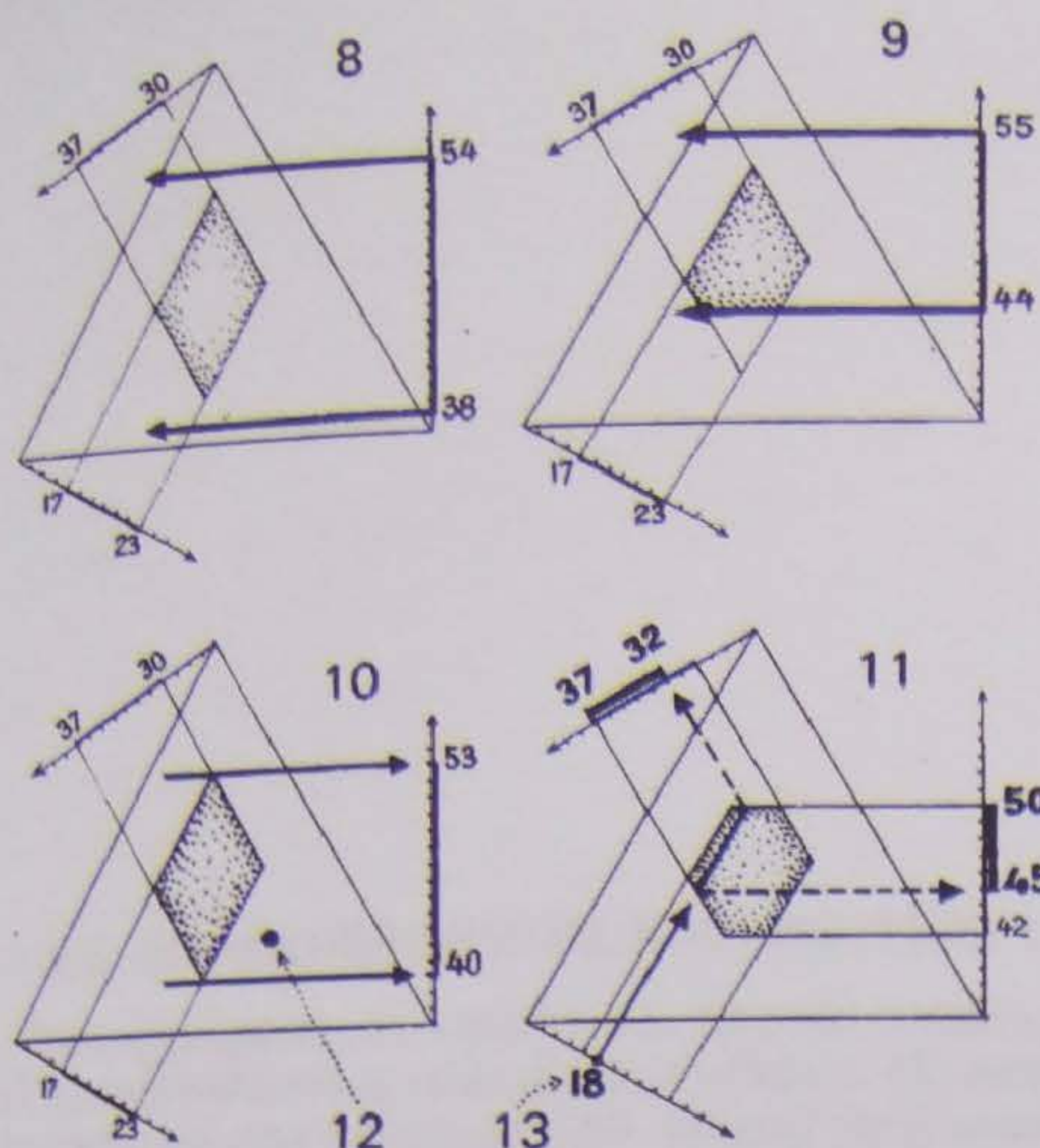
- à partir du centre en 6 ou 9 catégories (6);
- en conservant un groupe "moyen" c'est-à-dire en traçant un triangle central autour de la moyenne, ce qui détermine 7 ou 10 catégories (7).

#### Zône de tolérance.

Le graphique triangulaire permet de tenir compte de certaines variations de pourcentages et de définir la limite de ces variations. Soit, d'après SATET et VORAZ, "Les Graphiques", Paris, Bibliothèque du chef, 1952, les exemples suivants :

- Un stock suivant le % de matières premières, produits en fabrication, produits finis;
- Un prix de revient suivant le % de matières premières, de main-d'œuvre, de frais généraux;





- Un poids utile suivant le % de combustible, de passagers, de fret.

Dans chaque exemple, le pourcentage des trois termes ne peut rester rigoureusement fixe. Il peut varier suivant les circonstances, les époques, le lieu, l'appareil... Mais l'on peut considérer qu'il y a une position optimum, autour de laquelle les % peuvent encore osciller, à condition que ces oscillations ne dépassent pas certaines limites définies par l'expérience ou par des contraintes extérieures, et hors desquelles la compensation pèse lourdement sur les autres termes. Les limites de chacun des termes, ou marge de tolérance, sont portées respectivement sur chacune des trois hauteurs du triangle (8). Elles permettent d'observer immédiatement :

- 1°) Une appréciation des limites d'un terme, incompatible avec les deux autres (8) et (9);
- 2°) Les limites extrêmes d'un terme par rapport aux deux autres (10);
- 3°) La zone des tolérances des 3 termes (10) (11), et les situations anormales (12);
- 4°) L'un des chiffres étant connu (13) il détermine les limites dans lesquelles peuvent s'inscrire les deux autres.

#### Composante longue ordonnée.

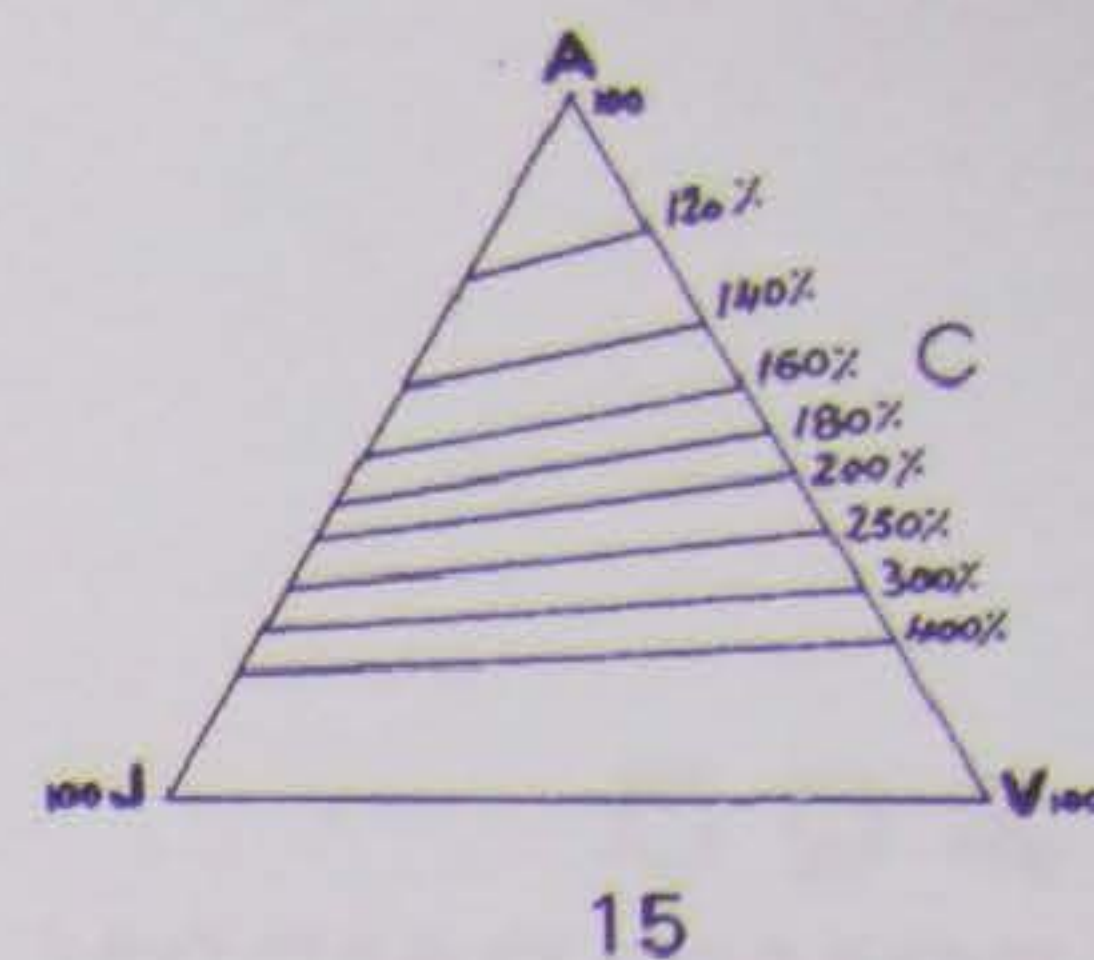
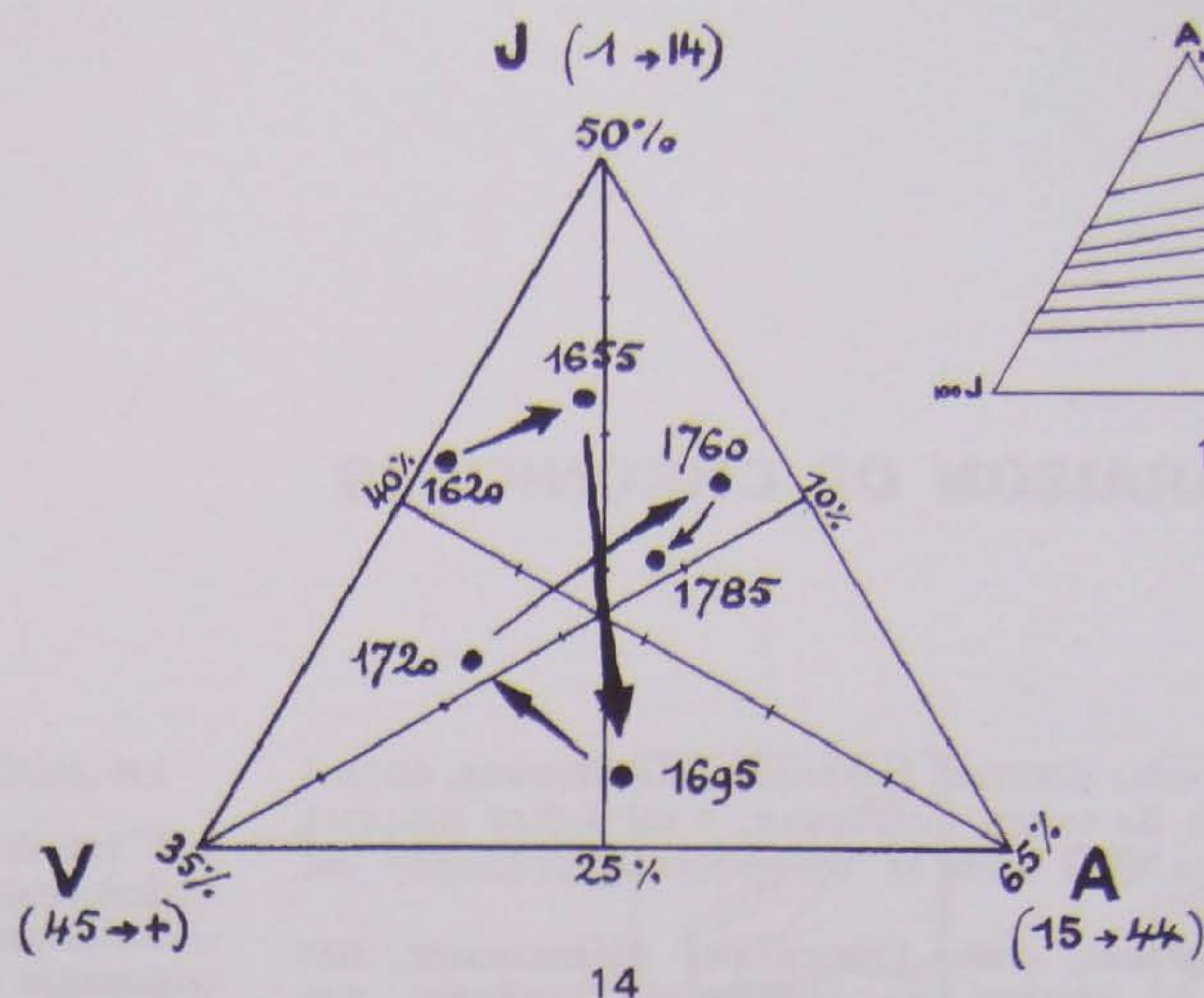
Lorsque la composante longue est ordonnée, le temps par exemple, la construction triangulaire conduit généralement à la figure (14) qui trace l'évolution démographique d'un village. (D'après R. BAEHREL : "La Basse Provence Rurale" S.E.V.P.E.N., Paris, 1960). La discussion de la composante longue permet de définir des périodes démographiques différentes. Elles correspondent aux différentes directions du tracé.

#### Introduction du total ou d'une composante 'nouvelle.

La construction triangulaire (comme la construction  $\neq 2$ , p. 250) permet d'économiser la 3<sup>e</sup> composante visuelle. Celle-ci est donc libre de représenter :

- soit les quantités totales (6 p. 115),
- soit une 4<sup>e</sup> composante O ou Q :

Rien n'empêche en effet de superposer à (14) la quantité totale de population suivant les années où la taille



des individus, ou la valeur de la récolte... à condition que cette nouvelle composante se rapporte au total des individus et non à l'une des catégories identifiées par le triangle (taille moyenne de tous les individus, récolte de tout le village...)

- soit une 4<sup>e</sup> composante  $\neq$ , qui permet de superposer plusieurs séries différentes de points, et par exemple de représenter l'évolution démographique de plusieurs villages (v. p. 261).

#### Contraintes ajoutées à la composante $\neq 3$

La charge que représentent les vieillards et les jeunes, pour la population active, varie évidemment suivant la proportion des J. V. et A. Mais on peut admettre que la charge représentée par un vieillard est supérieure à celle représentée par un jeune.

La variation est donc dissymétrique. Le graphique triangulaire permet de représenter cette dissymétrie, et d'établir un "abaque" des charges.

Voici d'après G. Th. GUILBAUD (article cité) la solution graphique. Évaluons par exemple la consommation d'un A à 1, d'un V à 0,8, d'un J à 0,6.

Il s'agit de déterminer l'abaque donnant, en fonction de cette pondération fixe, la charge que supporte un adulte suivant les différents pourcentages de A. V. et J.

Prenons à titre d'exemple une proportion de 55 % de A, 15 % de V, 30 % de J. Les 55 A assurent :

- leur propre consommation .....  $55 \times 1 = 55$
- plus la consommation de 15 V .....  $15 \times 0,8 = 12$
- plus la consommation de 30 J .....  $30 \times 0,6 = 18$

Les 55 A assurent donc la charge de 85 consommations. Un adulte a donc la charge de  $85/55 = 1,54$  consommateur.

Disons que le coefficient de charge  $C = 154\%$ .

Sur le graphique, tous les points correspondant à une même valeur de C sont sur une droite.

Des calculs simples permettent de déterminer 2 points pour chacune des valeurs caractéristiques (150 %, 200 %, 300 %, 400 %) de C et de tracer la figure (15). Elle permet de comparer plusieurs pays, plusieurs époques, du point de vue de la charge démographique qui incombe à la population active.



≠ Q O

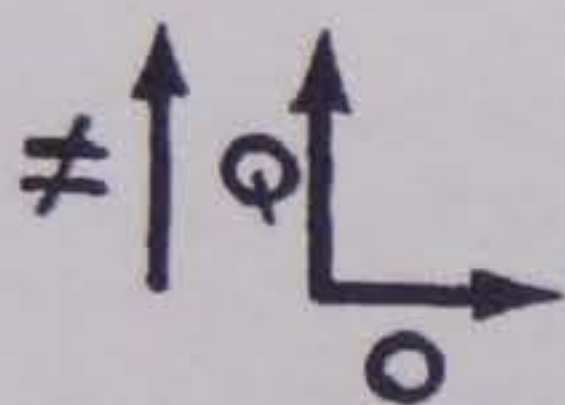
## COMPARAISON DE CHRONIQUES

Soit à comparer diverses évolutions statistiques, durant une période de temps commune, c'est-à-dire diverses informations O Q dont la composante ordonnée est commune.

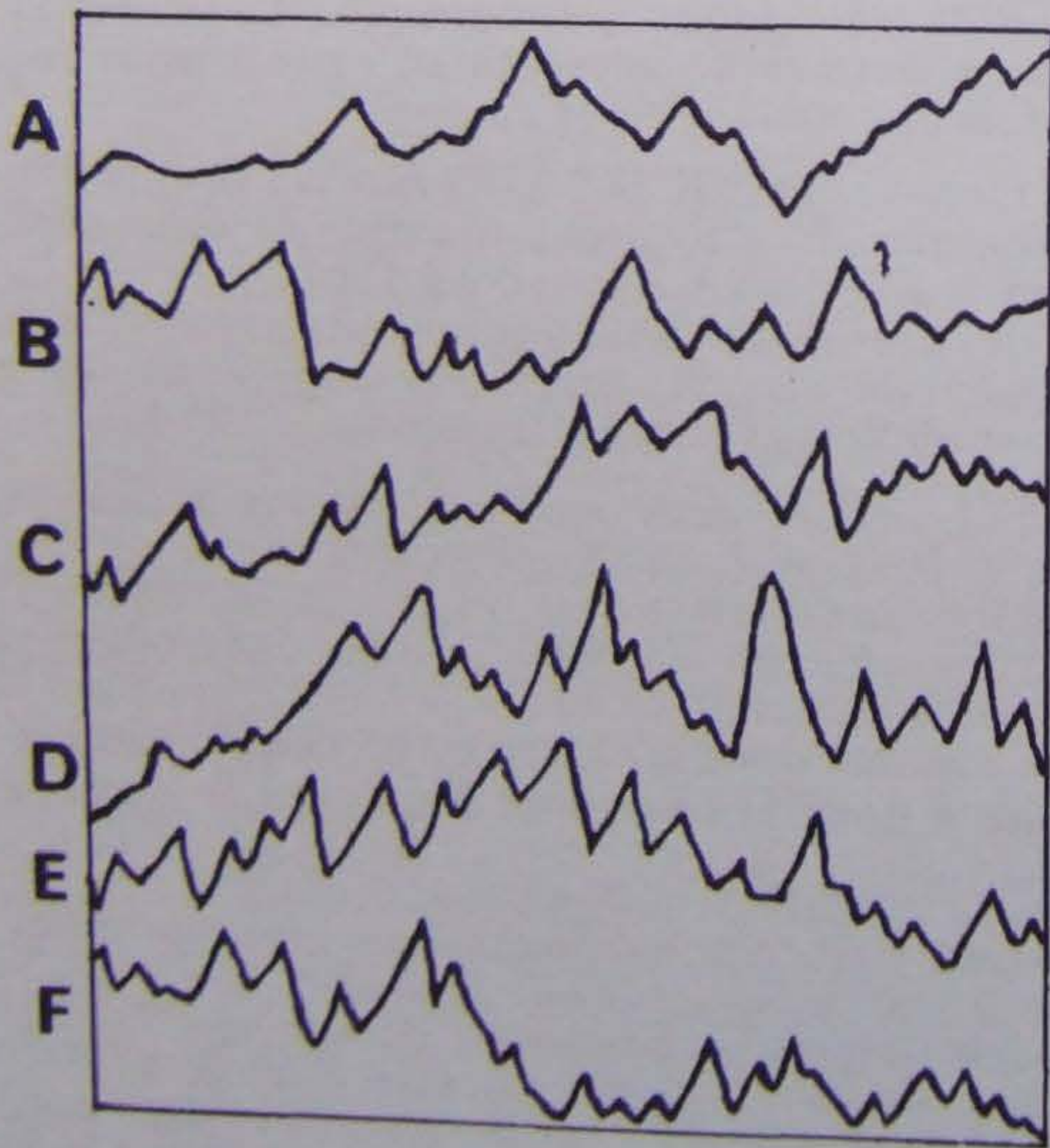
Les informations, outre l'inventaire élémentaire, ont comme objet général de réduire la longueur des composantes c'est-à-dire :

- d'ordonner et de catégoriser la composante ≠ ;
- de catégoriser la composante O d'après l'ensemble informationnel.

On procédera par conséquent à un classement des courbes par diagonalisation, ce qui peut déterminer des groupes de courbes parallèles, et catégoriser la composante ≠, puis à une comparaison verticale des éléments de courbes, par addition, ce qui peut déterminer des périodes caractéristiques dans la composante O. Comment procéder graphiquement ?



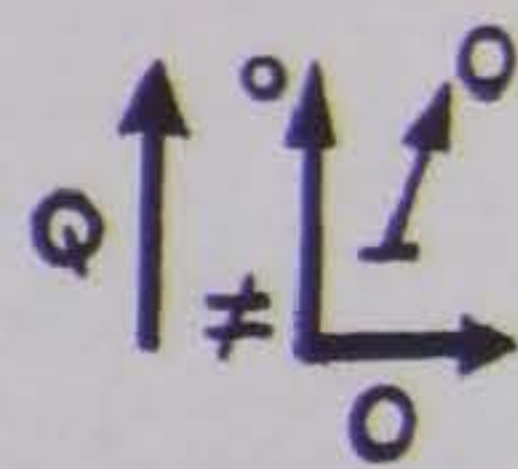
1



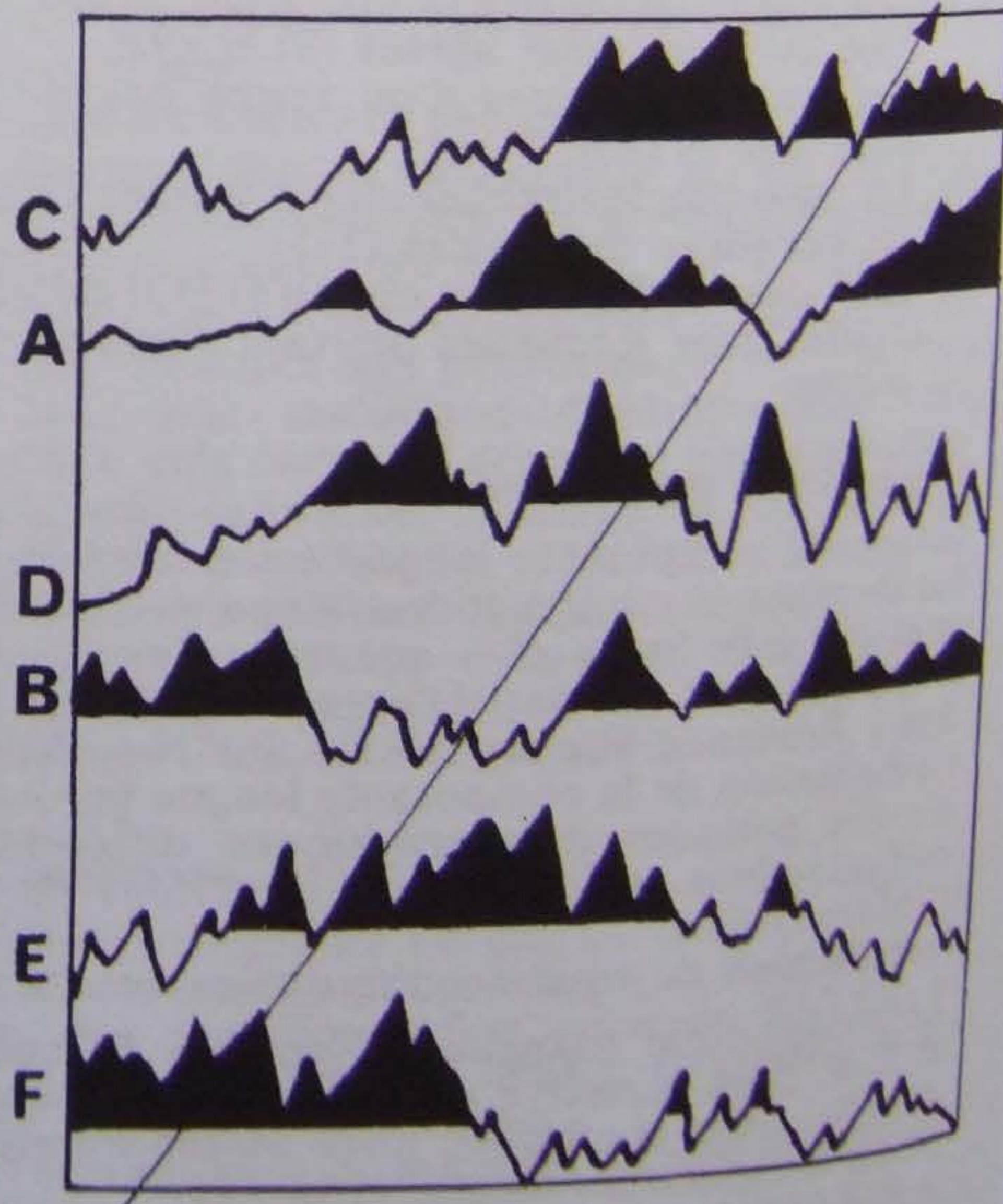
## LA JUXTAPOSITION DES COURBES

C'est le meilleur moyen de traiter la composante ≠. Soit une série de courbes A, B, C... comparables. (1) Voici une manière rapide de les ordonner en tenant compte de l'ensemble des correspondances exprimées par chaque courbe (et pas seulement des deux "dates" extrêmes).

On "poche" en noir les pointes supérieures des courbes (les colonnes sont préférables) jusqu'à un niveau horizontal quelconque, que l'on atteint progressivement, et qui doit dégager la tendance générale de chaque courbe (ce qui revient à créer une variation visuelle en 3<sup>e</sup> dimension et à construire l'information suivant le schéma de base). Il ne reste plus qu'à classer les courbes suivant une diagonale de "noir". La composante ≠ est classée : C, A, D, B... (2) et des regroupements sont possibles.



2





## LA SUPERPOSITION DES COURBES

La catégorisation de la composante **O** repose sur une addition de coïncidences verticales élémentaires (coïncidences de pointes, de "creux") ou moyennes (coïncidences d'ascendances, de dépressions...). La construction la plus naturelle est la superposition de courbes. Mais lorsque les quantités sont de nature différente, ou simplement d'étendue différente, quelles échelles faut-il choisir pour les représenter ?

Considéré comme libre, le choix des échelles peut conduire par exemple aux diagrammes (3) ou (4), tirés de la même statistique. On jugera aisément de l'effet psychologique de chacun ! Cet exemple montre que **ce sont moins les nombres que la pente des courbes qu'il importe de figurer avec rigueur.**

Tout rédacteur consciencieux doit savoir que le choix n'est pas libre et que de tels problèmes imposent au contraire des règles strictes.

Soit par exemple à comparer dans les mines de houille de Carmaux :

≠ 4 différentes unités :

- V prix de vente de la houille ;
- S salaire des ouvriers, en francs ;
- N nombre des ouvriers ;
- P production, en tonnes.

**Q** quantités dans chaque catégorie, suivant

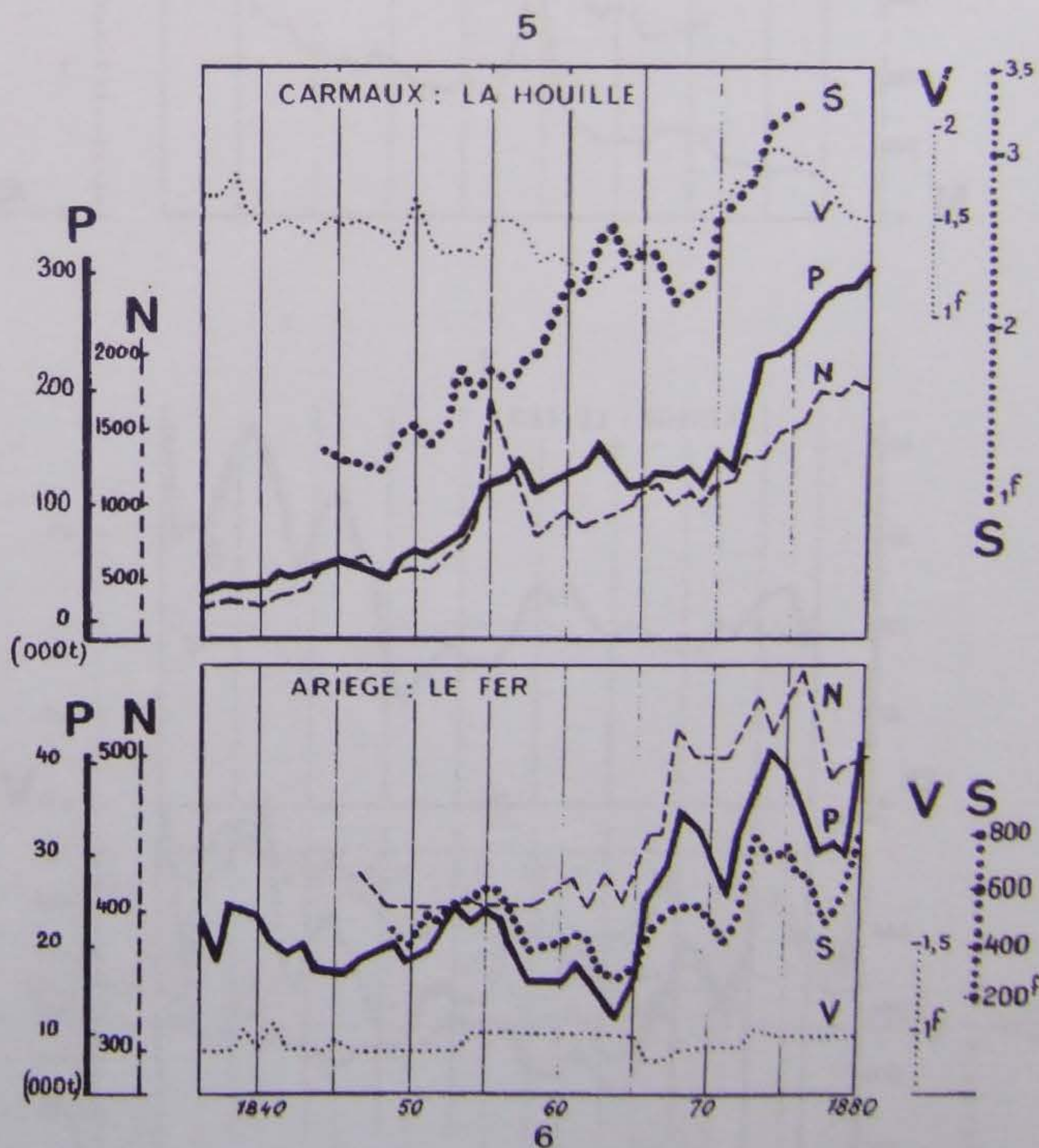
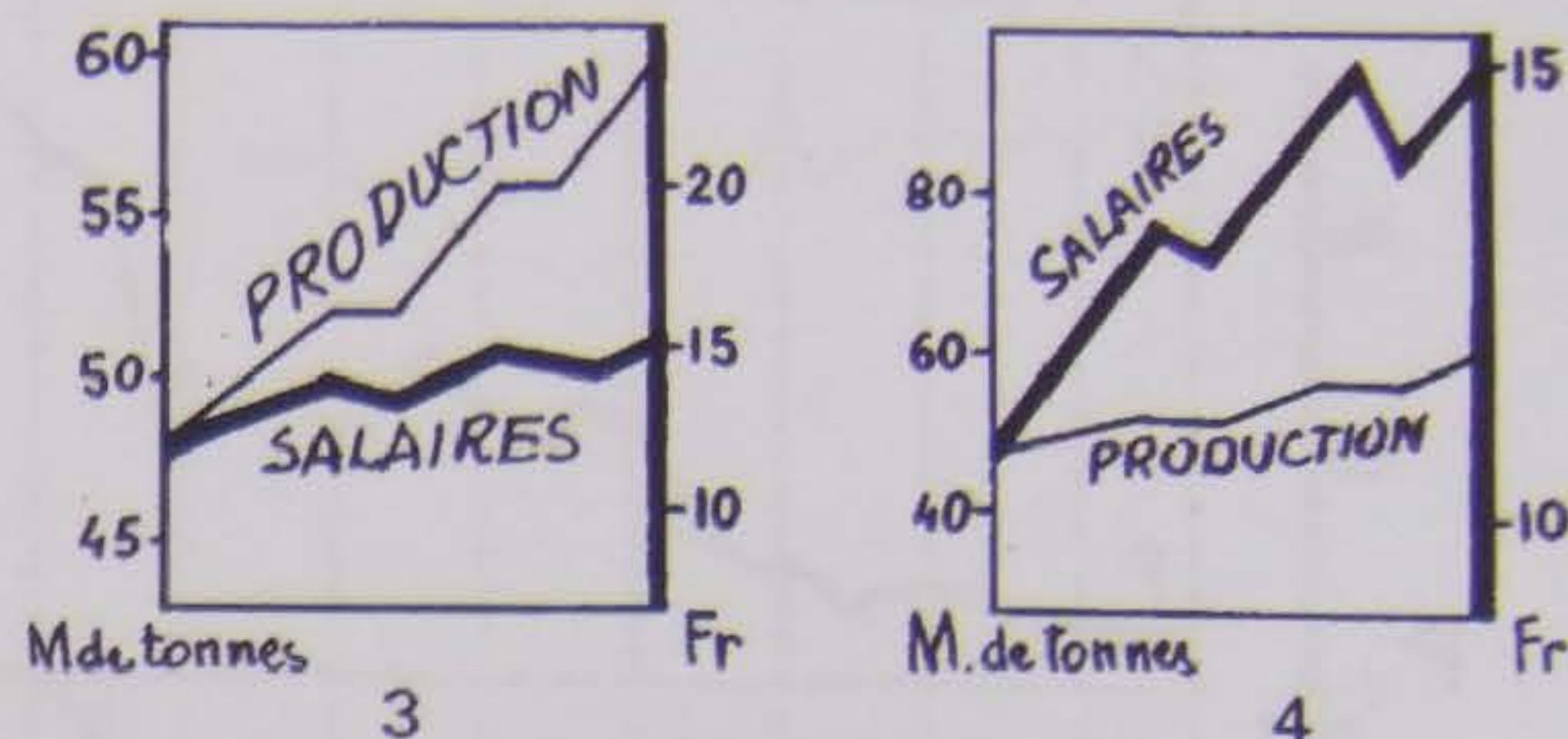
**O** le temps.

Pour mieux voir le résultat des différentes constructions, on traitera conjointement le même problème pour les mines de fer de l'Ariège (informations tirées de A. ARMENGAUD "Population de l'Est Aquitain" Mouton, 1961).

### Échelles construites librement

On cherche généralement à rapprocher les courbes tout en évitant une superposition confuse (lisibilité). Le lecteur déduira de (5) un "certain parallélisme" P.N.S., de même en (6). S'il veut comparer (5) et (6) il s'apercevra que l'ampleur de chaque variation lui échappe car il ne peut voir la base (le zéro) de chaque courbe.

L'information contenue dans ces diagrammes est réduite à la correspondance des pointes des courbes. Toute comparaison aux niveaux moyens est ambiguë, elle revient à lire des chiffres sur les échelles.

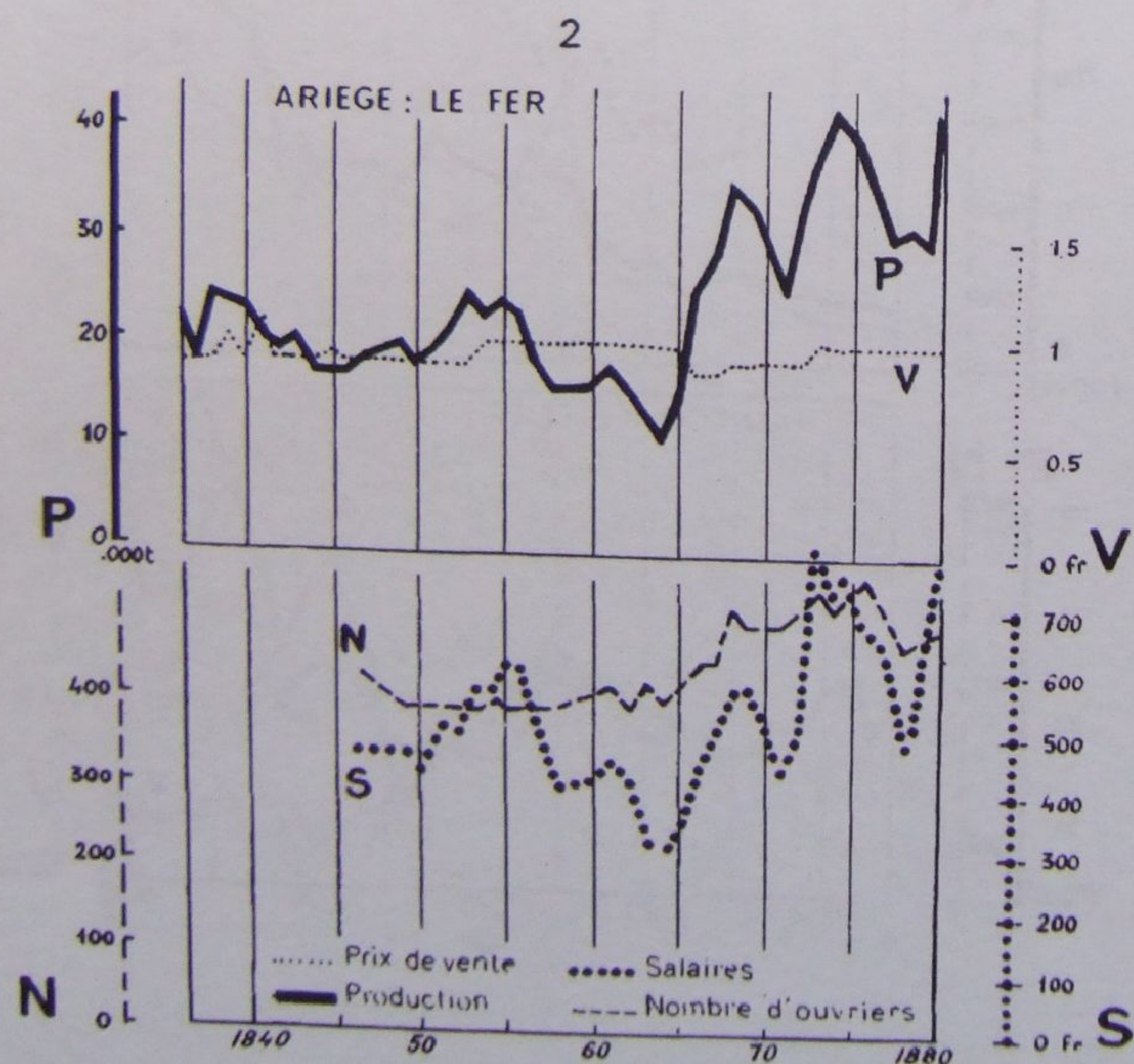
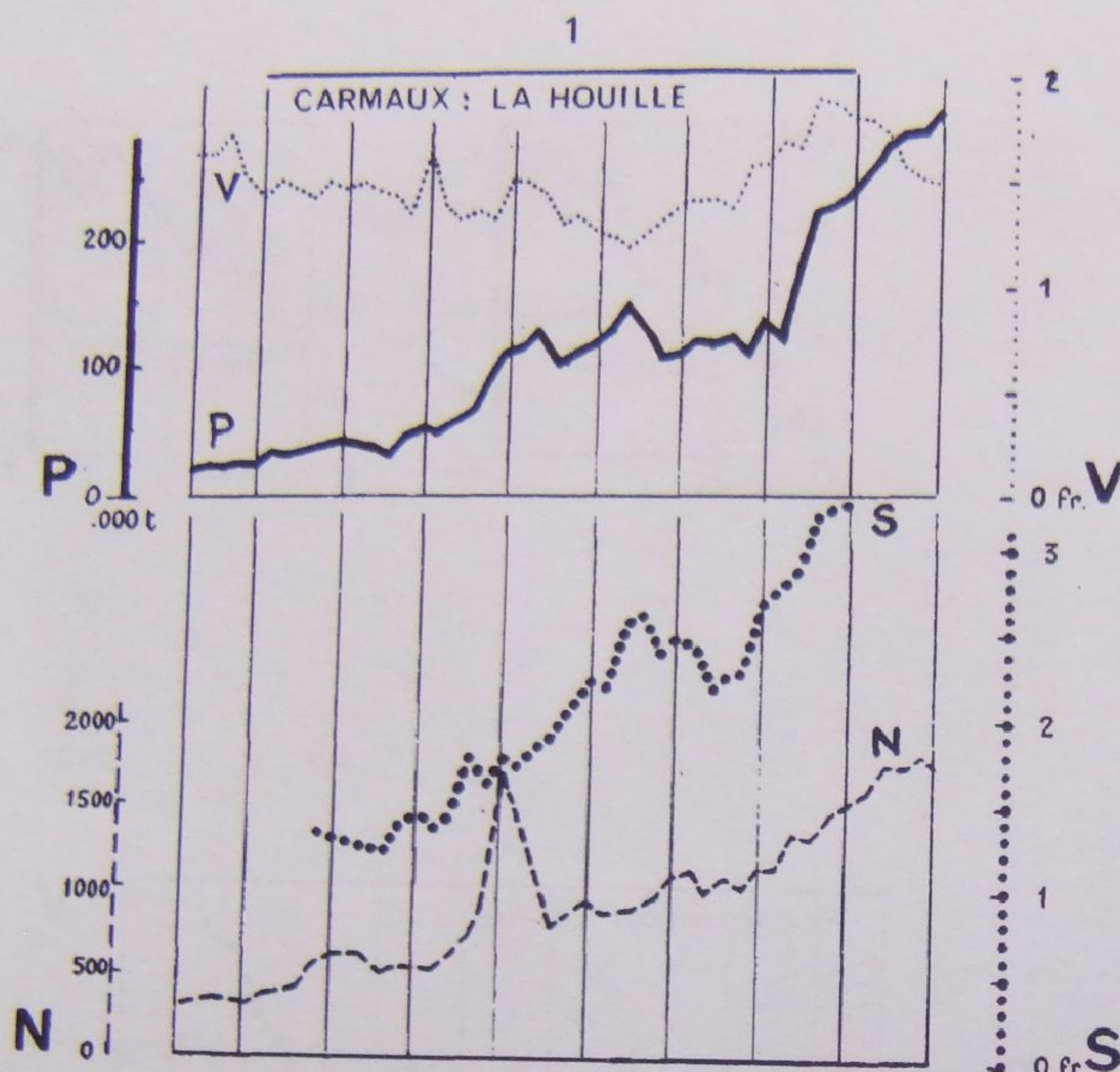




## Zéro visible

En construisant le zéro de chaque échelle on offre le moyen de percevoir l'amplitude d'une variation. Mais le risque de confusion conduit à séparer les courbes et le zéro ne résout pas le problème des échelles ni de la base de comparaison. Pourquoi construire telle courbe au-dessus de telle autre ou au-dessous ?

Le lecteur déduira de (1) que S augmente plus rapidement que P ! et de (2) que P et S sont parallèles et différents de N !



## BASE COMMUNE : INDEXATION

On peut considérer que tous les éléments du problème sont comparables à un moment donné. A cet instant, et quelle que soit leur grandeur numérique propre, on exprime les nombres statistiques par la grandeur 100. Dans chaque série tous les nombres sont ensuite rapportés à cette grandeur suivant la formule :

Indice à l'époque  $n = \frac{\text{nombre statistique à l'époque } n}{\text{nombre statistique à l'époque } i}$   
soit :

$$\text{indice } n = \frac{Q_n}{Q_i} \times 100$$

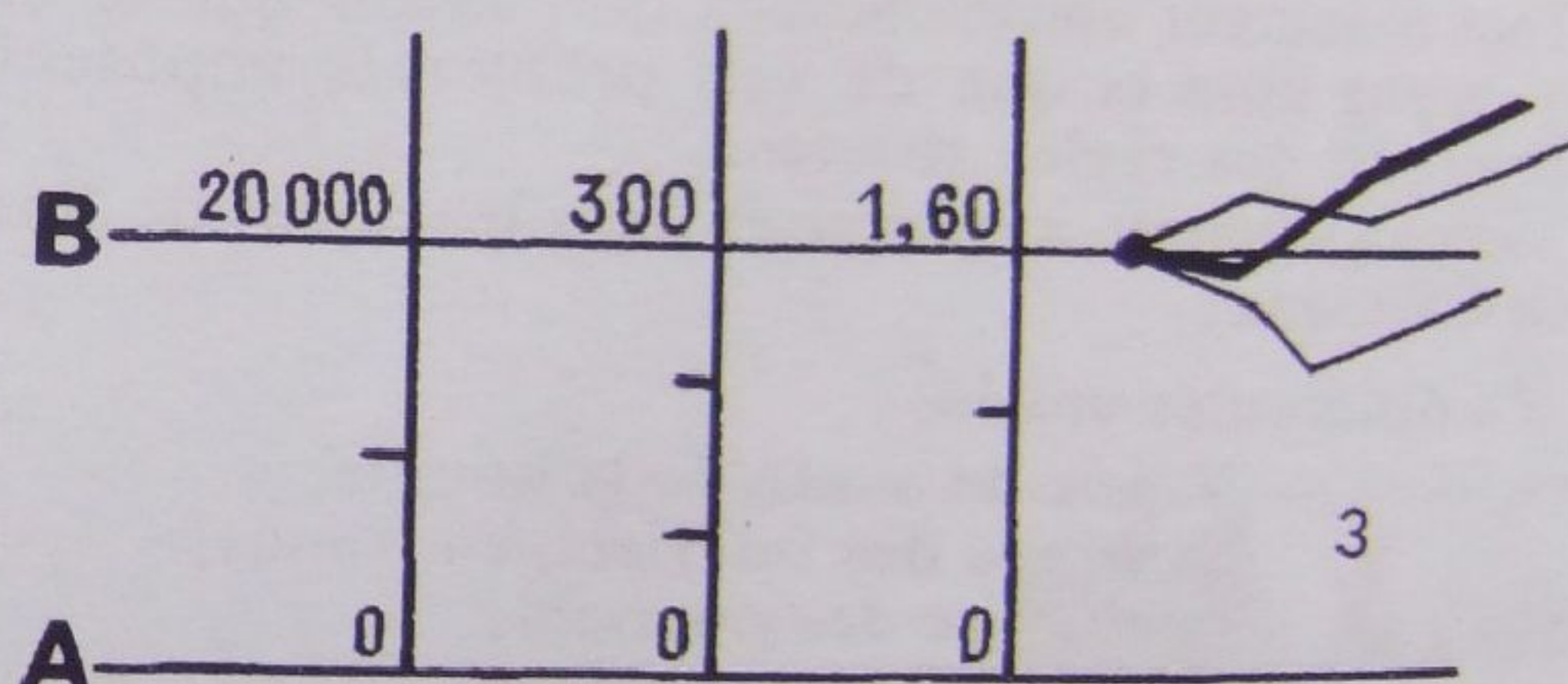
Il est alors possible de parler des diverses variations avec des chiffres, car chacun est informé de la signification de 100 et perçoit aisément ce que représente 80, 760 ou tout autre indice. Tous les indices sont comparables.

### La représentation graphique des indices

Lorsque les indices ont été calculés il suffit de construire une échelle d'indice. Elle est commune à toutes les courbes, et le dessin est élémentaire.

Lorsque les indices ne sont pas calculés, leur calcul n'est pas nécessaire. En effet, que signifie graphiquement l'indexation ? : que tous les nombres statistiques à l'instant  $i$  sont représentés par une même grandeur sur le papier. Et par exemple l'instant  $i$  étant 1836, la même grandeur de base représentera pour Carmaux 20 000 t (P) 300 (N) 1,60 (PV) etc.

Pour établir les échelles, il suffit de faire coïncider sur une même horizontale A, tous les zéros, et sur une même horizontale B, les nombres 20 000, 300, 1,60... (3).



Si l'on choisit  $AB = 2$  cm par exemple, la dimension de l'unité (ou de son multiple) sera pour chaque échelle égale à :

$$\frac{AB}{20\,000} \quad \frac{AB}{300} \quad \frac{AB}{1,6}$$

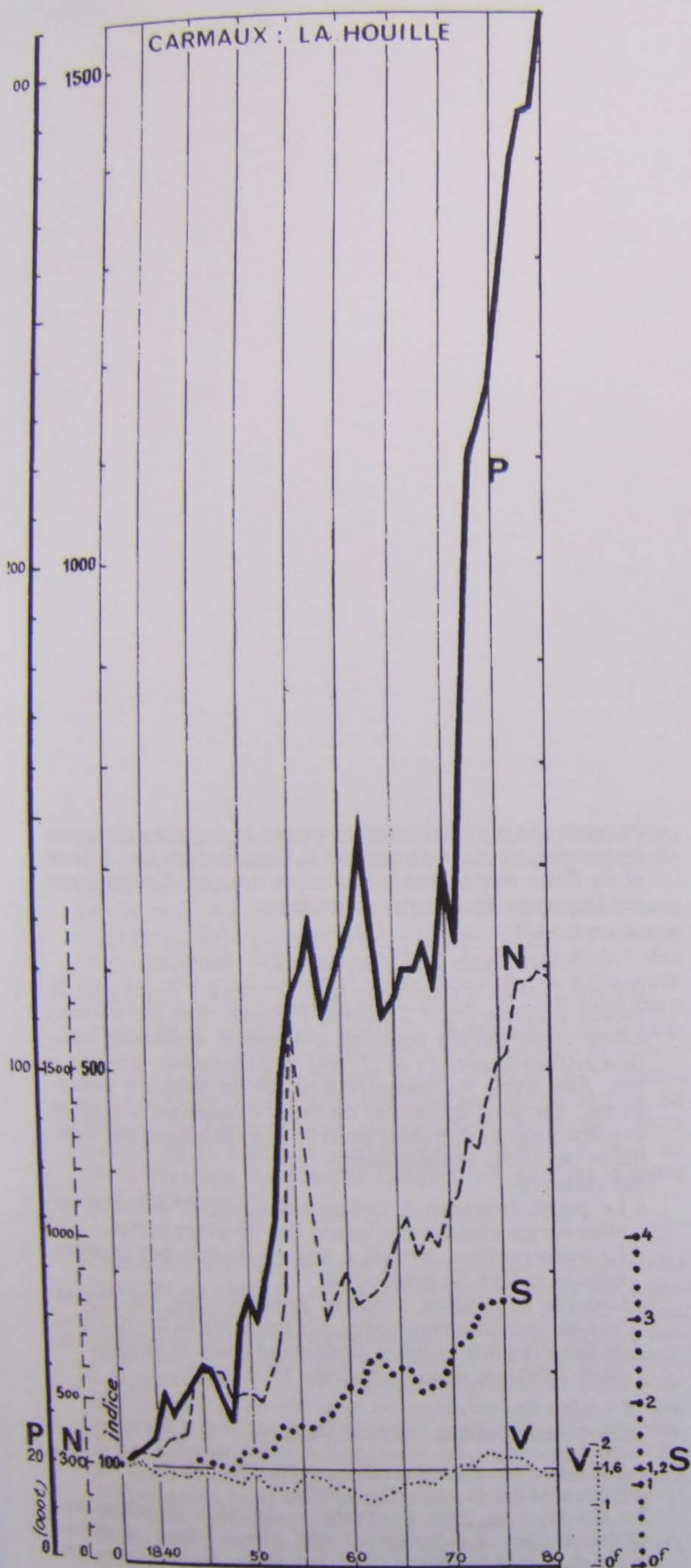
Les échelles sont inversement proportionnelles aux grandeurs de chaque variable au point d'indexation. Une fois construites, ces échelles permettent de pointer directement les nombres non indexés et d'obtenir l'image de l'indexation (4) et (5).

### Le point d'indexation

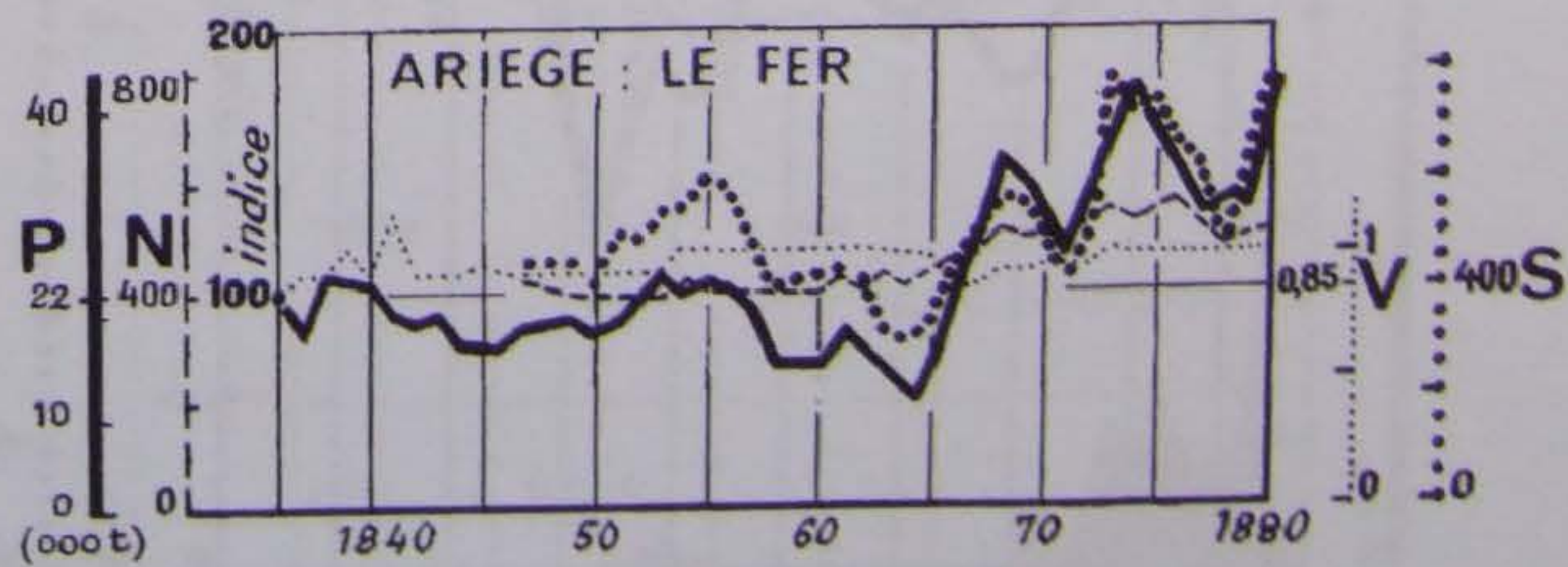
L'indexation contient encore une grande part d'arbitraire, car l'on peut choisir le point d'indexation où l'on veut. Choisi au début (cas le plus général) il risque d'aboutir aux images (4) et (5) c'est-à-dire à des amplifications erronées dans la mesure où certains facteurs ont été indexés près du moment de leur création. Le lecteur déduira par exemple que de 1860 à 1880 la croissance de la production de la houille est très supérieure à celle du fer ! Le point d'indexation peut aussi être choisi au milieu, à la fin de la période. Il peut s'appuyer sur la moyenne de plusieurs années.



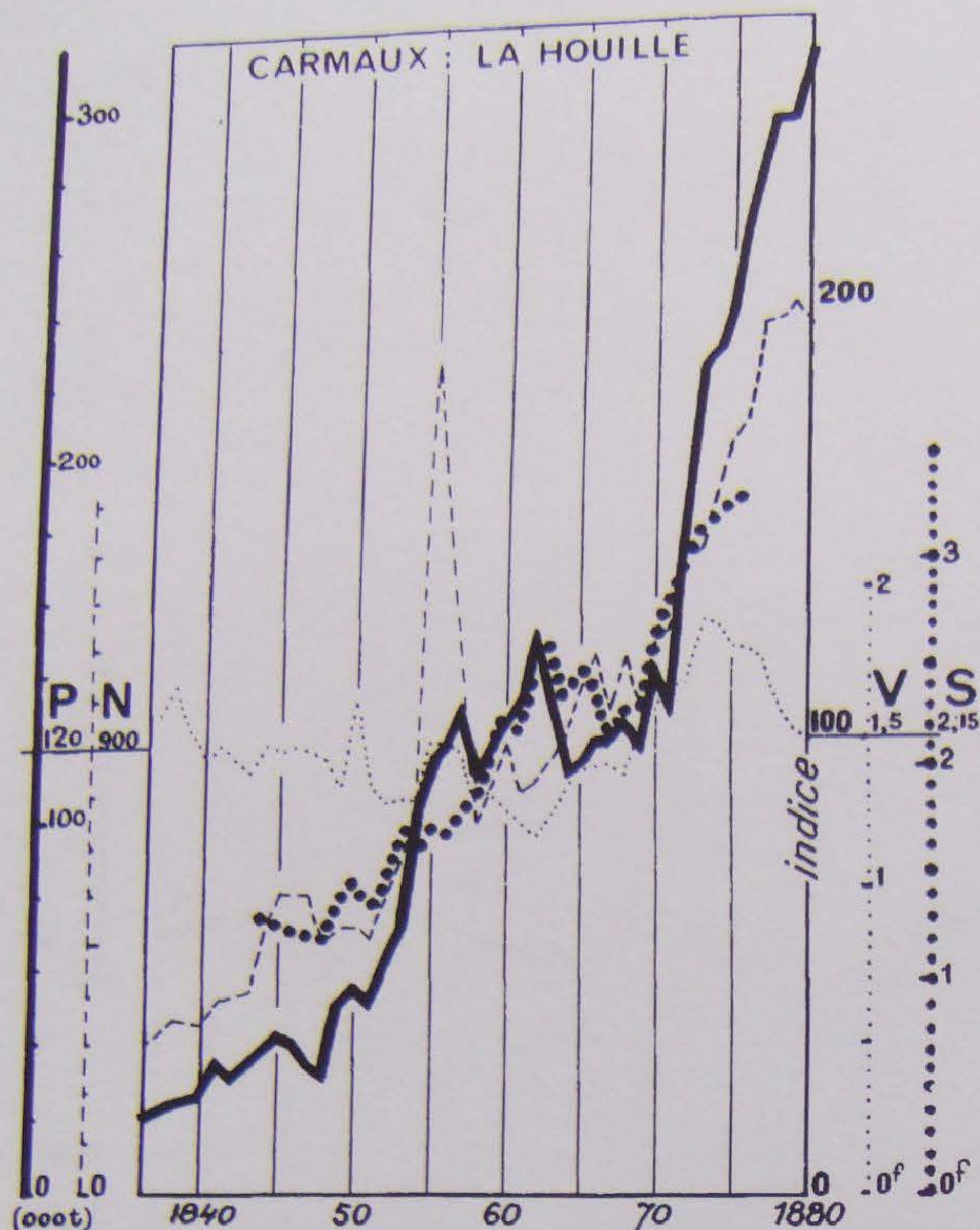
## CARMAUX : LA HOUILLE



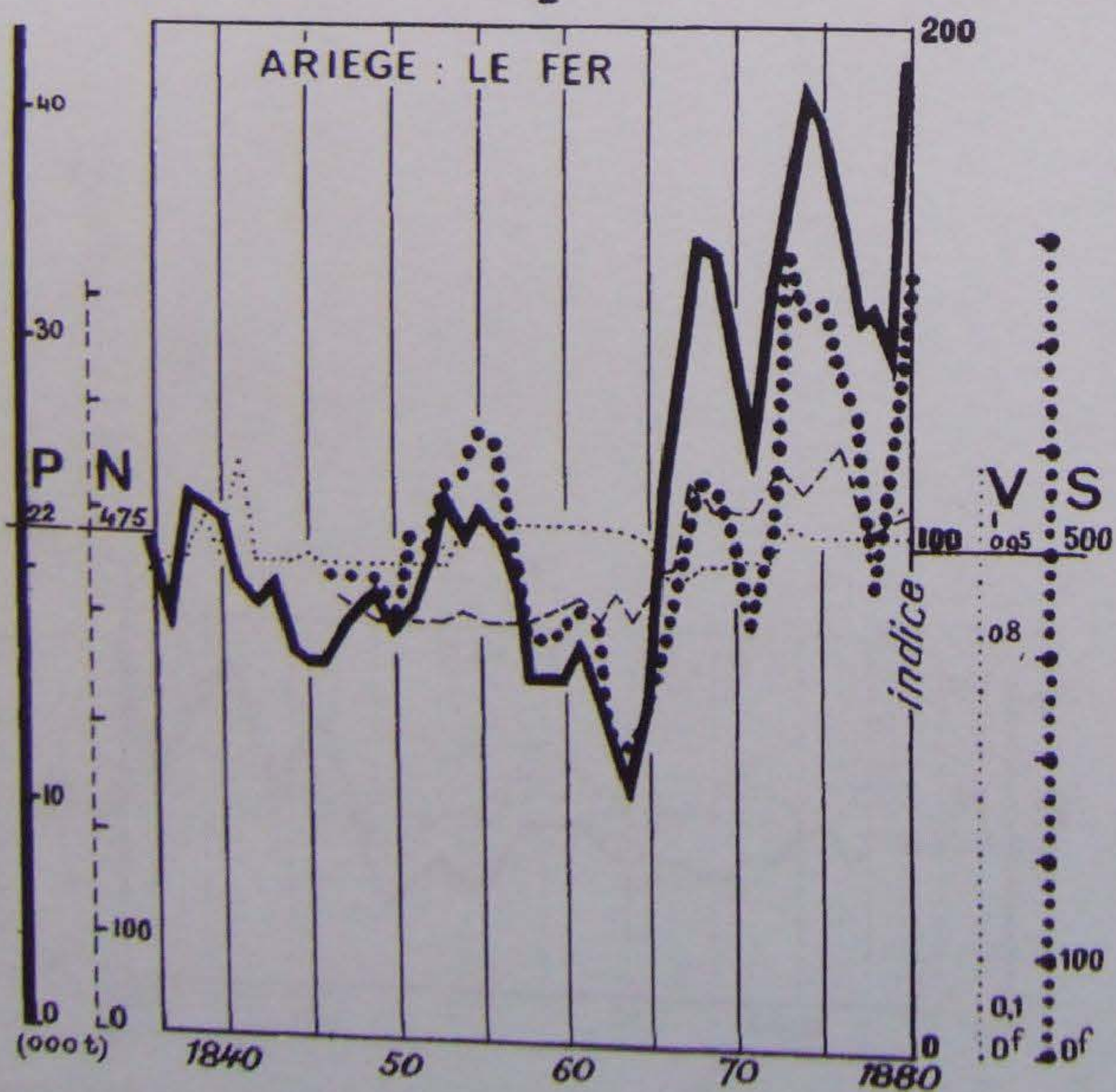
## ARIEGE : LE FER







1



2

Par extension il peut s'appuyer sur *la moyenne de toutes les années*, ce qui correspond à l'égalisation des totaux et de l'aire soutendue par chaque courbe. La longueur sur le papier de chaque unité sera :

$$\frac{AB}{\text{moyenne P}} \quad \frac{AB}{\text{moyenne S}} \quad \frac{AB}{\text{moyenne V}} \quad \dots$$

(ce qui résout le problème des courbes n'ayant pas de valeur connue pour l'instant  $i$  choisi comme indice.) Cette construction apparaît comme la meilleure solution arithmétique (1) et (2) à la superposition des courbes. Elle évite les exagérations de la solution précédente. De plus la notion de base commune, aisément explicable et concevable pour le lecteur retire tout arbitraire au choix des échelles.

Ses défauts :

- Le point commun à toutes les courbes disparaît et avec lui un classement visuel des diverses séries.
- La construction conduit à une confusion des courbes vers le centre du graphique.
- Comme dans toute solution arithmétique, les pentes ne sont pas comparables et par exemple la production de houille paraît croître davantage dans la période de 1860-1880 que dans la période 1836-1860!

### LES VARIATIONS RELATIVES

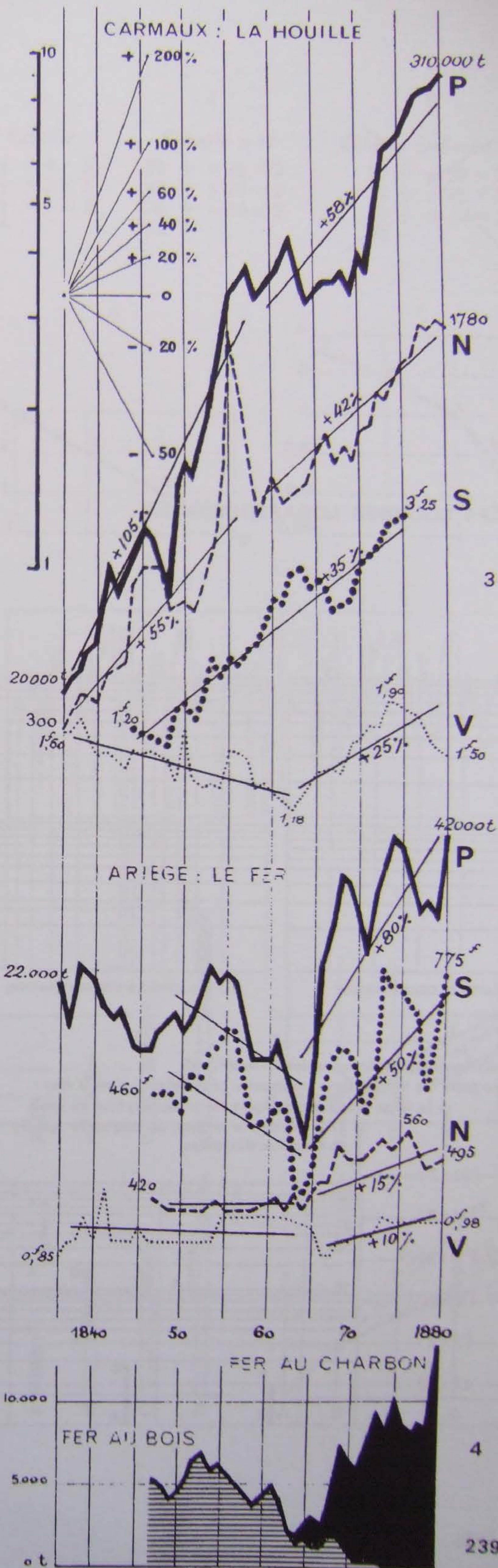
La seule notion comparable entre des séries d'unités différentes est la *pente des courbes*. La solution la plus générale et la plus satisfaisante consiste donc à représenter non plus chaque nombre mais *chaque changement* c'est-à-dire le rapport entre un nombre et celui qui le précède. Cela revient à construire une indexation permanente, et à traduire en



chiffres non plus des quantités d'unités, mais des variations de quantités. C'est ce qu'apporte l'échelle logarithmique.

Les autres éléments de la comparaison subsistent dans cette solution – comparaison des pointes, comparaison de la structure fine des courbes. La "relecture" des chiffres statistiques peut être possible si l'on cote l'échelle avec suffisamment de détail, mais il faut bien noter que ce n'est pas l'objet de la représentation graphique, qui n'arrivera jamais ici à remplacer la précision du tableau de chiffres. Seul le "volume" représenté par une série (s'agit-il de dizaines de tonnes ou de millions de tonnes) n'est pas spatialement visible. Mais il suffit de le rappeler par quelques chiffres à côté de l'identification de chaque courbe, de part et d'autre du diagramme.

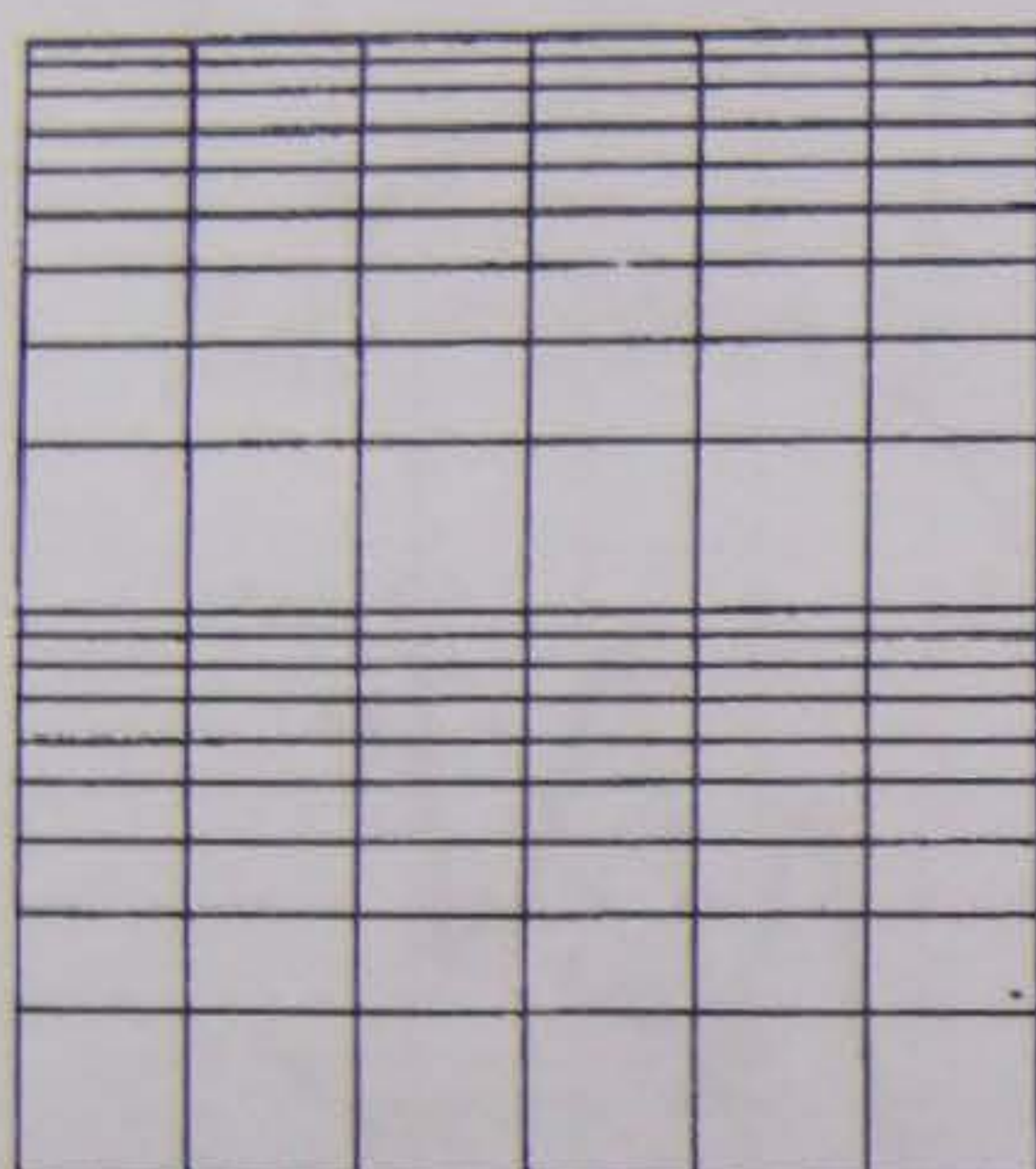
Construits sur une échelle logarithmique (3) les séries relatives au charbon et au fer nous apportent les courbes les plus utiles. Toutes les pentes étant comparables, on juge aisément du parallélisme de deux courbes soit dans le détail soit sur une période, soit dans l'ensemble. Les ajustements linéaires (les droites tracées pour souligner des tendances) sont comparables et même mesurables à partir de l'échelle des variations décennales. Il ne subsiste plus maintenant aucune ambiguïté. La pertinence des observations faites sur les constructions précédentes peut être commentée ici avec rigueur et c'est avec certitude que l'on peut parler de deux évolutions très différentes et en définir tous les aspects. Enfin, l'information complémentaire (4) (dont l'objet aurait été difficilement compris en face des constructions précédentes) prend ici toute sa valeur explicative.





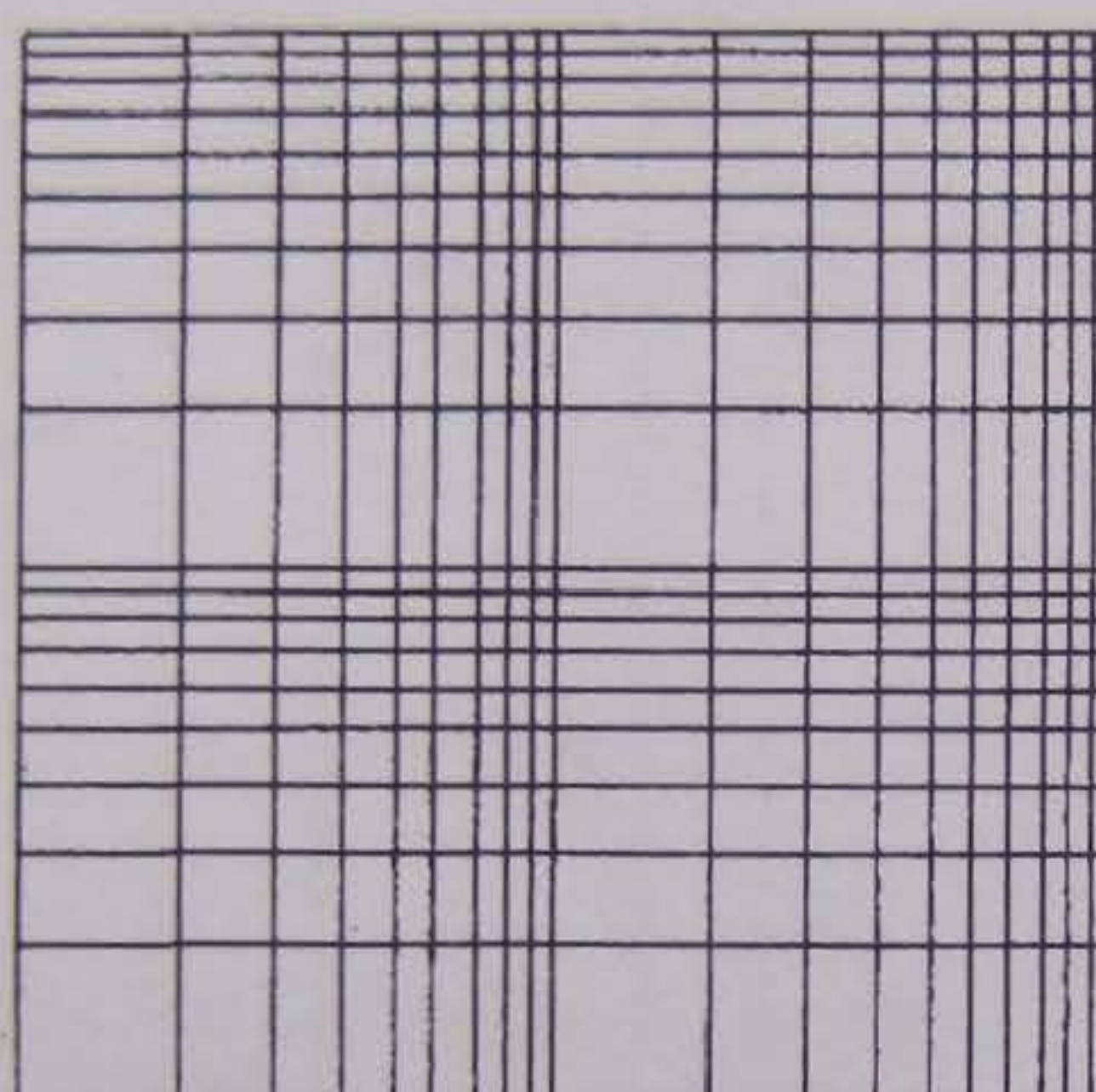
## LES COURBES LOGARITHMIQUES

1



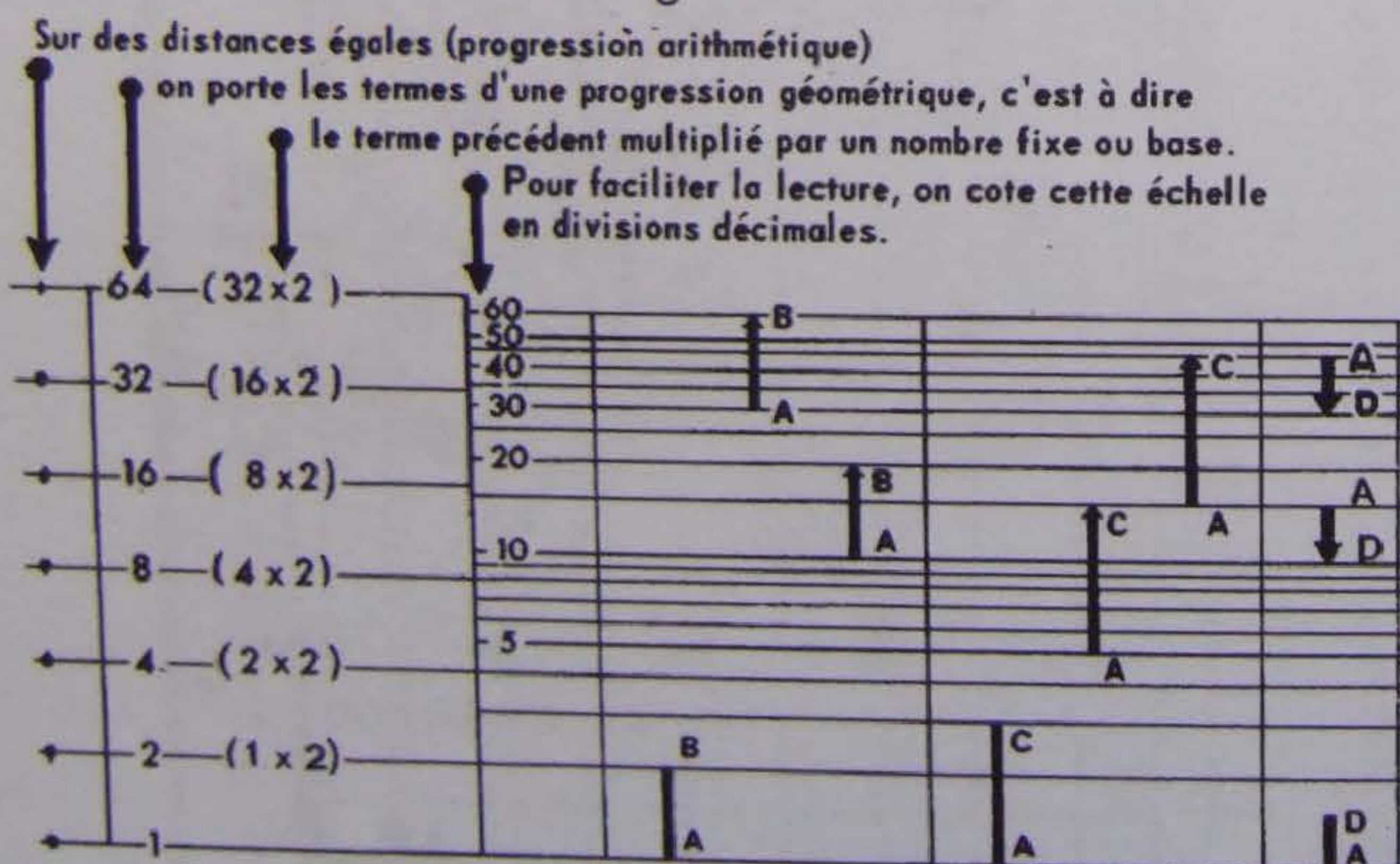
PAPIER LOGARITHMIQUE

2



PAPIER DOUBLE LOGARITHMIQUE

3



### Terminologie

L'analyse des variables visuelles disponibles conduit à considérer que le plan fournit *deux dimensions homogènes* et indépendantes. En conséquence nous parlerons de *diagramme logarithmique* lorsque l'échelle log. est portée sur *une* dimension du plan (l'autre étant arithmétique) (1) et de *diagramme double-logarithmique* lorsque l'échelle log. est portée sur les *deux* dimensions du plan (2).

Quelques points essentiels :

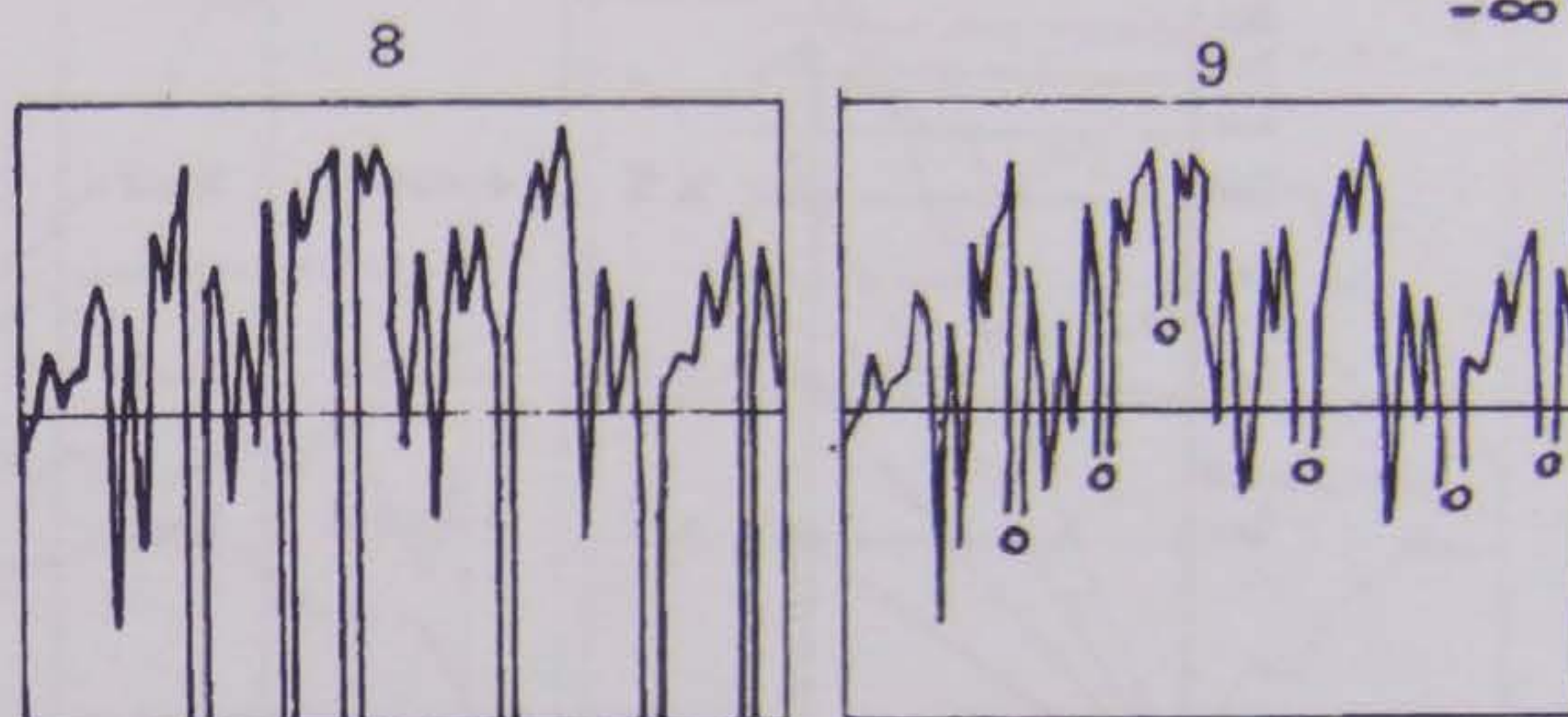
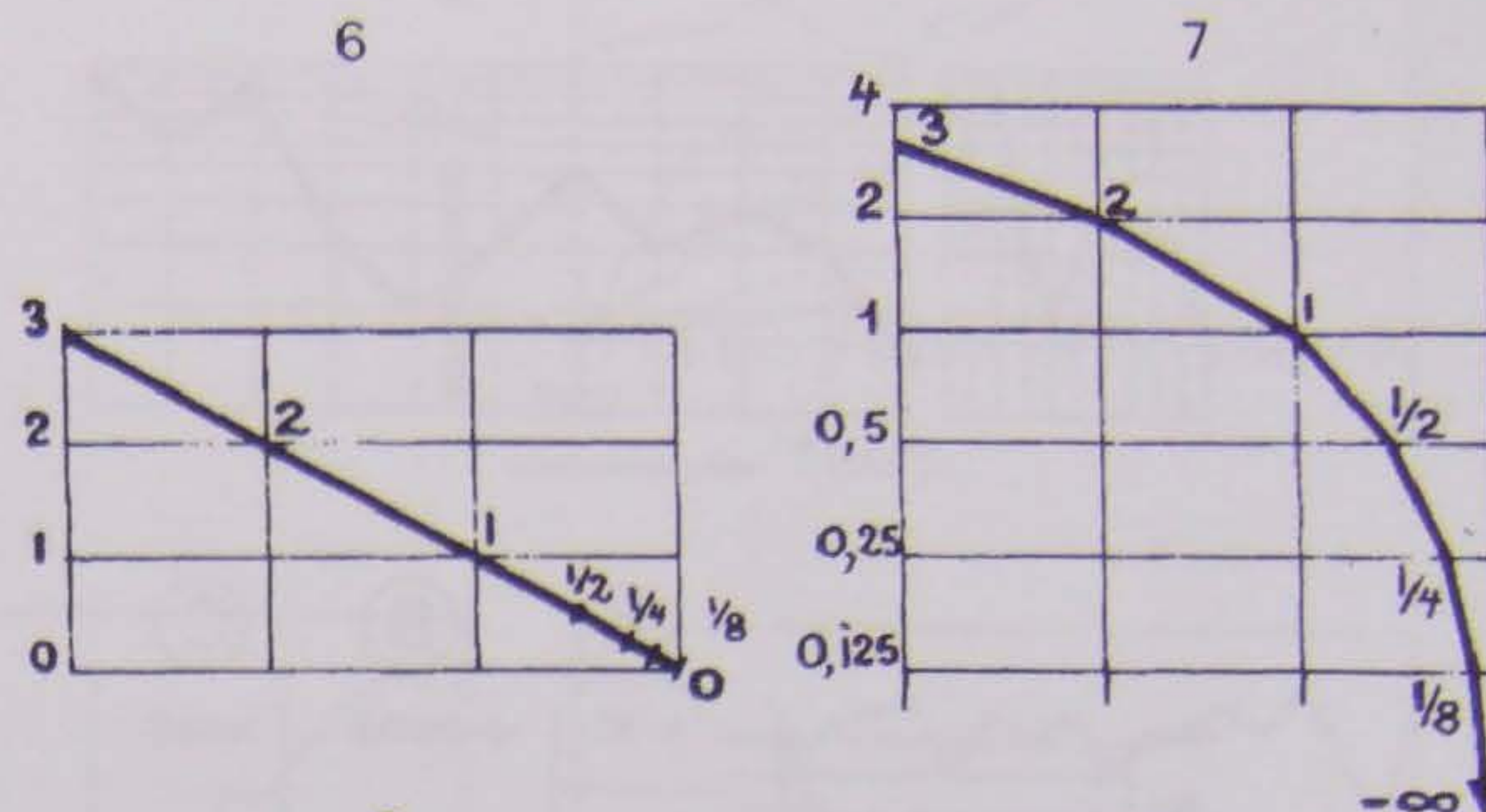
### Construction d'une échelle logarithmique

Le principe de cette construction est résumé dans la figure (3). On peut constater que cette construction possède les propriétés des logarithmes. Par exemple, pour multiplier un nombre par deux, il suffit de lui ajouter la longueur AB. Pour le multiplier par trois, on lui ajoute la longueur AC. Pour le diviser par 1,5, il suffit de lui retirer la longueur AD.

On ne peut pas déplacer les chiffres le long d'une échelle log. sans détruire ses propriétés fondamentales (5), mais on peut les multiplier par un nombre constant (4).



4		5	
Echelle	Echelle $\times 10$	<del>Echelle déplacée de 10</del>	
8 $\vdash = 4 \times 2$	80 $\vdash = 40 \times 2$	90 $\vdash \neq 50 \times 2$	
4 $\vdash = 2 \times 2$	40 $\vdash = 20 \times 2$	50 $\vdash \neq 30 \times 2$	
2 $\vdash = 1 \times 2$	20 $\vdash = 10 \times 2$	30 $\vdash \neq 20 \times 2$	
1 $\vdash$	10 $\vdash$	20 $\vdash$	



#### Une échelle log. n'a pas de zéro

En échelle arithmétique la courbe (6) passe par zéro. En échelle log. (7) elle tend vers zéro, et celui-ci est rejeté à l'infini. Lorsqu'une série statistique comporte des valeurs nulles on aboutit au diagramme (8). Le zéro n'étant pas représentable, il est généralement préférable, pour alléger le dessin de traits inutiles, de l'exprimer par une convention (9) qui accroît la lisibilité de la partie utile de la courbe.

#### La courbe logarithmique visualise le multiplicateur

mais non le produit d'une multiplication. Il n'y a visuellement rien de constant dans le diagramme arithmétique (10), et l'œil y voit les nombres absolus (1, 2, 4, 8) et leurs différences (en noir). Pourtant on peut en déduire que :

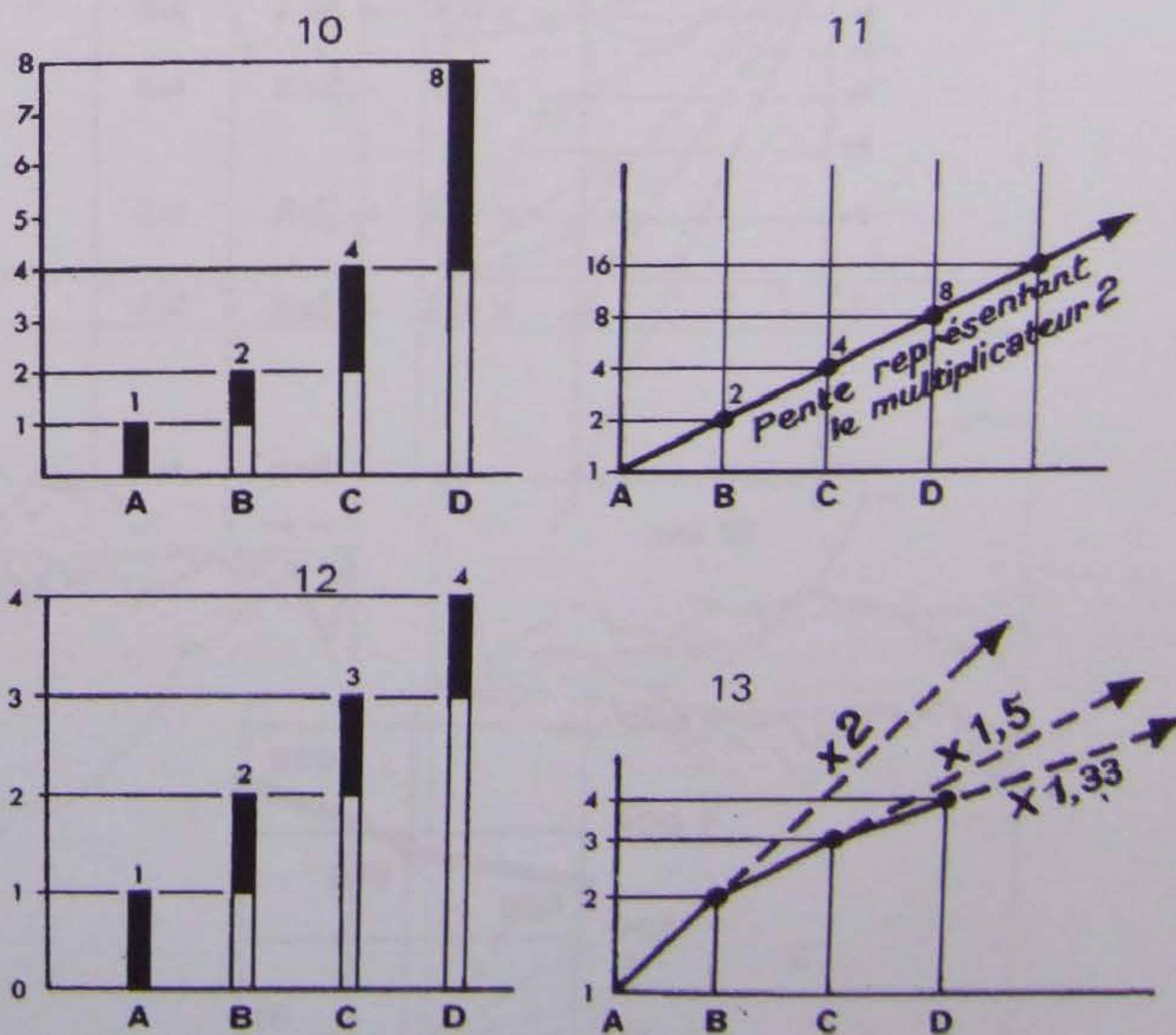
$$B = A \times 2 \quad C = B \times 2 \quad D = C \times 2$$

C'est cette constante  $\times 2$  que l'œil voit dans le diagramme log. (11); mais sans notion visuelle des nombres absolus ni de leur différence.

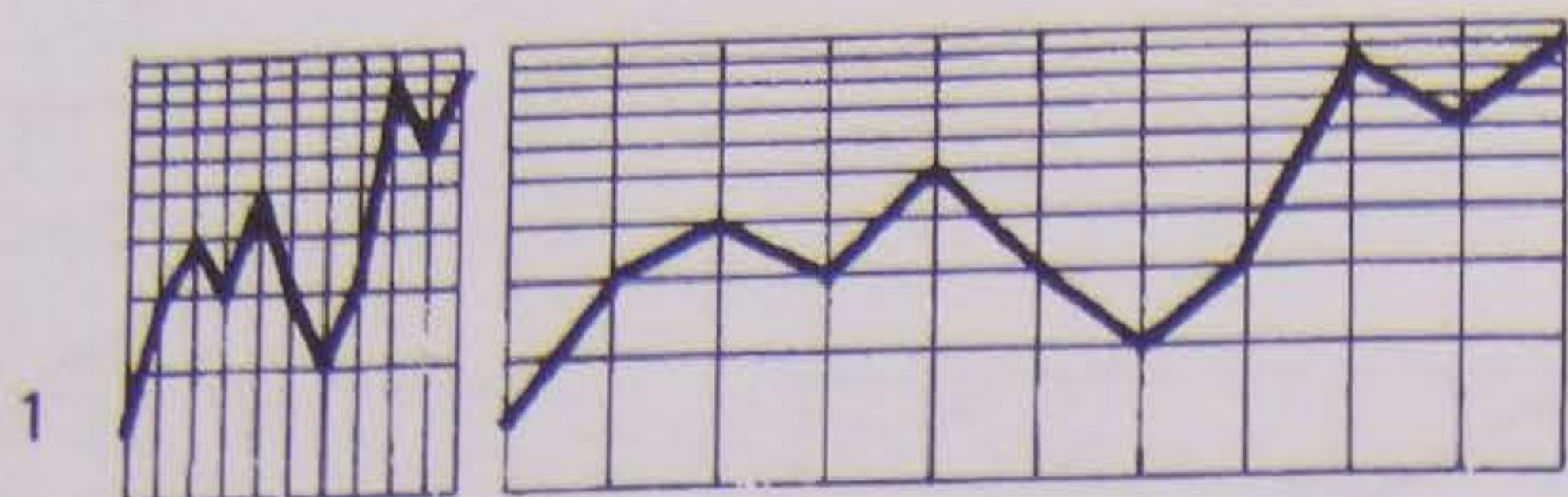
Inversement, lorsqu'un diagramme arithmétique montre une différence constante (12), celle-ci correspond à des variations inégales :

$$B = A \times 2 \quad C = B \times 1,5 \quad D = C \times 1,33$$

Ce sont ces inégalités que l'œil voit dans le diagramme log. (13), et que le lecteur doit comprendre et mesurer à l'aide de la légende. Celle-ci ne peut donc pas être conçue suivant le même principe que dans un diagramme arithmétique. L'étalonnage d'un diagramme log. est fourni par le module, c'est-à-dire par la distance choisie pour représenter une croissance de 1 à 10.







Mais l'image dépend aussi de l'échelle arithmétique, qui modifie les pentes (1). En conséquence :

**La légende doit qualifier visuellement les pentes**

On choisit une grandeur (arithmétique) de base : par exemple 10 années et l'on cote les pentes pour 10 ans ou variation décennale (2) suivant le multiplicateur (A). On peut aussi exprimer les pentes en taux d'accroissement (B) ou en valeur résultante (C). Attention, un taux d'accroissement de 10 % par an donne au bout de 10 ans un taux décennal de 157 %. Inversement un taux d'accroissement décennal de 100 % donne un accroissement annuel inférieur à 10 %.

**La courbe logarithmique ne visualise pas les quantités absolues.** Elle est l'expression du multiplicateur, mais non du multiplicande.

Les deux séries (3) quoique très éloignées en valeur absolue, ont une variation semblable. Dans un diagramme log. elles sont *parallèles*.

Il en résulte que, hors du niveau de lecture élémentaire (relecture des nombres) :

- seule la pente est significative ;
- la position respective de deux courbes n'a pas de signification en quantités absolues ;
- les courbes peuvent être déplacées le long de l'axe log. et l'écartement entre les courbes peut être choisi en fonction d'une meilleure lisibilité ;
- les courbes peuvent être superposées dans un ordre significatif.

En d'autres termes :

**L'ordre de superposition des courbes est libre d'exprimer un classement utile.**

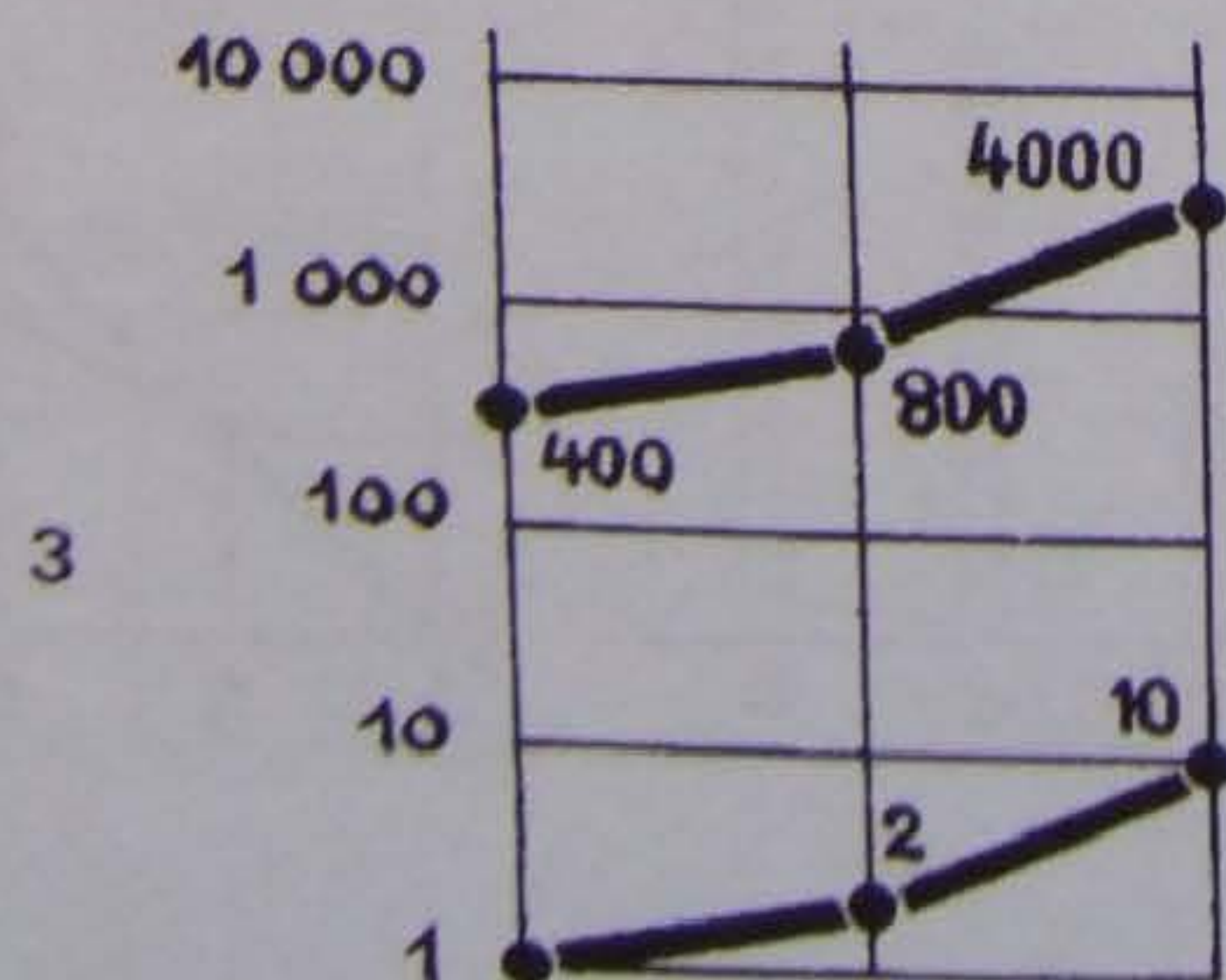
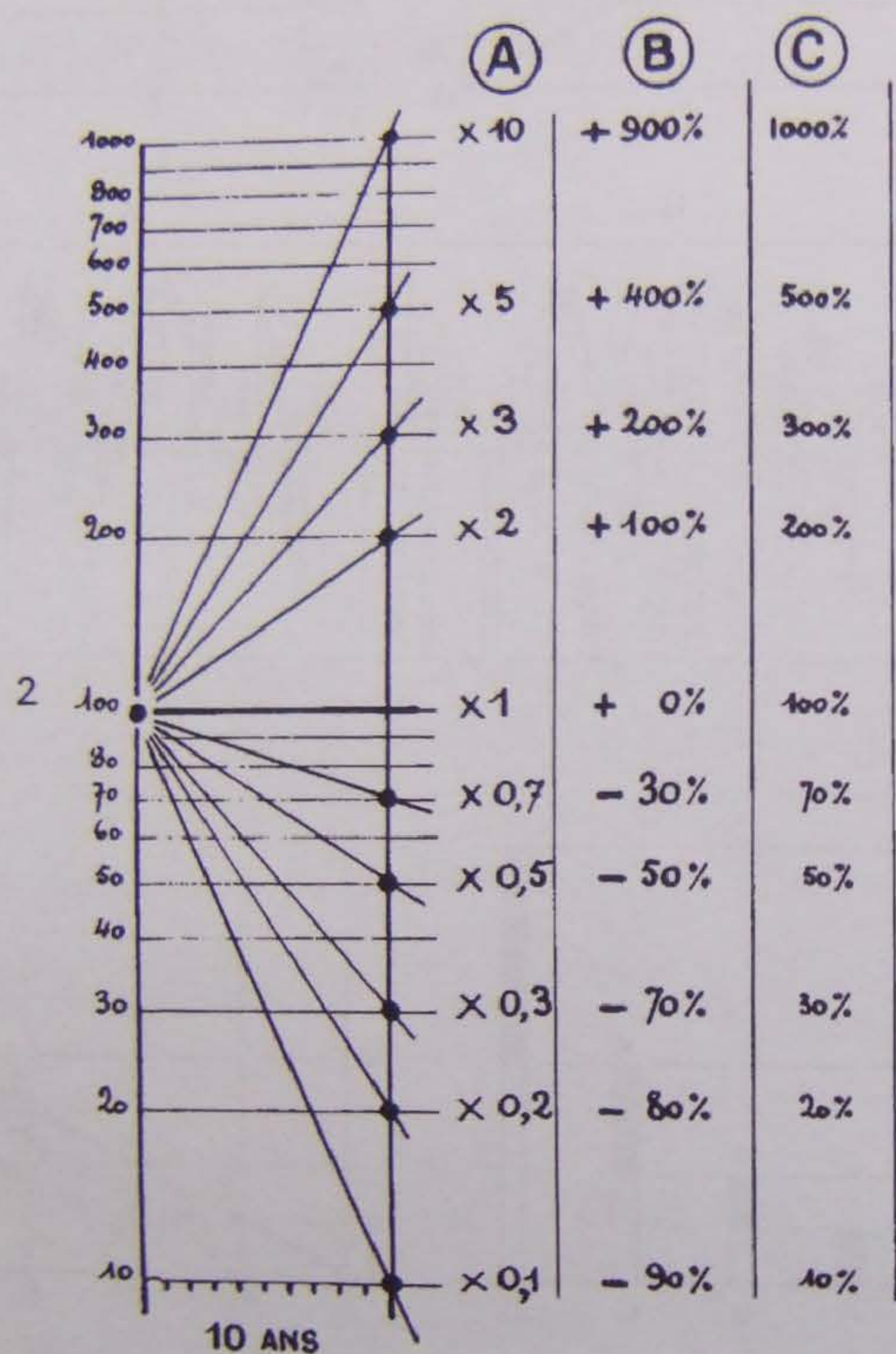
Soit les surfaces cultivées, en Suède, suivant le temps et les cultures. Représentées en échelle arithmétique, elles montrent les *quantités d'ha* (4). Représentées en échelle logarithmique, elles montrent le *dynamisme des cultures*. Il est alors possible de les classer de différentes manières :

- suivant l'ordre des quantités en 1937 (5) ;
- suivant le dynamisme (6) ;
- suivant l'ordre des dates des maximum (7) ou tout autre ordre utile (alphabétique, géographique, dates du minima...).

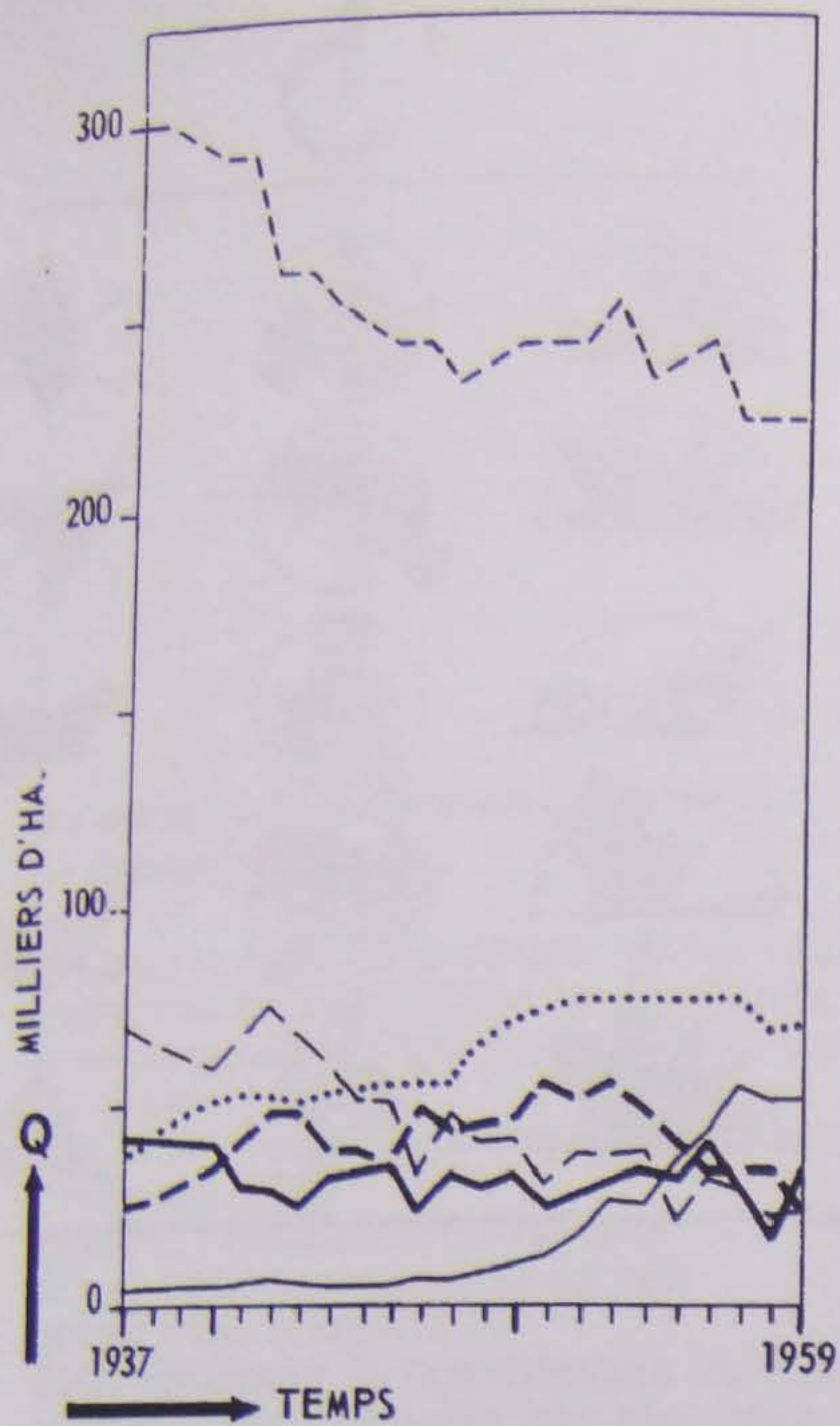
Les courbes log. peuvent enfin être "indexées" sur une quelconque date (8) et (9).

Pour bénéficier de cette liberté, qui transforme toute série homogène de courbes logarithmiques en un remarquable matériel expérimental, et reste l'objectif réel de cette construction, il suffit de tracer une fois pour toute chaque courbe sur un papier transparent différent (sans oublier de tracer deux verticales de repère (10)).

On peut ensuite procéder à toutes les comparaisons et à toutes les expériences utiles de classement.



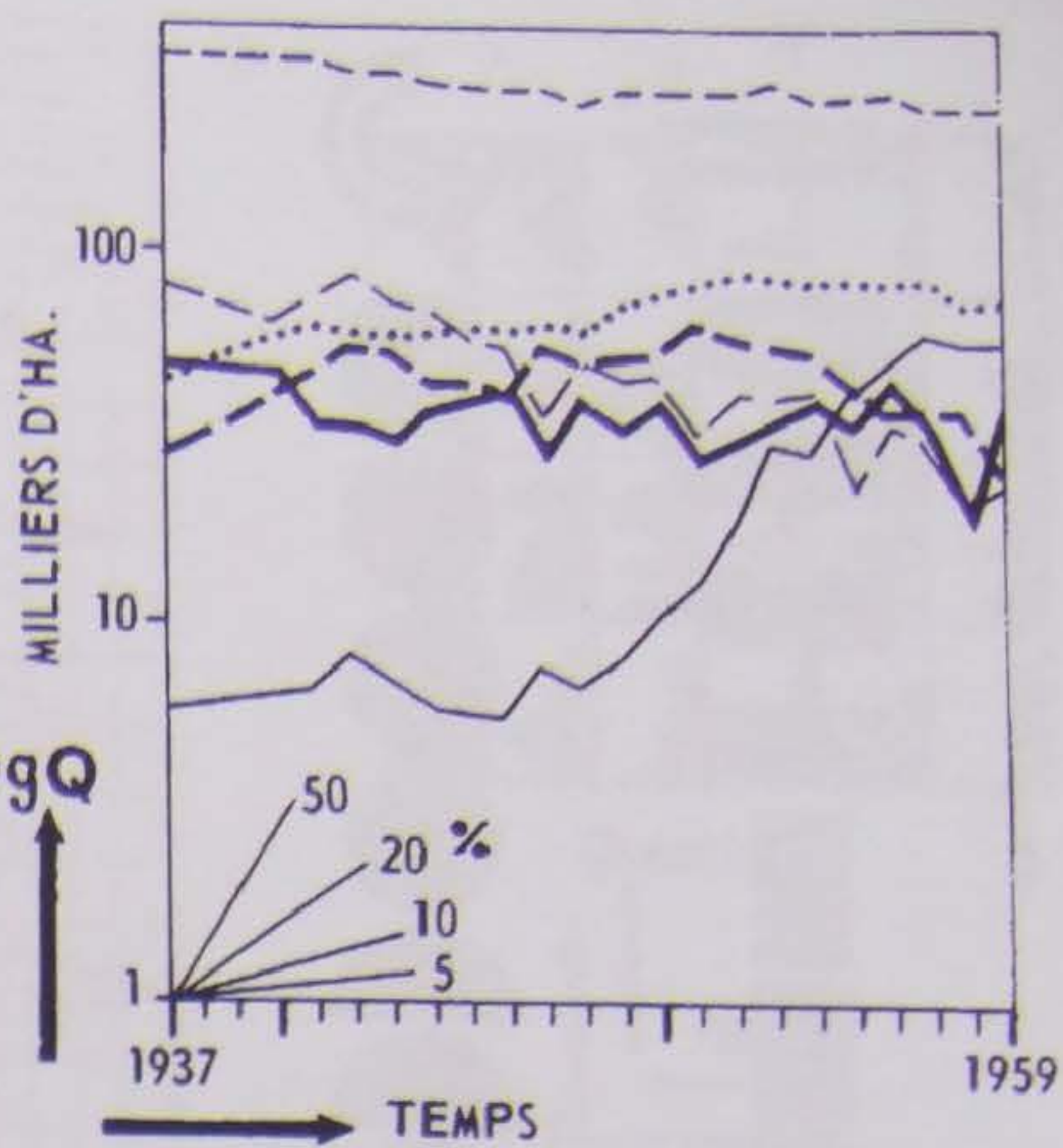




- BLE D'HIVER
- - - BLE DE PRINTEMPS
- ORGE
- - - SEIGLE
- - - AVOINE
- ... CEREALES MELANGEES

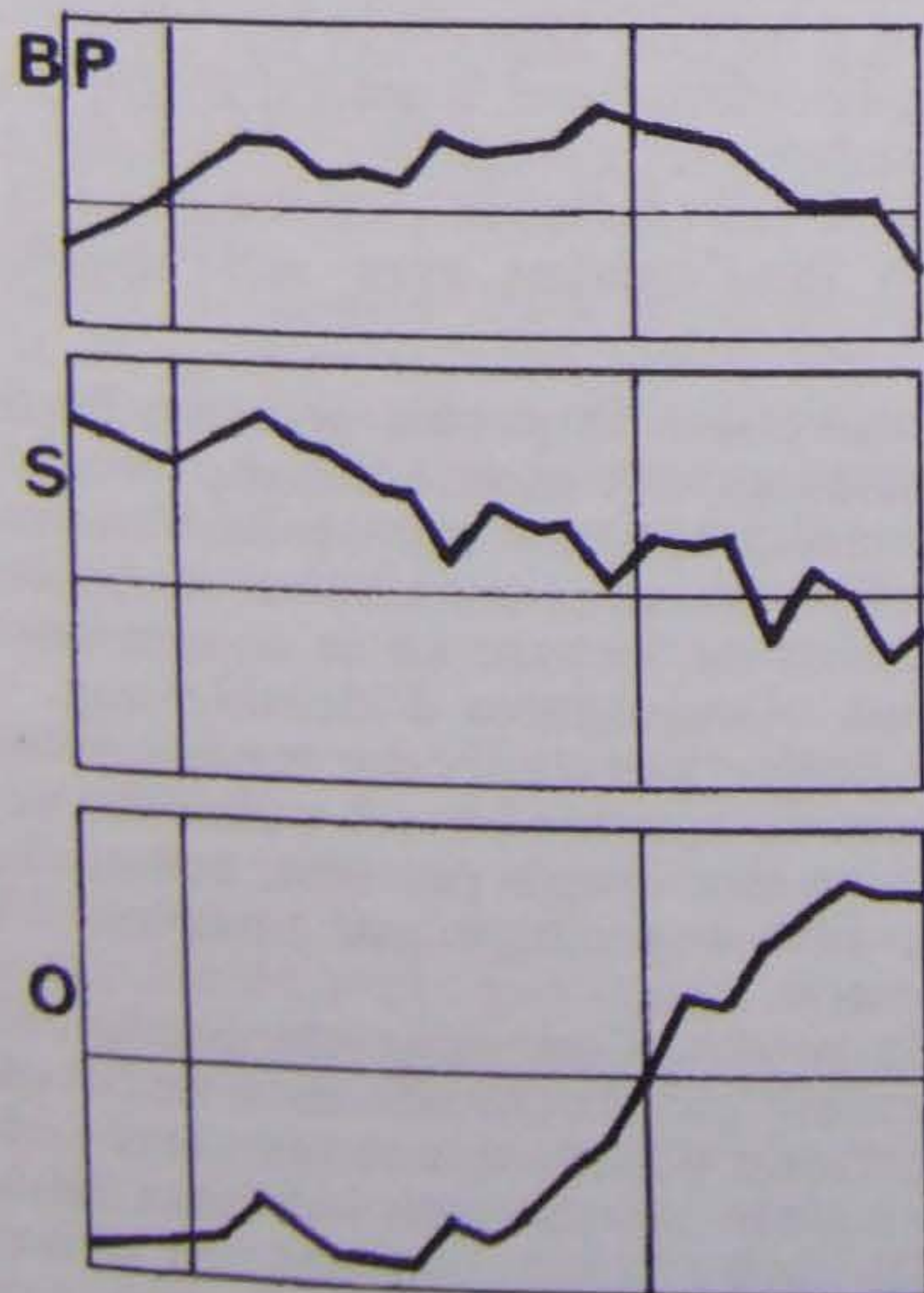
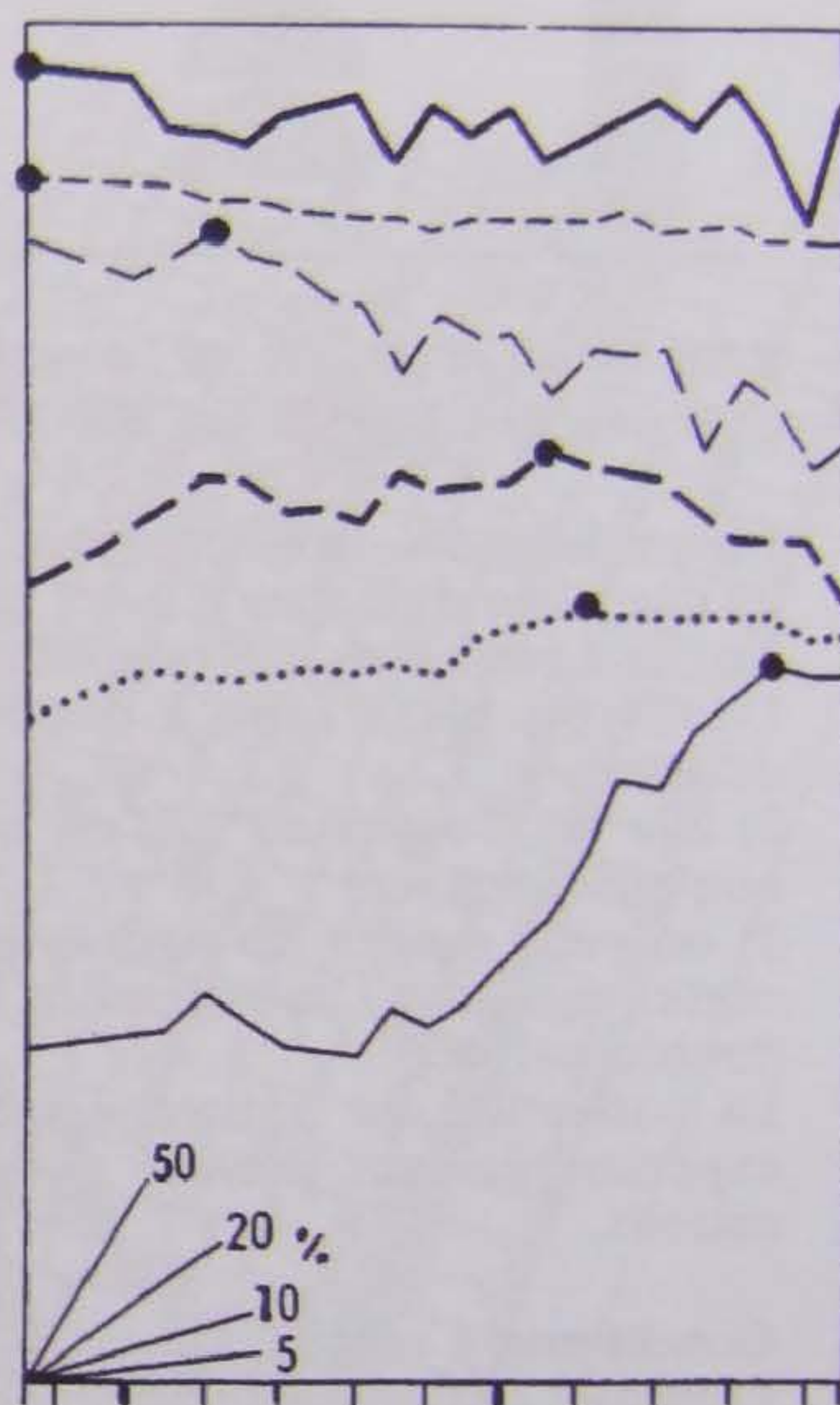
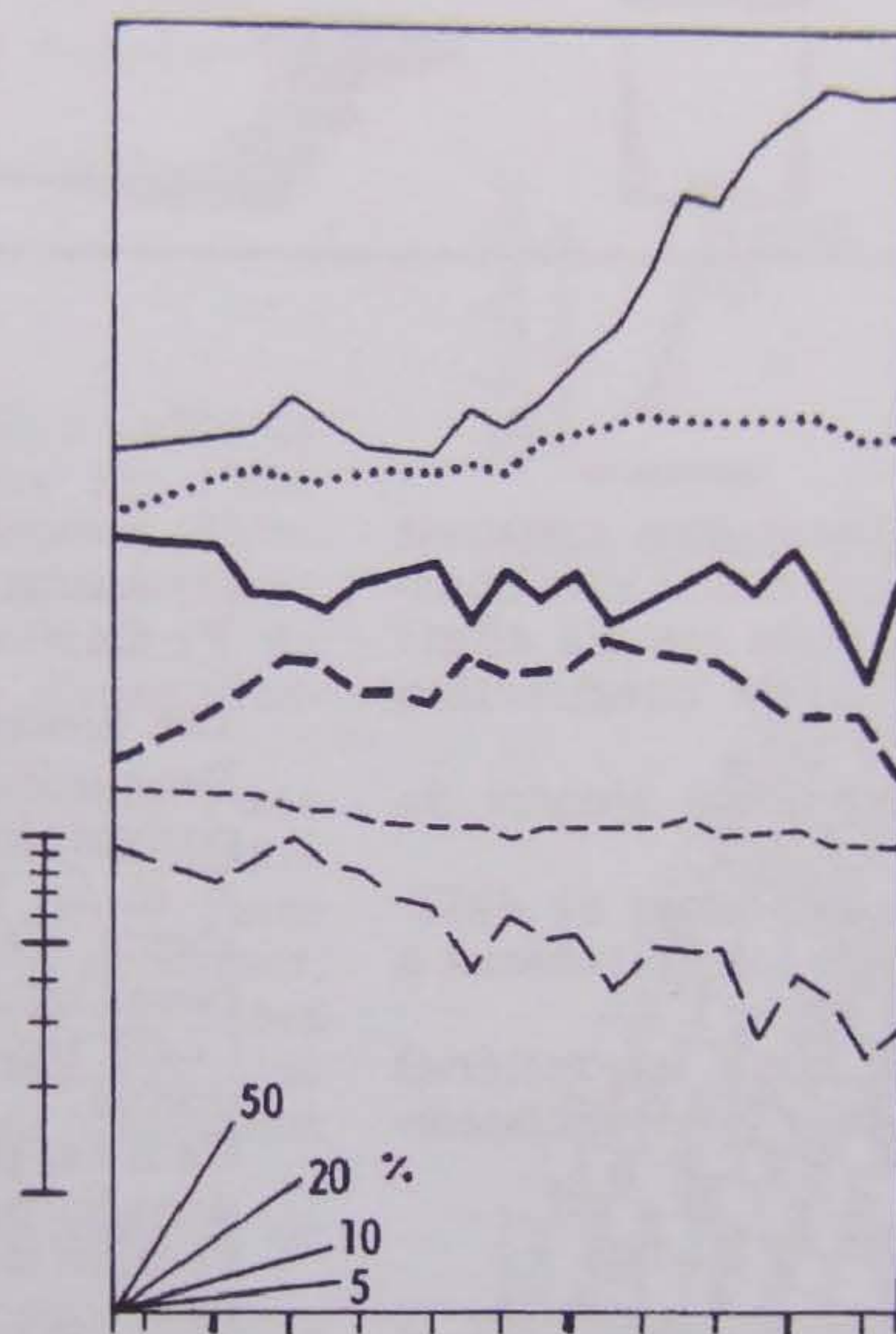
4

5  $\log Q$

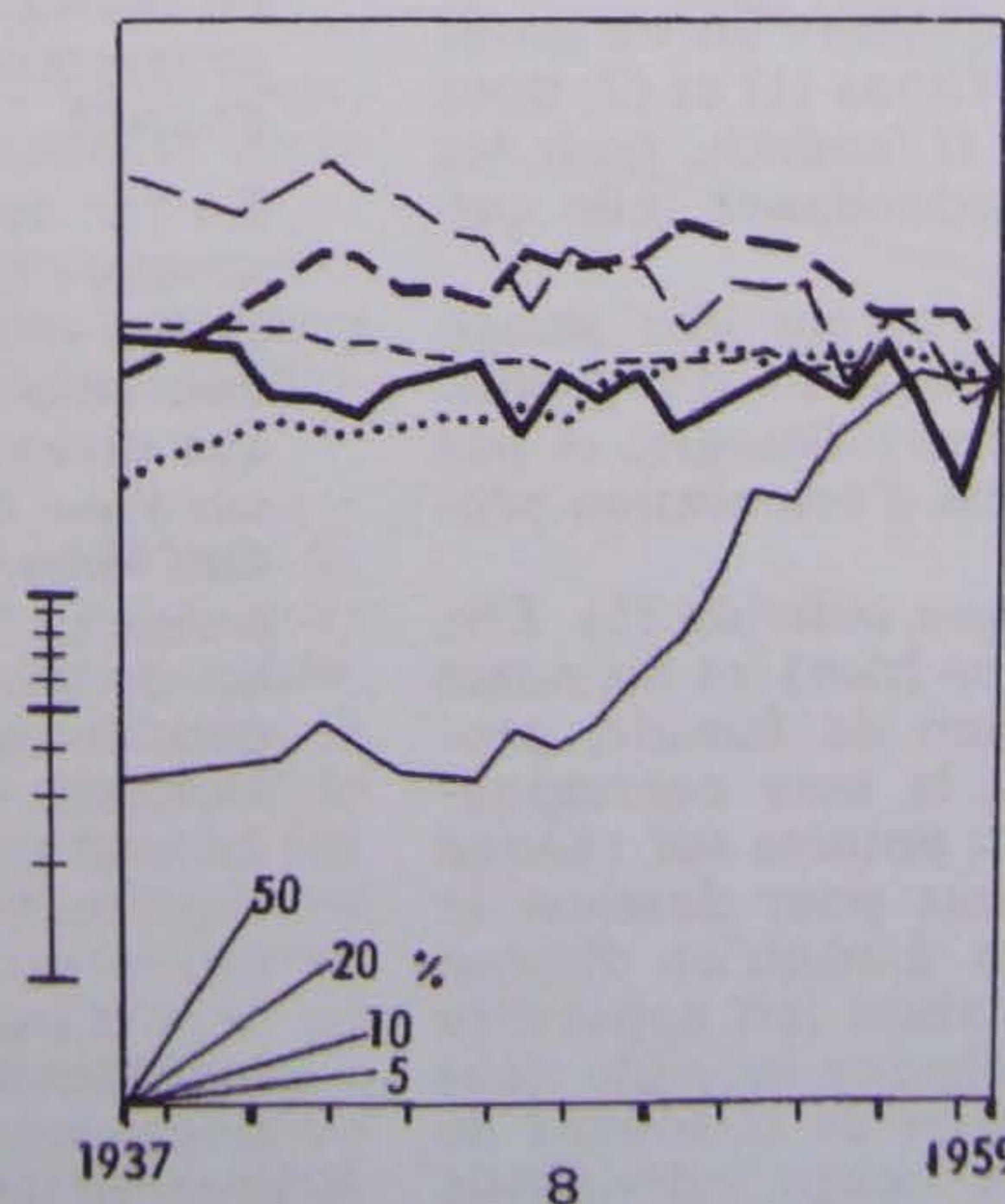


6

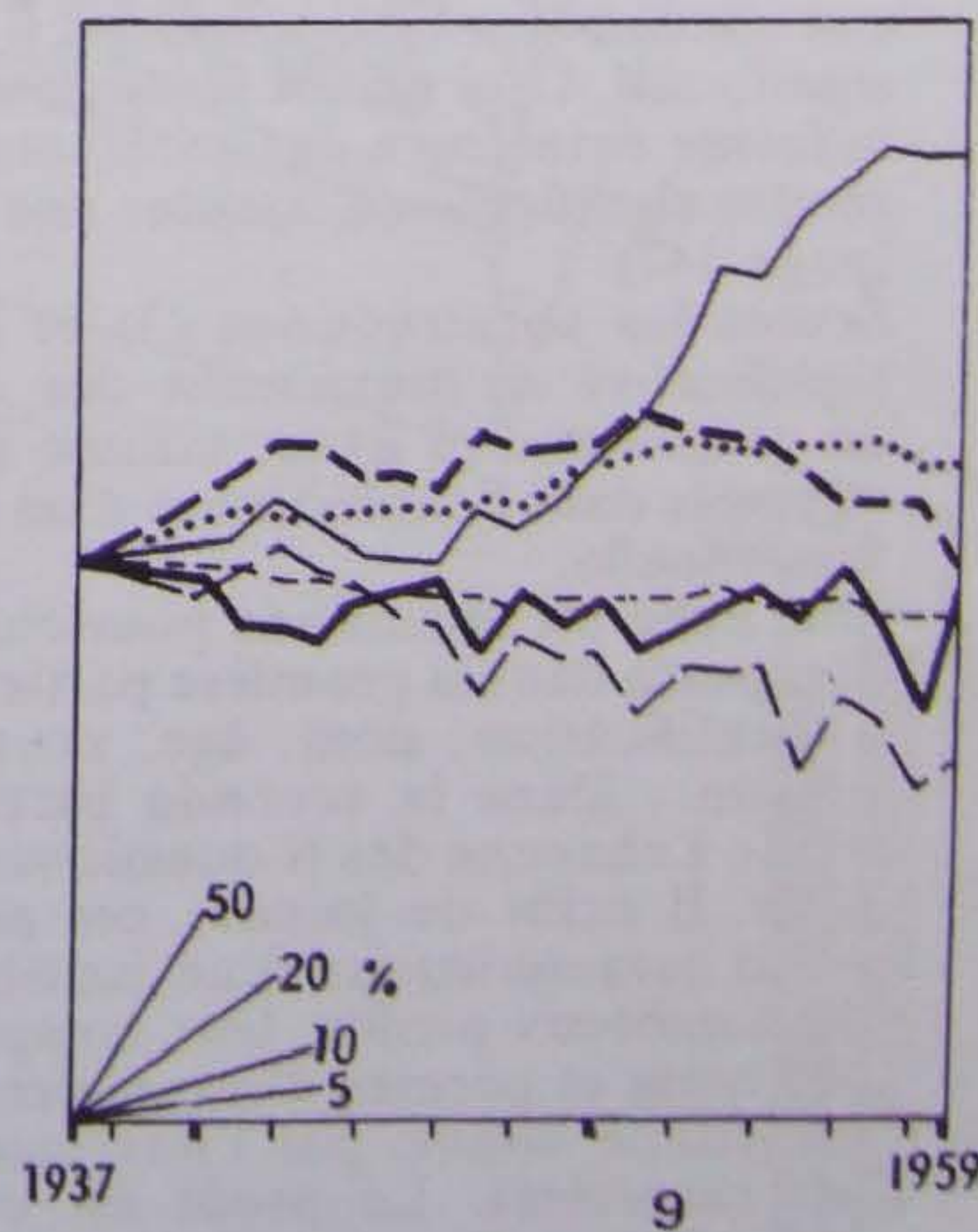
7



10

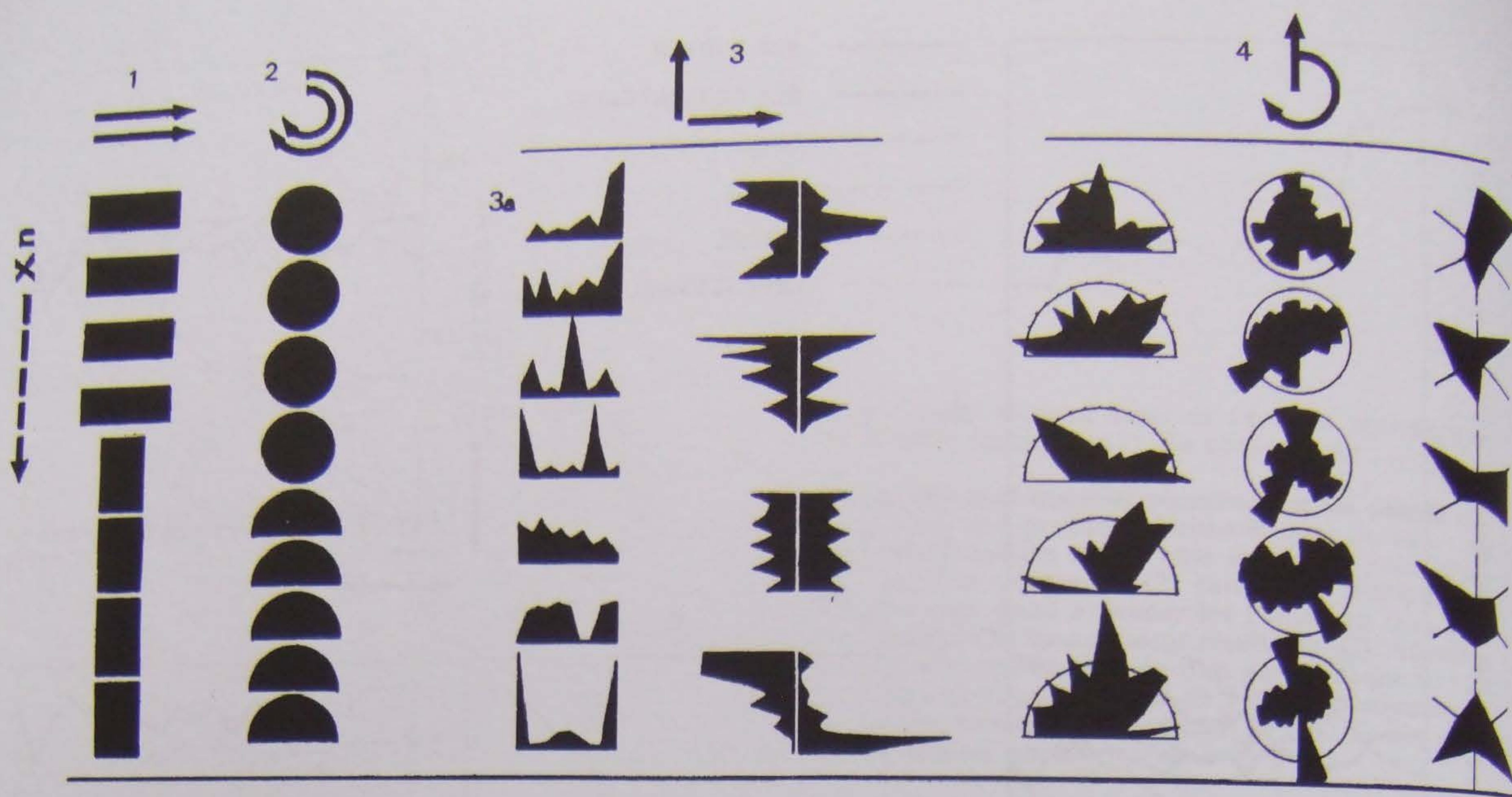


8



9





### CAS PARTICULIER : $\neq$ "ouvert" LES COLLECTIONS DE PROFILS

Un problème à trois composantes peut être construit en une série d'images à deux composantes. Cette construction peut être préférée dans certains cas. En effet :

- 1) elle est plus facile à dessiner que la construction de base;
- 2) elle est "ouverte" et l'on peut toujours ajouter de nouvelles figures;
- 3) on peut ranger les figures et les ordonner de différentes manières, linéairement ou suivant un tableau à double-entrée.

La collection de figures constitue donc un matériel expérimental qui permet de procéder à des classifications.

#### Conditions à remplir

Pour que toutes les figures soient comparables, il faut que chacune forme une image, c'est-à-dire ait un profil significatif. Ceci exclut les constructions (1) et (2) dont la forme extérieure est constante. Il faudrait, pour les rendre significatives, ajouter une redondance telle que (page 147).

Seules les constructions (3) et (4) créent une image significative et fournissent des collections de profils. La construction (3a) est utilisée en psychologie, et par exemple dans l'exploitation d'un test d'orientation professionnelle.

Une fiche est constituée pour chaque individu (5). Elle comporte dans la première partie (en haut) les éléments d'identification : nom, âge, situation de famille, profession... Dans la seconde partie, la note correspondante à chacune des N questions est pointée sur chaque ligne. Il suffit de joindre ces points pour dessiner le profil caractéristique d'un individu. Lorsqu'on dispose de nombreux profils, leur comparaison fait apparaître des types et permet d'introduire chaque individu dans un groupe donné, par l'intermédiaire de la somme de ses caractères. Le profil est une image individuelle sommatique. Son exploitation conduit (6) :

- 1°) à mémoriser de nombreuses images;
- 2°) à déterminer des types de profil;
- 3°) à classer les profils suivant ces types.

#### Les limites d'utilisation des collections de profils

Pour utiliser pleinement une collection, le lecteur doit pouvoir mémoriser aisément la signification des termes A, B, C, D... de la composante d'analyse, quels qu'ils soient. Dans la construction (3a) il lui suffit de juxtaposer les images pour trouver *sur une même droite* verticale toutes les notations correspondant à un terme donné.

Ce n'est plus possible dans les autres constructions, et dans les polaires, il lui faut apprendre par cœur la signification de chaque orientation, travail d'autant plus difficile que le nombre des catégories est grand, et que ne réussissent que les quelques personnes qui se sont progressivement familiarisées avec une classification donnée.

En fait toute collection de profils présente l'inconvénient de n'apporter qu'une moitié des expériences possibles, et par conséquent une moitié de l'information contenue. En effet les sous-ensembles correspondant aux niveaux moyens de lecture ne se construisent que sur l'une des deux composantes d'identification.

On forme une image par individu testé, comme on forme (p. 144) une image par branche d'industrie, mais on ne peut former une image par test, comme on ne peut former (p. 144) une image par catégorie dimensionnelle d'industrie.

La collection de profils n'est utilisable que si l'on ne s'intéresse seulement qu'à la classification de la composante "ouverte" (série d'individus testés, série de branches d'industrie, série de budgets familiaux, série de logements...). Elle interdit par contre toute discussion de la composante d'analyse (éléments du test, catégories dimensionnelles d'industrie, éléments du budget, éléments d'appréciation du logement...).



## Le retour à la construction de base : le fichier-image

Comme toute série d'images à deux composantes, toute collection de profils peut se construire en une image à trois composantes qui complète, ou même remplace la collection.

Les trois composantes de cette image sont, dans l'exemple (5) :

- O (ou Q) des notations suivant
- ≠ une série de questions du test
- ≠ une série d'individus.

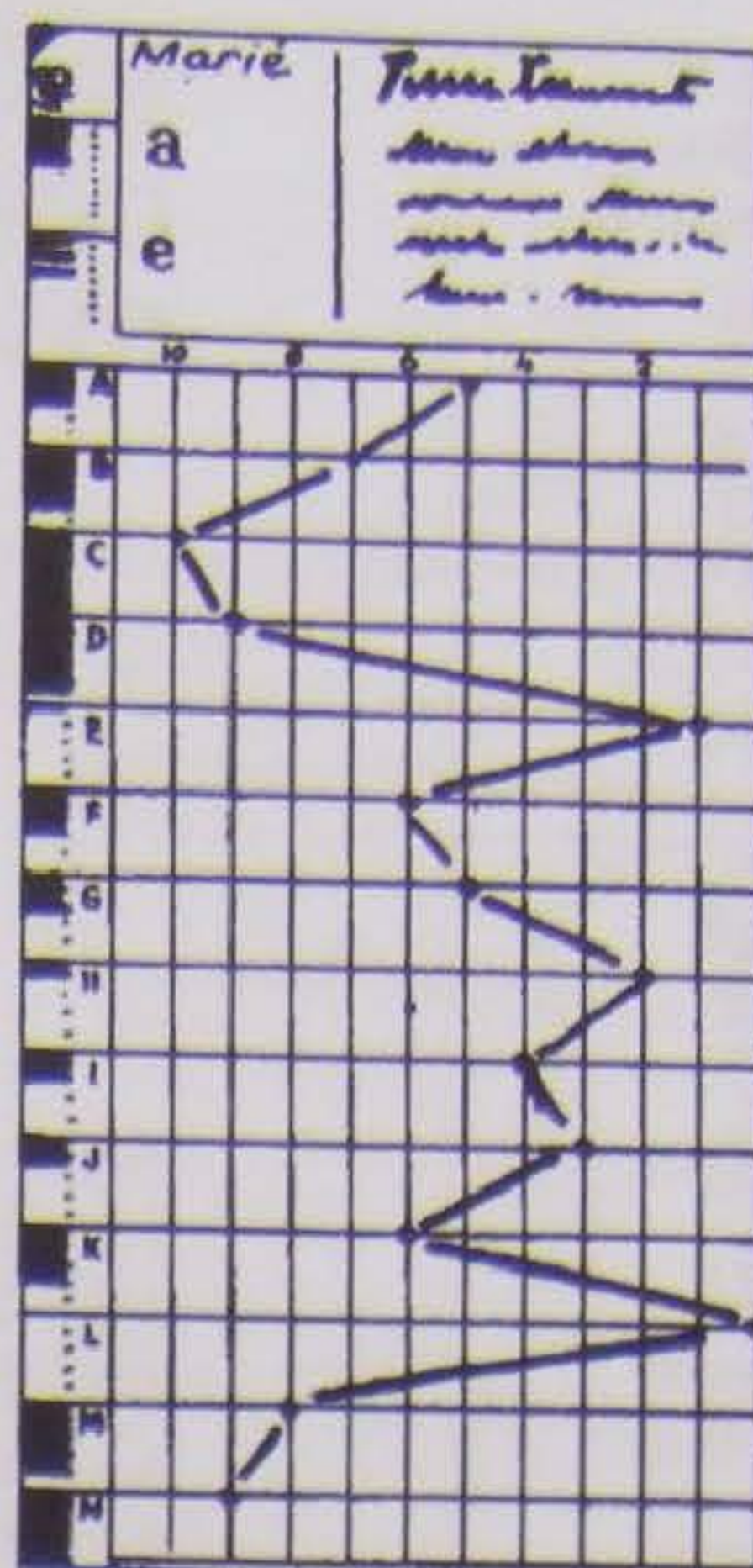
Pour appliquer la construction de base (7) il suffit de transcrire les notations sur une seule ligne (5) d'une manière visuellement ordonnée en 3<sup>e</sup> dimension, c'est-à-dire par une quantité de noir exprimant la note obtenue pour chaque élément du test (A, B, C, D...), de transcrire certains éléments ordonnés de l'identification, tels que nombre d'enfants (e), âges (a)...

Disposées dans un fichier approprié et séparées l'une de l'autre par l'épaisseur d'une fiche en carton ondulé (8) les fiches construisent l'image (9), ou toute autre image, suivant la base que l'on prend pour les ordonner. Dans l'exemple tout à fait hypothétique (9) les fiches ont été ordonnées suivant l'âge des individus (a). Une image de cette nature offrirait l'occasion de nombreux commentaires et par exemple :

- les questions du test ne sont pas indépendantes de l'âge des individus;
- leur ordre d'inscription A, B, C, D..., est en relation avec l'âge;
- le test détermine trois grandes époques dans l'âge;
- la 3<sup>e</sup> époque se caractérise par des réponses meilleures mais plus irrégulières...

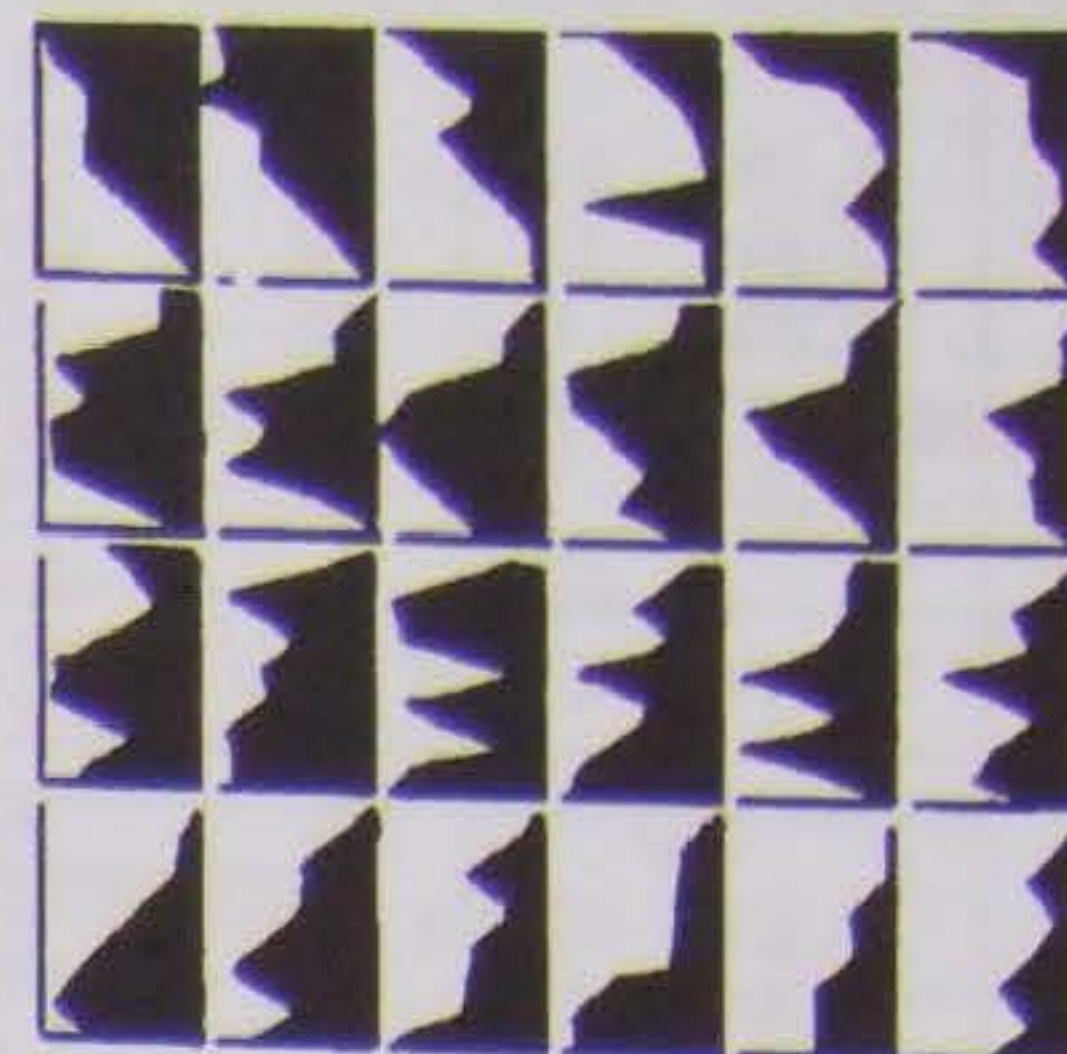
On notera que les individus qui présentent des caractères irréguliers par rapport à l'ensemble (taches noires dans les zones blanches, ou l'inverse) sont détectés facilement.

Le "fichier-image" permet de classer les profils hors de toute typologie préétablie, ou suivant des typologies différentes adaptées chacune à un problème particulier. En ajoutant à la collection des images individuelles la possibilité de créer une image d'ensemble, simplifiable de différentes manières, la construction générale fait du fichier une information complète capable d'apporter des réponses à des questions d'un degré supérieur (comparaison de fichiers), appliquées aux éléments même du test, à leur pertinence, à leurs relations mutuelles et à la pertinence de l'ordre dans lequel ils ont été inscrits sur la fiche, etc... Le fichier-image introduit des possibilités d'analyse factorielle.

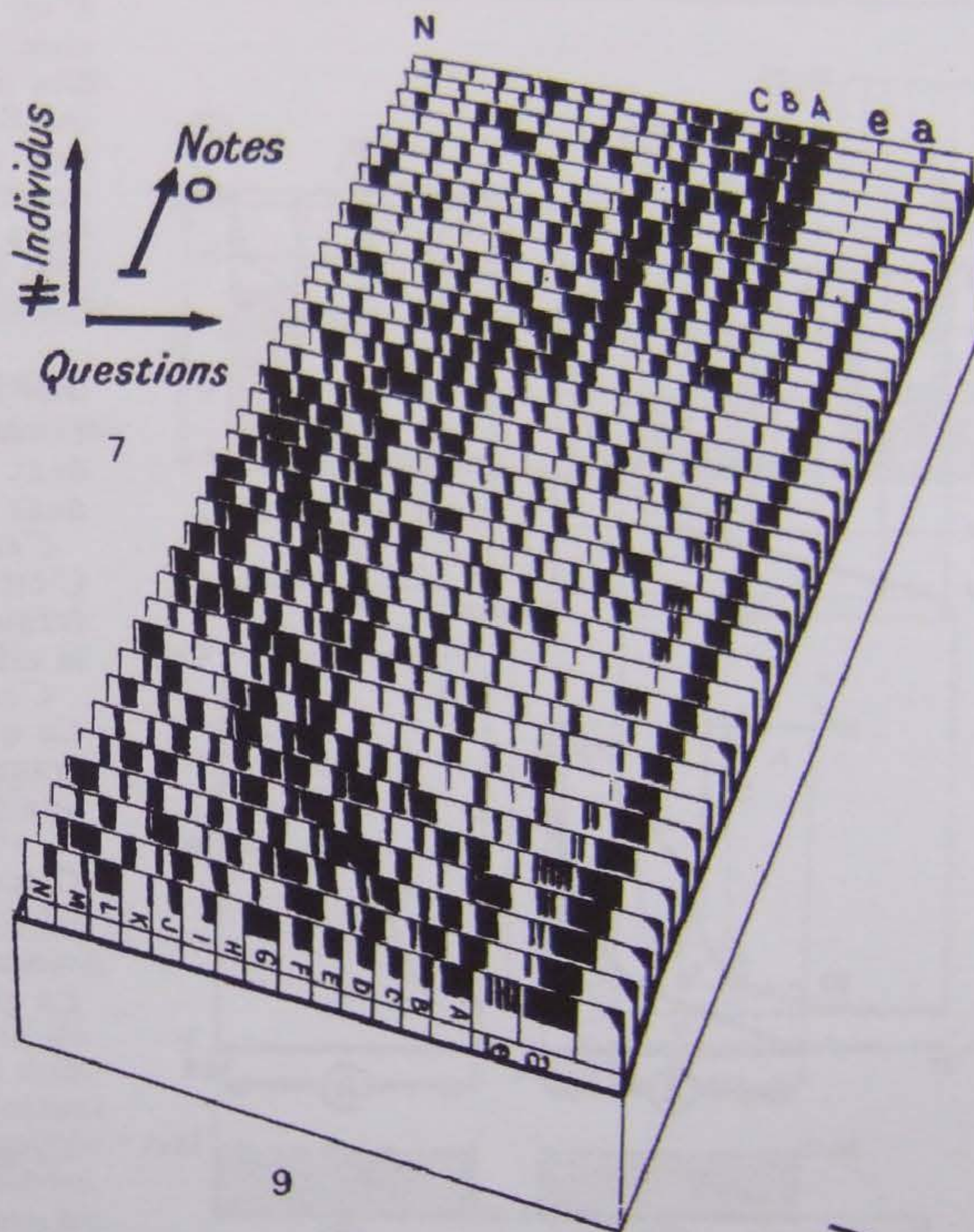


5

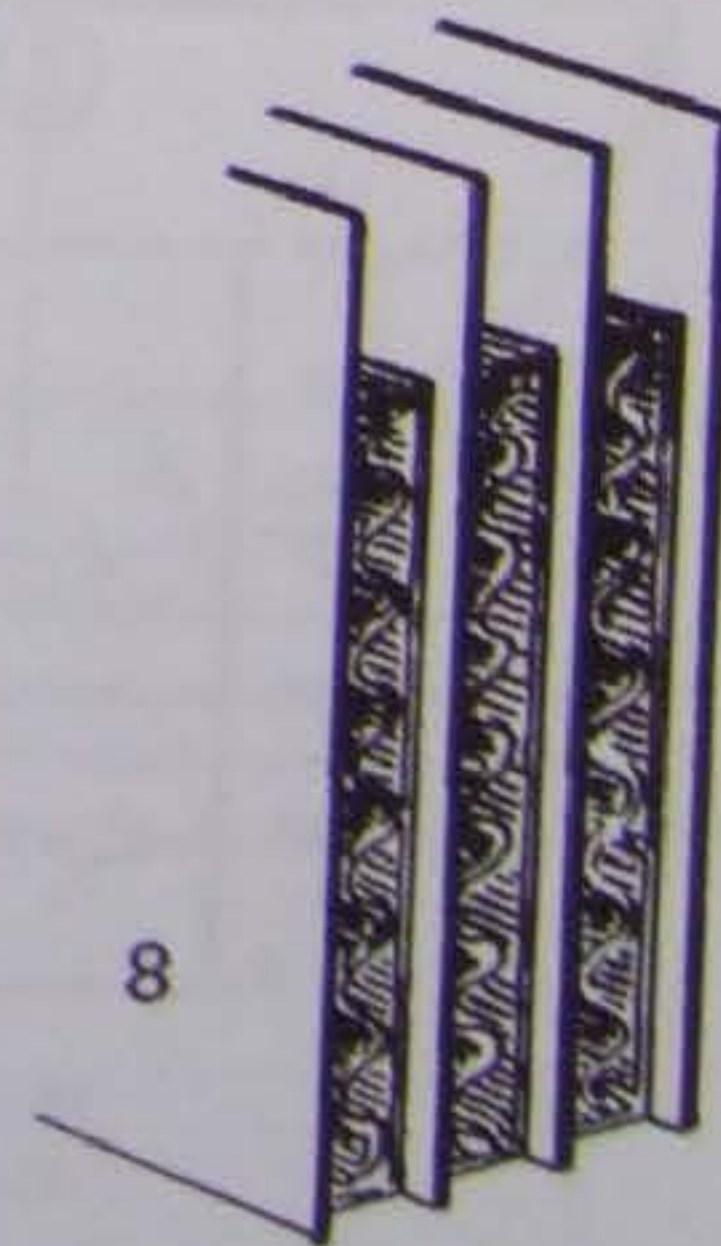
6



Questions  
Notes  
x n  
individus



9



8



Classes	Elèves	Moyenne	Quantité par classe	Quantités Elèves cumulés
0.10	41	$\times 5 =$	205	205 41
10.20	12	15	180	385 53
20.30	4	25	100	485 57
30.40	2	35	70	555 59
40.50	1	45	45	600 60
	60		600	

Moyenne ( $M_A$ ) =  $600/60 = 10 f$

Classes	Elèves	m	m	m
0.2 m	10	$\times 1 =$	10	10 10
2.4	4	3	12	22 14
4.6	3	5	15	37 17
6.8	5	7	35	72 22
8.10	15	9	135	207 37
10.12	3	11	33	240 40
	40		240	

Moyenne ( $M_B$ ) =  $240/40 = 6 m$

$\neq Q O (Q \neq)$

## COMPARAISON DE RÉPARTITIONS, DISTRIBUTIONS, CONCENTRATIONS

Soit deux séries statistiques par classes de quantités :

(A) Sommes (en Francs) possédées dans un groupe de 60 élèves;  
(B) Longueur de ficelle (en mètres) apportée dans un groupe de 40 élèves.

Comparer les deux séries, c'est poser un problème à trois composantes :

Quantité d'élèves - Classes de quantité d'unités - Différents groupes.  
C'est comparer deux répartitions, ou deux distributions, ou deux concentrations.

Les différences entre les groupes à comparer sont généralement insuffisantes pour être appréciées d'après des images séparées. Il faut superposer les courbes. Pour être comparables, les courbes doivent se rapporter à des grandeurs comparables, égalisées dans leurs totaux. Dans les **répartitions** et **distributions**, ces totaux sont exprimés par la *surface définie par la courbe*. Comment égaliser ces surfaces ?

### SUPERPOSITION DE RÉPARTITIONS.

Lorsqu'elles sont construites séparément sur papier millimétré, les deux séries fournissent les diagrammes (1) et (2). Convenir que les deux groupes sont comparables :

*C'est convenir que « 60 élèves » est comparable à « 40 élèves ».*

C'est ce que l'on fait en ramenant l'effectif des deux groupes à une fréquence pour cent et ce que l'on fait graphiquement en prenant la même grandeur pour représenter 60 et 40 (3) et (4).

*C'est aussi convenir que « 600 f » est comparable à « 240 m ».*

Ce que l'on fait en représentant les deux moyennes par la même grandeur (5) et (6). Les deux surfaces sont égales et représentent une égalisation du total des éléments statistiques (f et m).

### Calcul des échelles.

Soit 1 cm de longueur sur le papier pour représenter chacune des moyennes.

La grandeur 0-50 (ou  $C_A$ ) représentant les classes sera égale à :

$$1 \text{ cm} \times \frac{50}{10} = 5 \text{ cm}$$

La grandeur 0-12 (ou  $C_B$ ) =  $1 \text{ cm} \times \frac{12}{6} = 2 \text{ cm}$

Les longueurs représentant les quantités d'éléments sont inversement proportionnelles à la moyenne.

$$C_A = \frac{K_A}{M_A} = \frac{\text{(plus grande limite de classe A)}}{\text{(moyenne A)}}$$

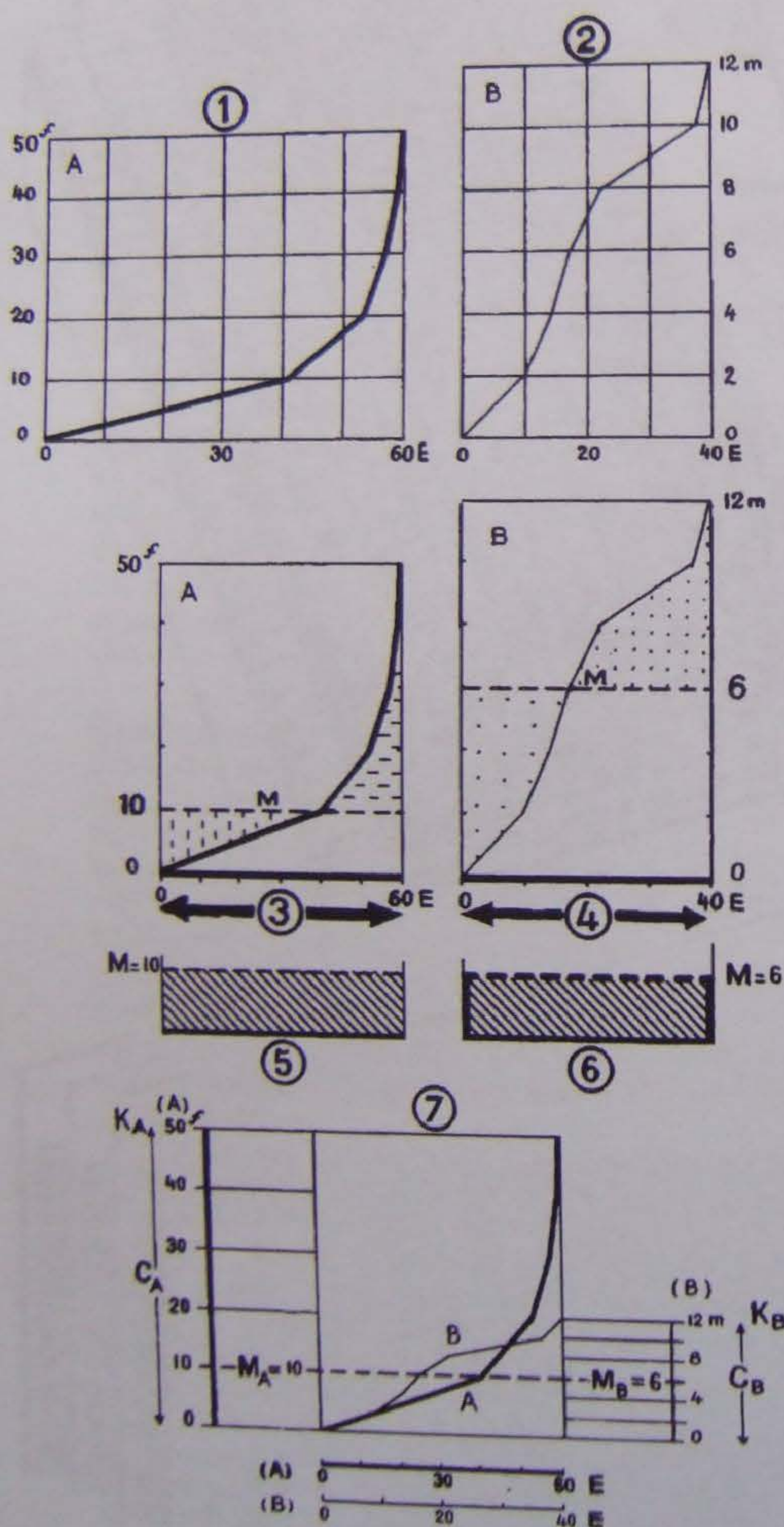
$$C_B = \frac{K_B}{M_B} = \frac{\text{(plus grande limite de classe B)}}{\text{(moyenne B)}}$$

Les deux répartitions sont comparables (7).

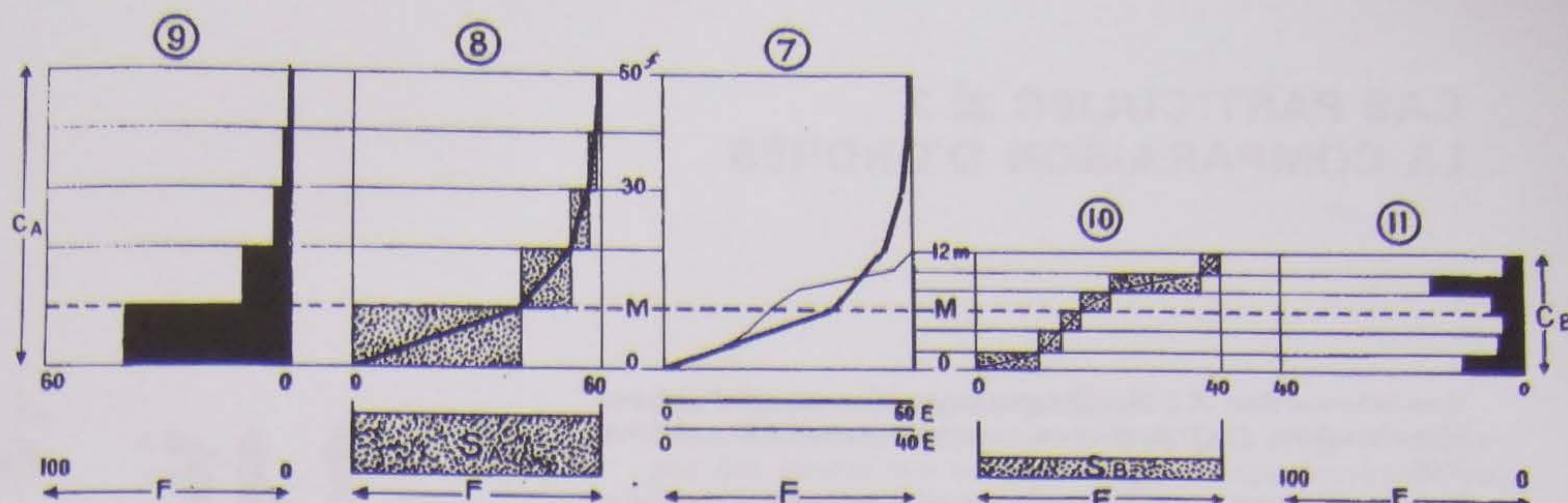
### SUPERPOSITION DE DISTRIBUTIONS.

Soit (9) et (11) les distributions tirées de (7).

Pour être comparables il faut que les quantités d'élèves soient égalisées, ce que l'on fait en égalisant les surfaces  $S_A$  et  $S_B$  représentées par les distributions (8) et (10).







### Calcul de l'échelle.

Les échelles de classes,  $C_A$  et  $C_B$  ne peuvent être modifiées. Elles sont liées à la moyenne commune, mise en place précédemment.

On modifiera donc l'échelle des fréquences  $F$ , après avoir constaté que les surfaces  $S_A$  et  $S_B$  sont :

- proportionnelles à  $C$  (grandeur des classes) (12);
- inversement proportionnelles à  $N$  (nombre de classes) (13).

En conséquence, pour que  $S_B$  soit égal à  $S_A$ , la longueur  $F'$  doit être modifiée par rapport à  $F$  suivant la relation :

$$F' = F \times \frac{C_A}{C_B} \times \frac{N_B}{N_A}$$

( $F$  étant pris comme base, on le remplace généralement par 100). Et si, dans l'exemple ci-contre, une fréquence  $F (= 50\%) = 2 \text{ cm}$  (14)

$$F' (= 50\%) = 2 \text{ cm} \times \frac{5}{2} \times \frac{6}{5} = 6 \text{ cm} \text{ (16)}$$

Les surfaces  $S_A$  et  $S_B$  sont égalisées et les deux distributions sont superposables (17). Les échelles sont cotées en effectifs.

### Superposition d'une troisième distribution.

On a vu que  $C_A = \frac{K_A}{M_A}$  de même  $C_B = \frac{K_B}{M_B}$

$$\text{D'où l'on tire: } F' = F \times \frac{K_A}{K_B} \times \frac{M_B}{M_A} \times \frac{N_B}{N_A}$$

et pour une troisième distribution  $D$  :  $F'' = F \times \frac{K_A}{K_D} \times \frac{M_D}{M_A} \times \frac{N_D}{N_A}$

Soit :

$$F'' = F \times \frac{(\text{plus grande limite de classe A}) \times \text{Moyenne D} \times N \text{ de classes D}}{(\text{plus grande limite de classe D}) \times \text{Moyenne A} \times N \text{ de classes A}}$$

La comparaison de pyramides des âges est une superposition de distributions, dans lesquelles  $C$  est constant (0 à 100 ans). C'est donc une erreur visuelle : 1° d'opposer deux images séparées, hommes et femmes. Il faut les superposer; 2° de construire des quantités absolues chaque fois que les populations totales sont dissemblables. Il faut toujours comparer les fréquences et fournir par ailleurs les totaux.

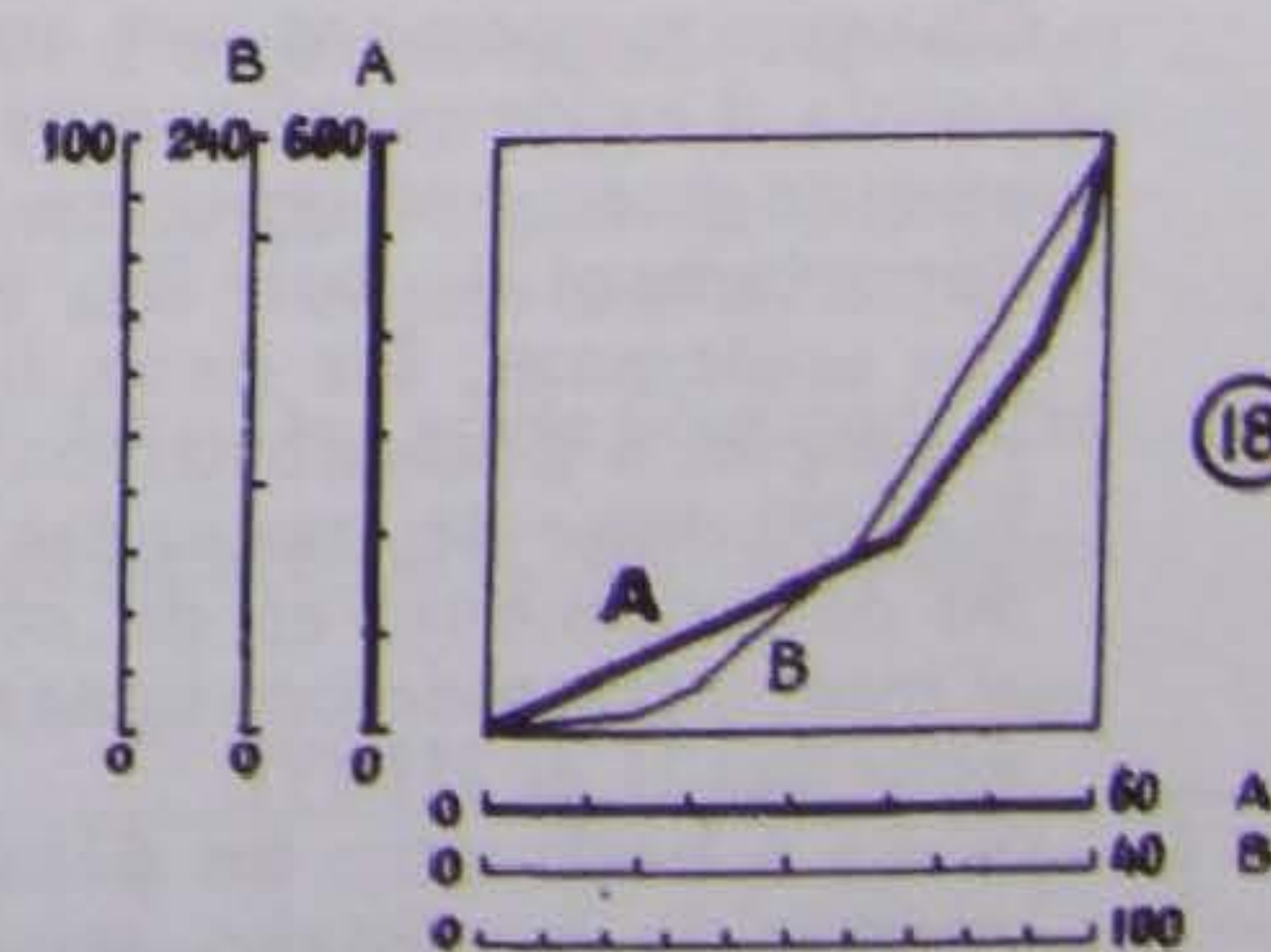
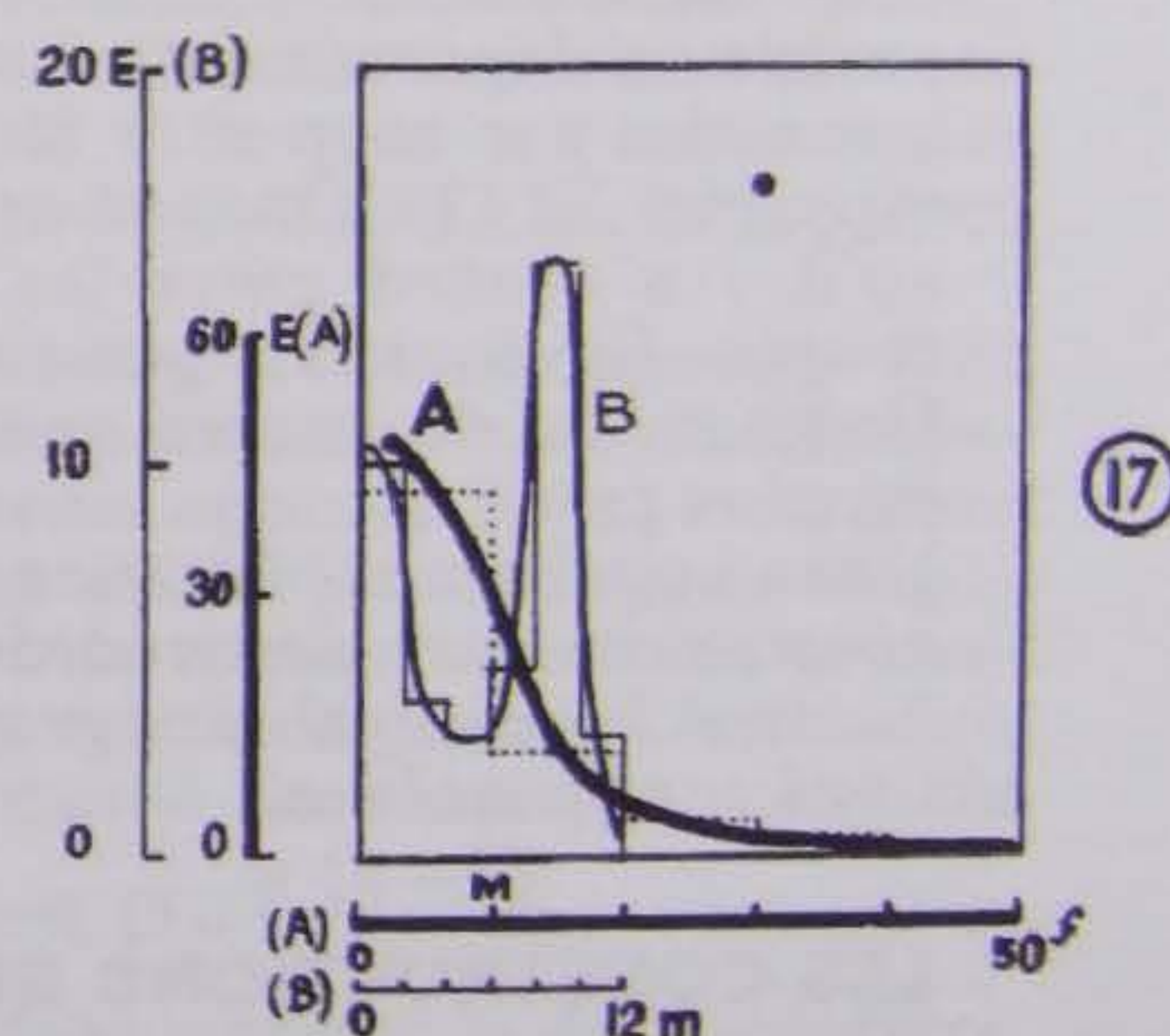
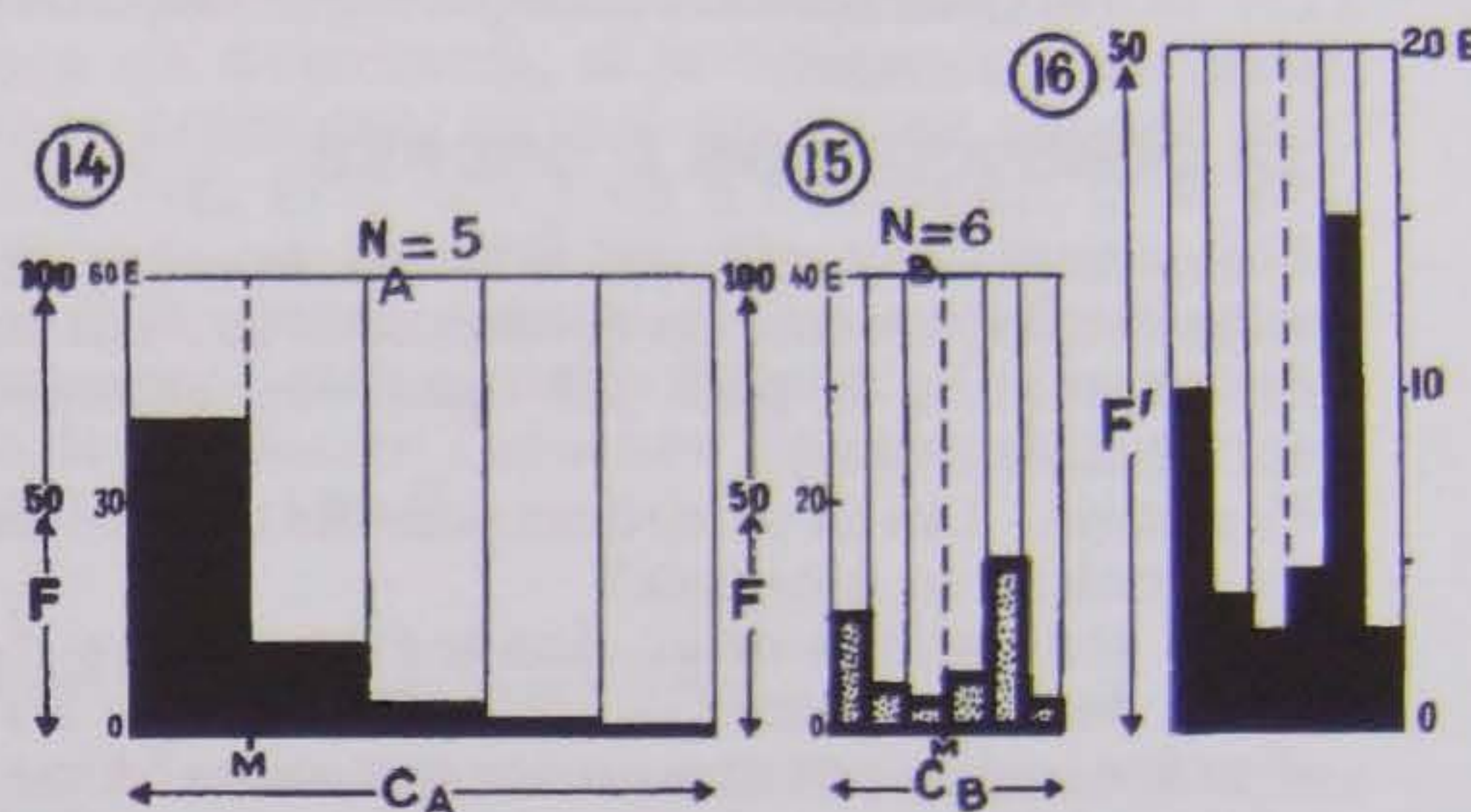
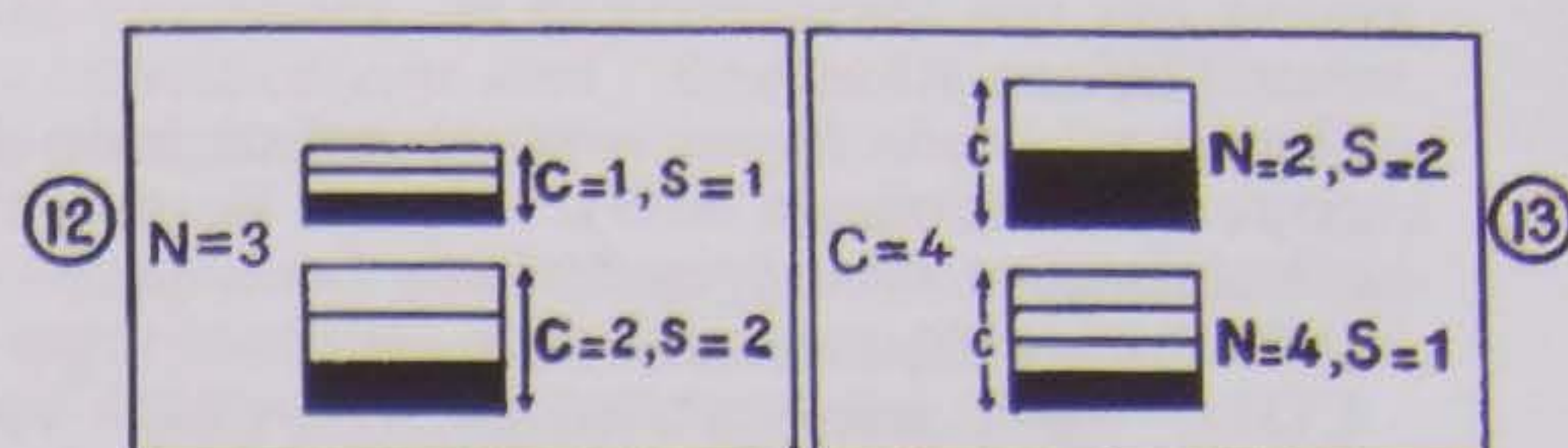
### SUPERPOSITION DE CONCENTRATIONS.

Les totaux seront représentés par les côtés d'un carré et, graphiquement, il suffit de diviser :

- La base du carré suivant le nombre total des élèves de chaque groupe (total des observations) (18);
- La hauteur du carré suivant le nombre total des unités décomptées ( $f$  ou  $m$ ).

Pour faire correspondre les points, on a intérêt à calculer les nombres cumulés des observations, puis des unités décomptées (deux dernières colonnes des tableaux A et B).

Les tracés terminés, une échelle commune, en pourcentages, peut remplacer les échelles particulières.





# CAS PARTICULIER $\neq 2$ LA COMPARAISON D'ORDRES

Une information  $\neq 2 \neq n O$  est une comparaison d'ordres. Elle s'analyse  $O O \neq n$  et se construit suivant le schéma (10).

Si  $n$  ne dépasse pas 30 environ, elle peut se construire suivant le schéma (1).

Soit l'information :

Comparaison de la population industrielle (II) et de la population tertiaire (III) suivant l'ordre dans lequel elles classent les départements français.

INV. - un département français.

COM. -  $\neq 2$  secteurs d'activité (II) (III).

-  $\neq 90$  départements français.

-  $O$  des quantités de personnes dans chaque secteur.

## LA COMPARAISON D'ORDRES.

Nous disposons comme information des listes ordonnées des départements (ordonnées suivant les quantités de population II puis III mais ces quantités ne nous sont pas fournies).

**Question** - Les deux ordres sont-ils très différents, sont-ils proches ou éloignés?

Quel sens allons-nous donner au terme "proximité" entre deux rangements, puisqu'ici seules les propriétés d'ordre important et non les quantités? Une façon simple est de compter le nombre des désaccords entre les deux classements : il y a un désaccord chaque fois qu'un couple de départements A et B est classé dans un certain ordre par rapport à II et dans l'ordre inverse par rapport à III (2). Dans le cas contraire (3) nous dirons qu'il y a accord entre les deux rangements pour ce couple. Et deux rangements sont d'autant plus éloignés l'un de l'autre que le nombre des désaccords est plus grand.

Nous appellerons distance entre deux rangements le nombre de leurs désaccords. Pour compter ces désaccords et les représenter graphiquement deux constructions sont possibles :

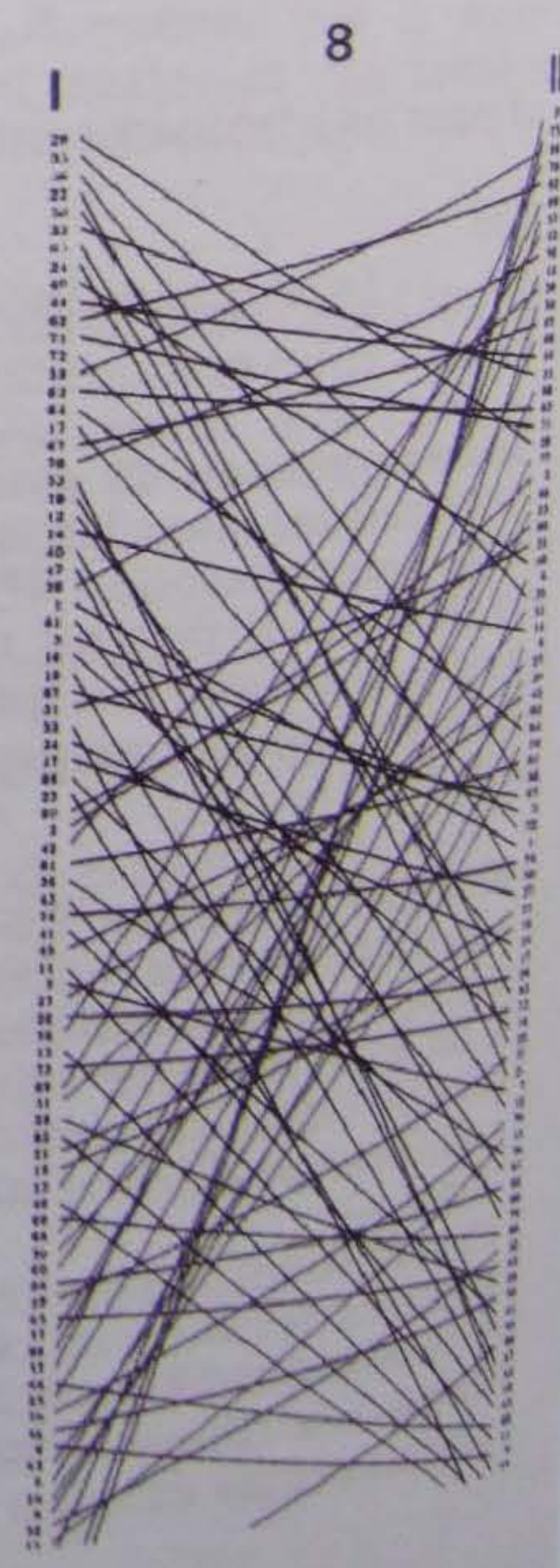
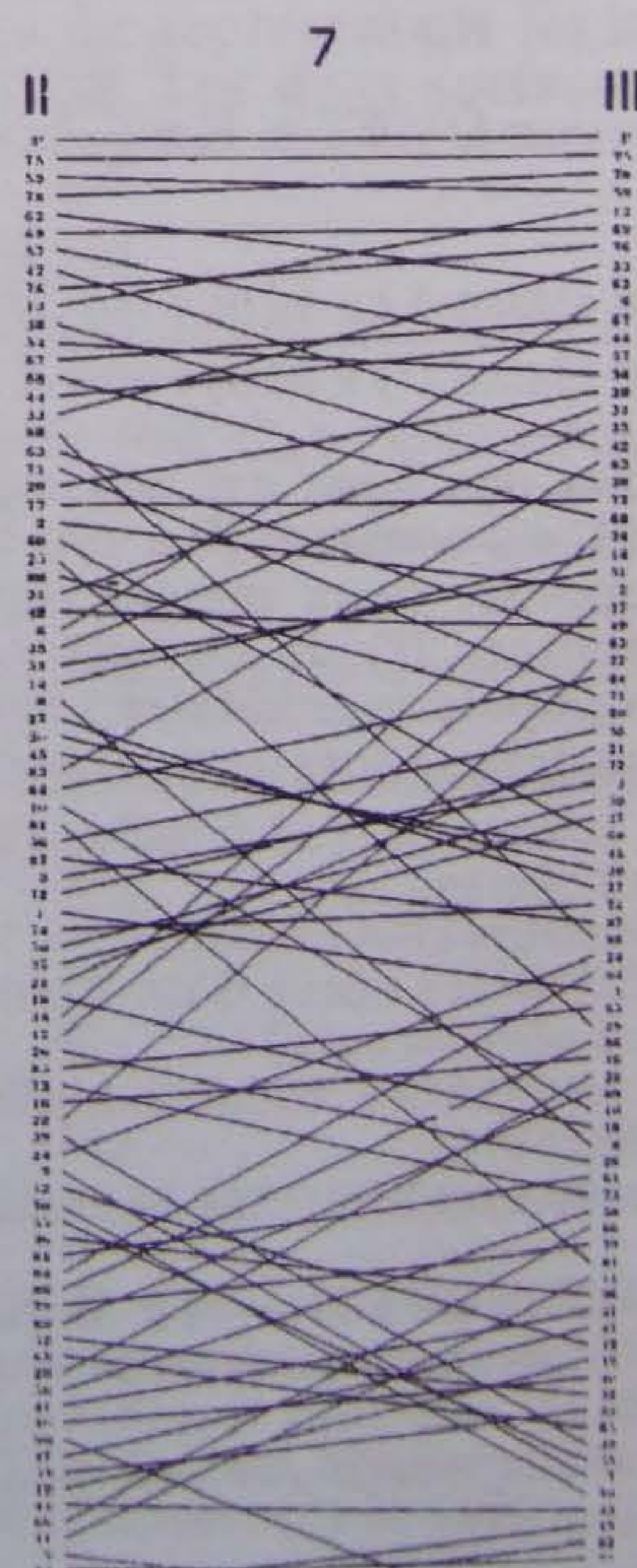
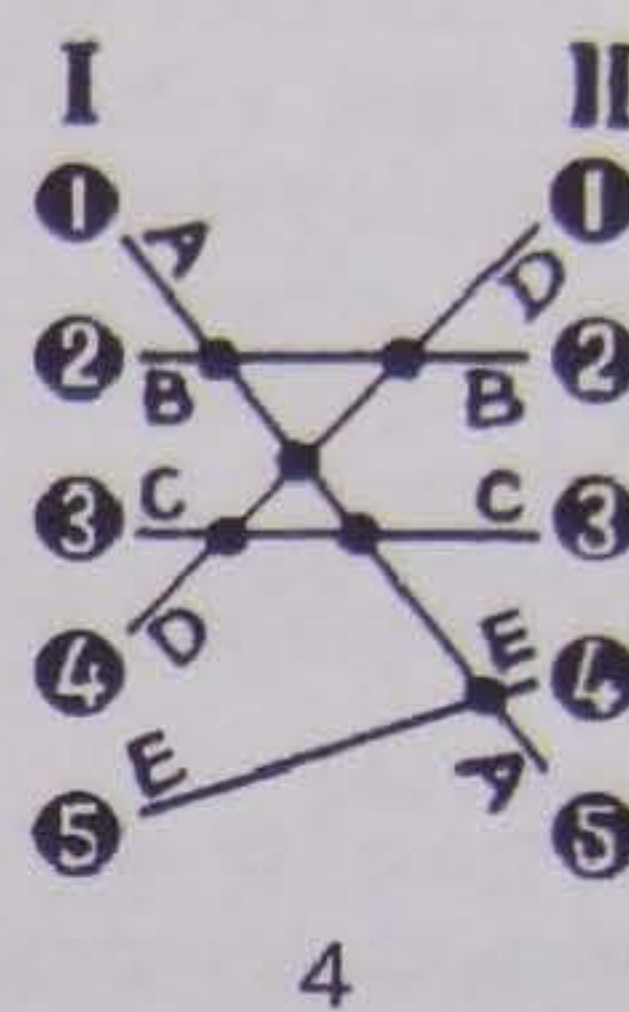
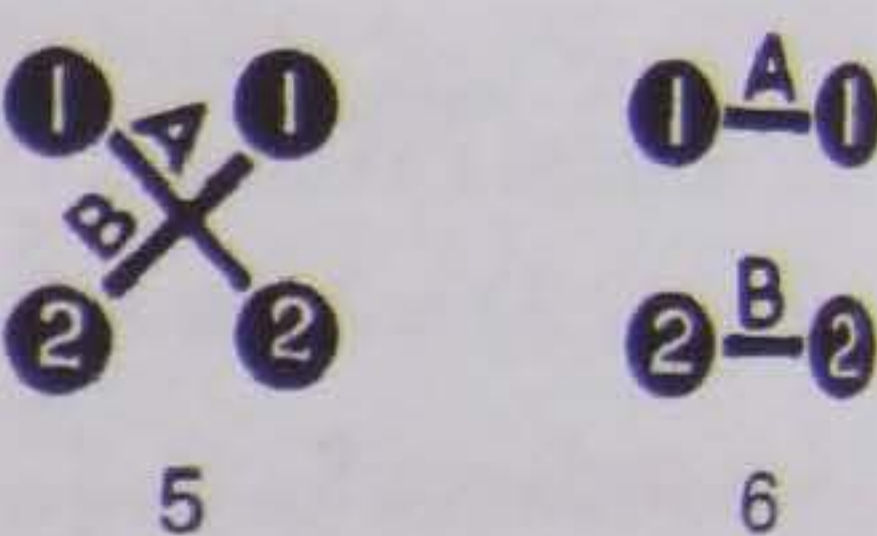
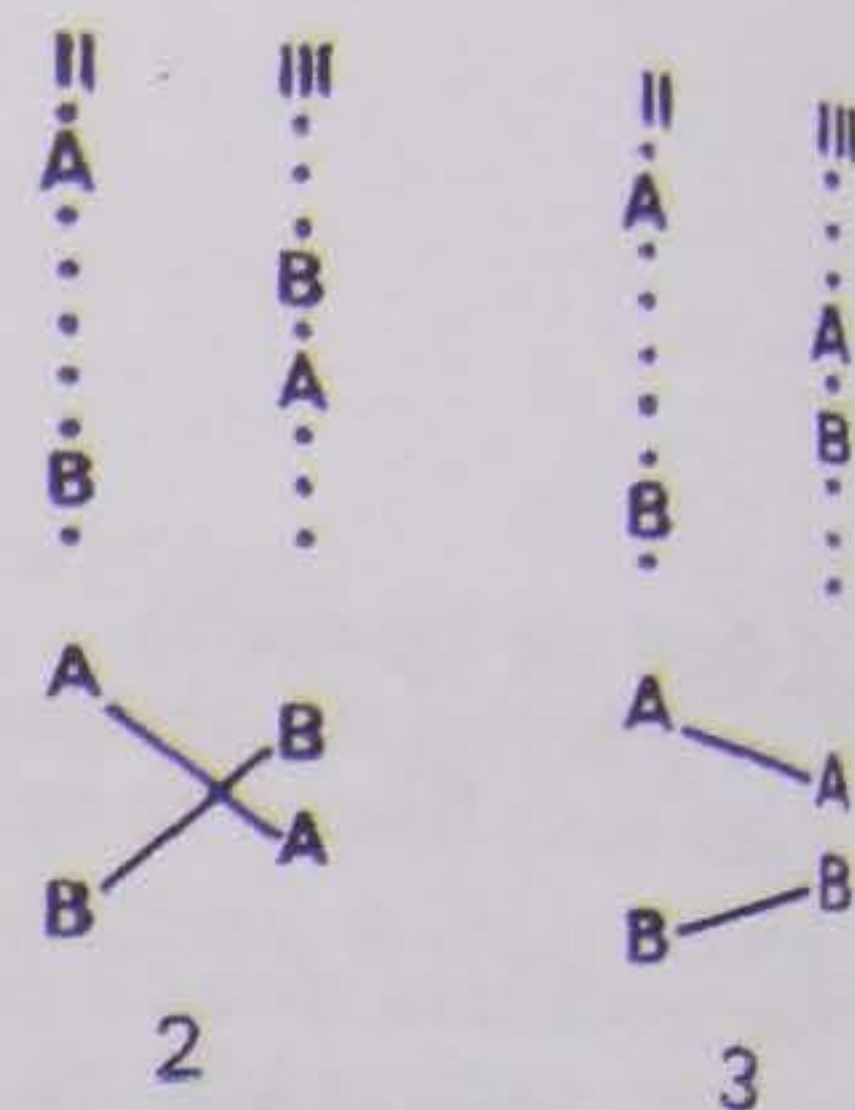
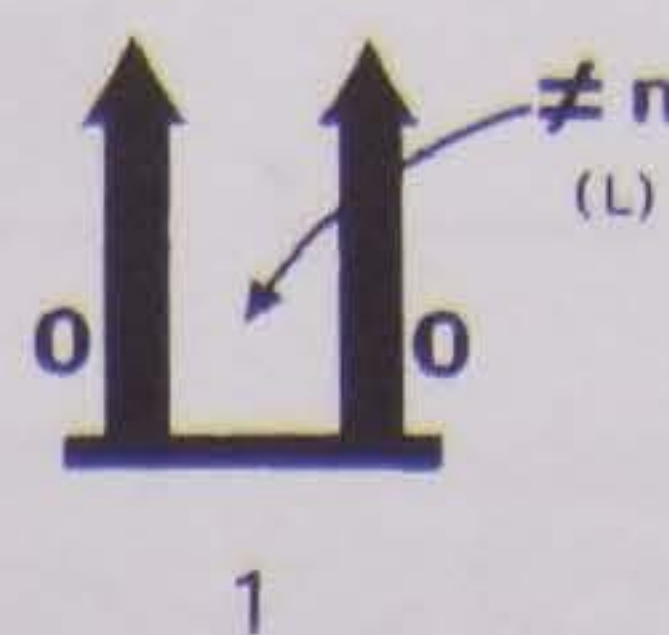
## LES CONSTRUCTIONS GRAPHIQUES.

### Les alignements parallèles.

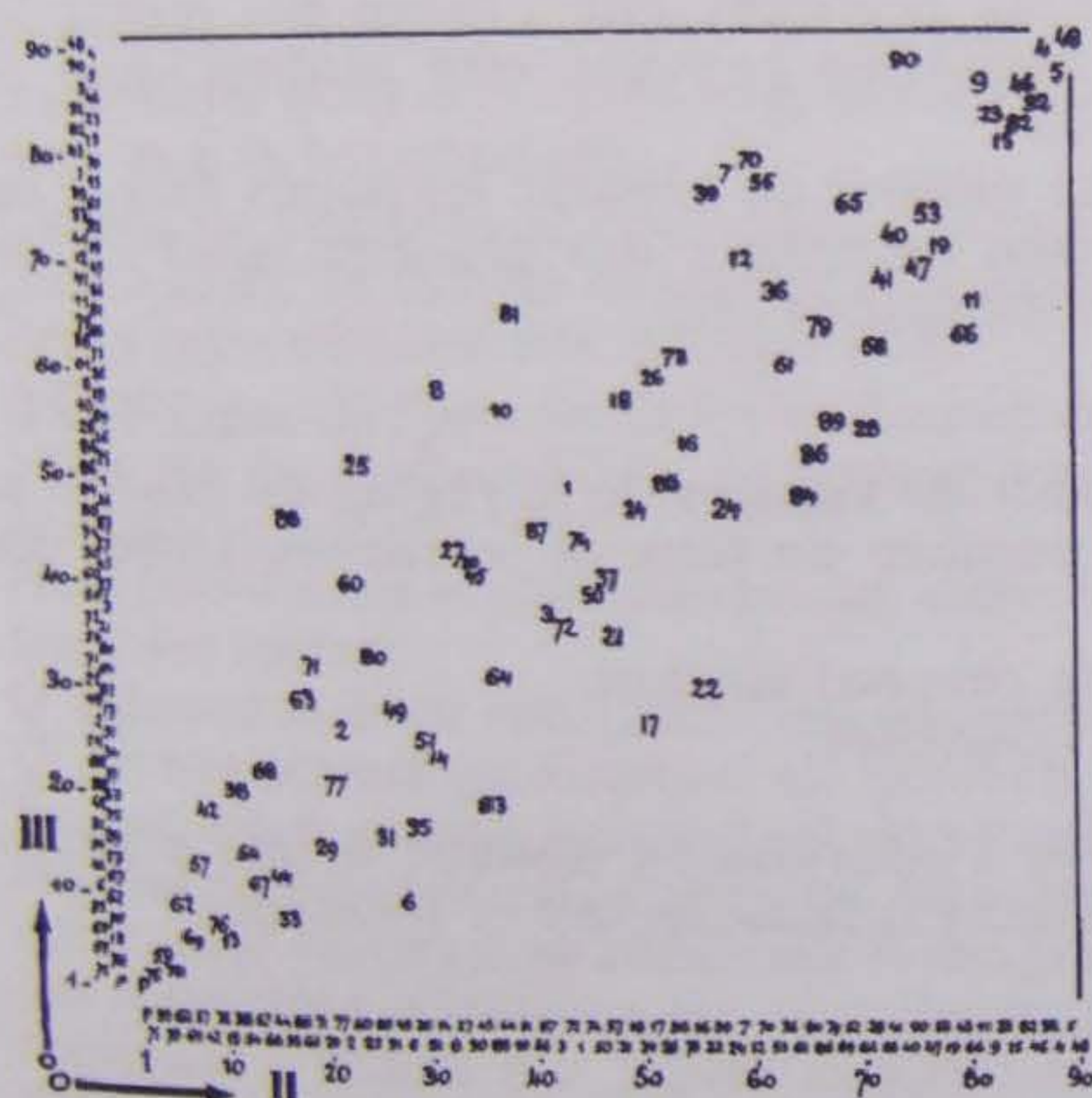
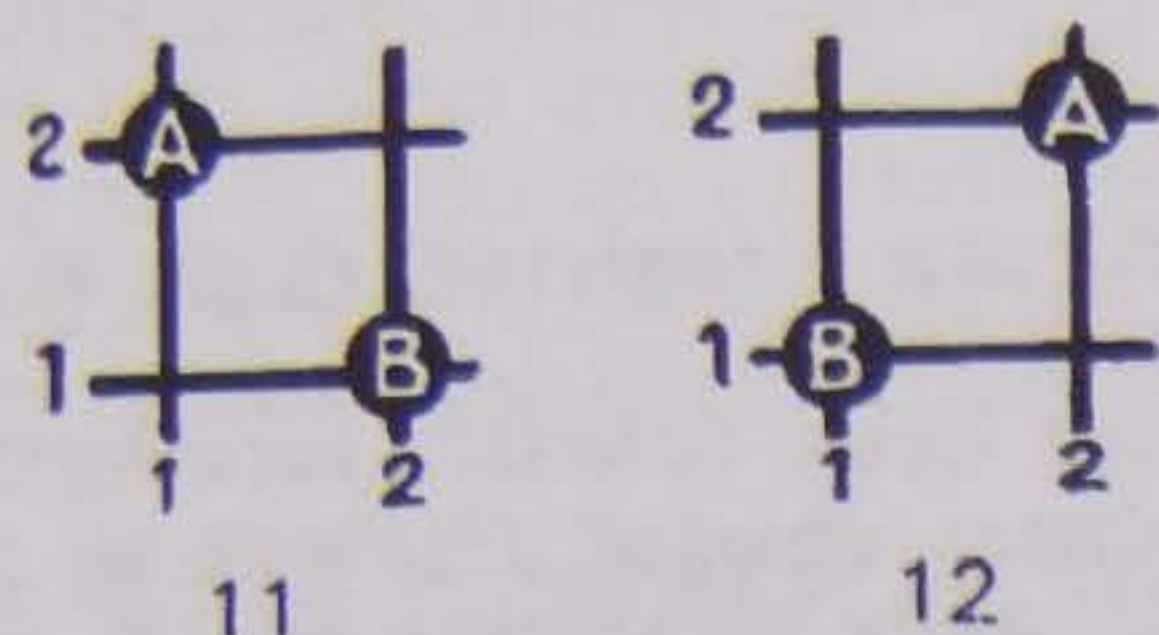
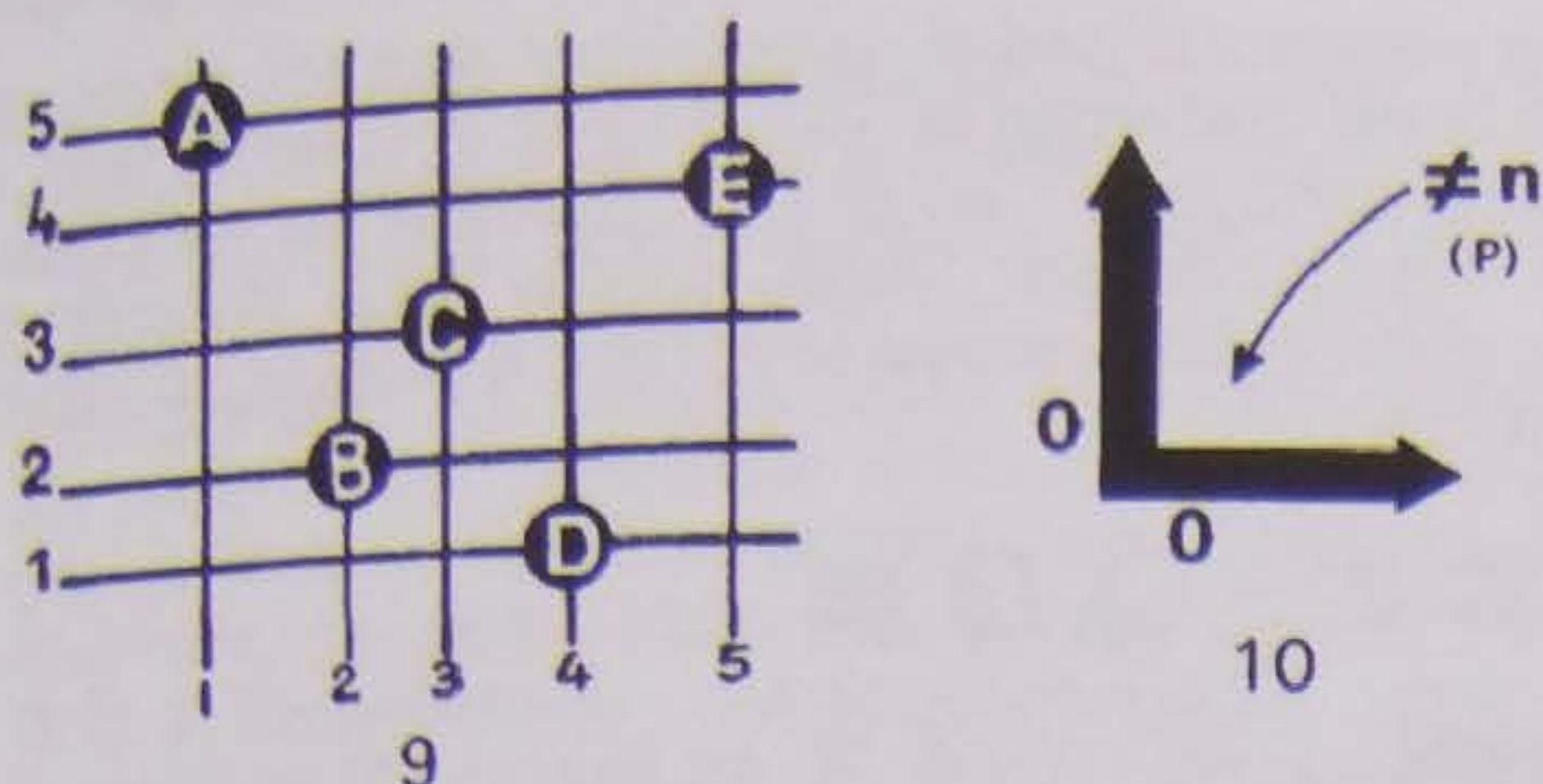
Chaque rangement est traduit par un alignement de points. Les deux alignements sont parallèles. On joint ensuite par une ligne les deux points représentant le département A, puis B... S'il y a désaccord, et dans ce cas seulement, les deux lignes se coupent. Il y a, par exemple, 6 désaccords en (4).

Il suffit donc de tracer les 90 lignes correspondant aux 90 départements et de compter le nombre de points d'intersection de ces lignes deux à deux, situés entre les échelles II et III (7).

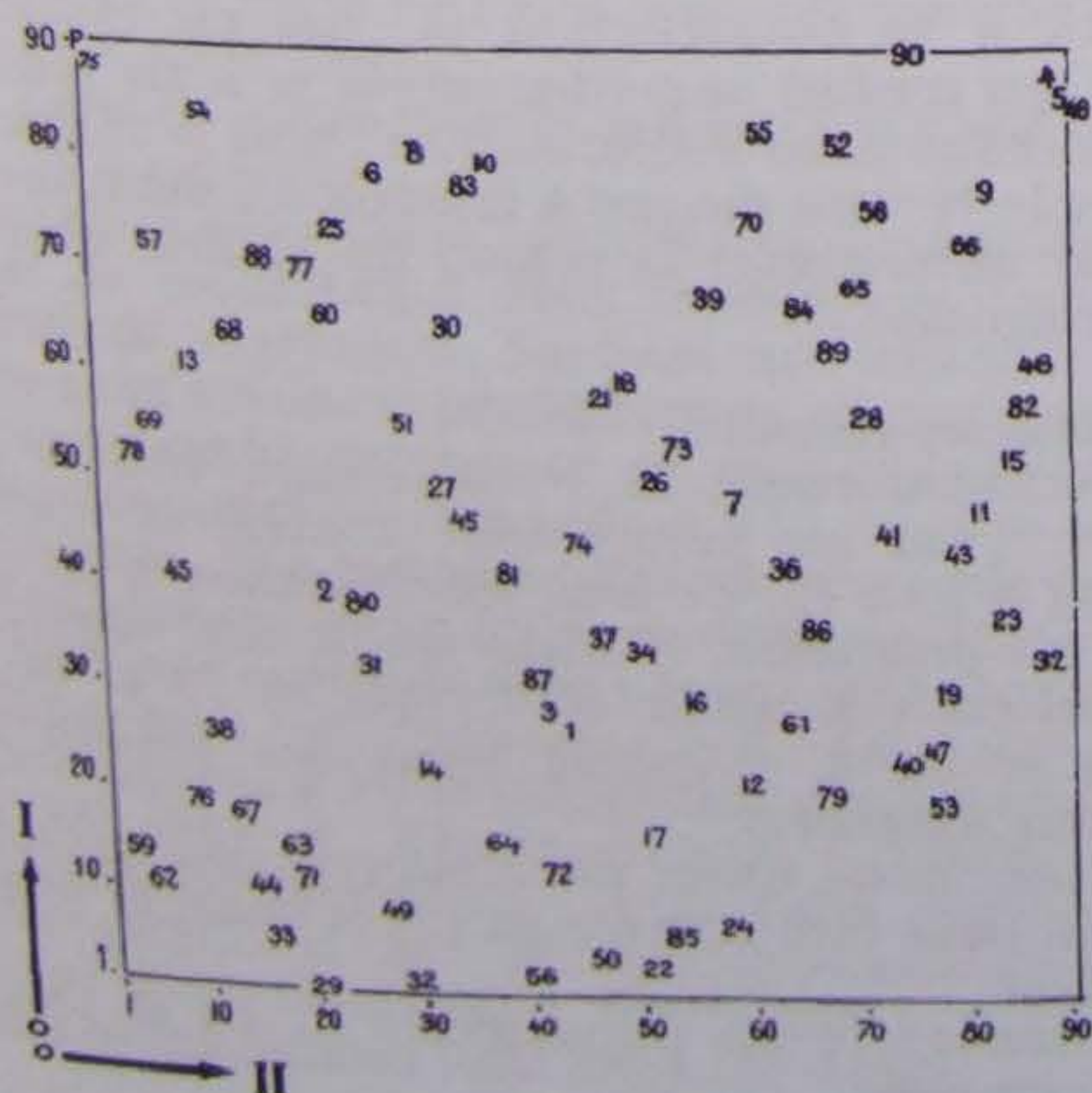
S'il y a beaucoup de désaccords et beaucoup d'objets classés le comptage selon cette méthode graphique deviendra vite très laborieux. Tout au moins l'impression de fouillis (8) (I et II) permet-elle de visualiser un grand éloignement et de le comparer à une proximité (7) (II et III). Cette construction n'est applicable que pour une composante ne dépassant pas 30 catégories environ.







13



14

### Les alignements rectangulaires.

Dans la construction précédente (4) les rangs sont figurés par des points sur une échelle, les départements sont figurés par des lignes.

Dans la construction rectangulaire (9) les rangs sont figurés par des lignes, les départements par des points. Les deux constructions sont "duales" l'une de l'autre. Bien sûr, puisque l'ordre seul importe et non la quantité, les lignes n'ont pas à être équidistantes et l'on pourra employer tel quadrillage que l'on voudra, équidistant, logarithmique ou autre, selon la commodité, pourvu qu'il conserve l'ordre entre les rangs.

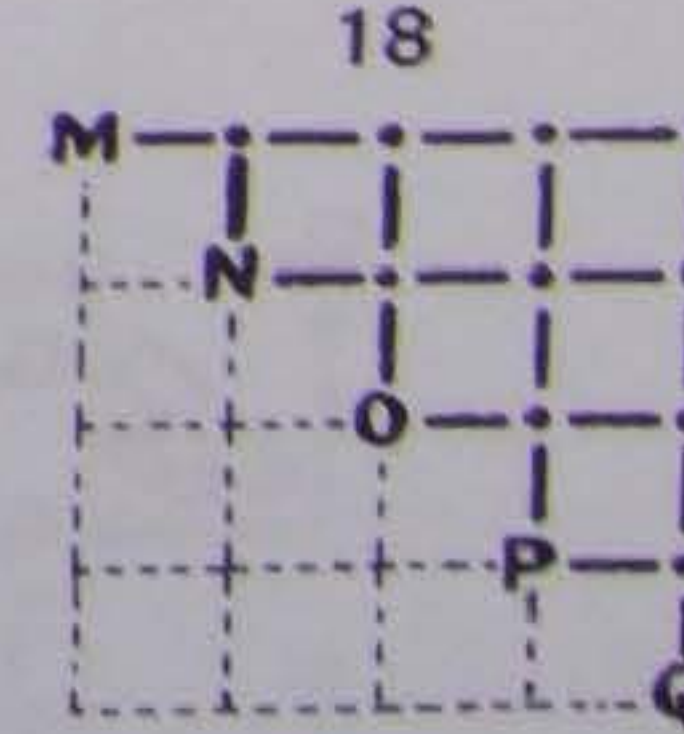
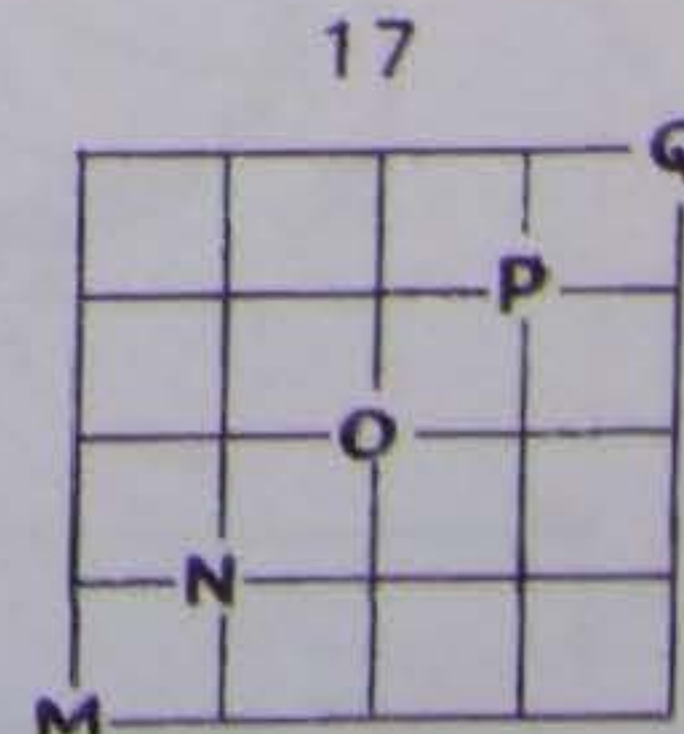
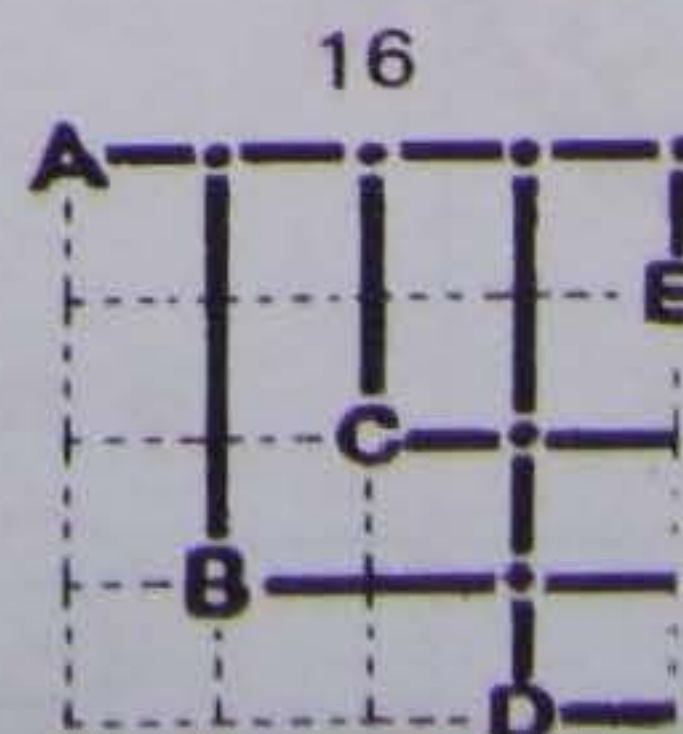
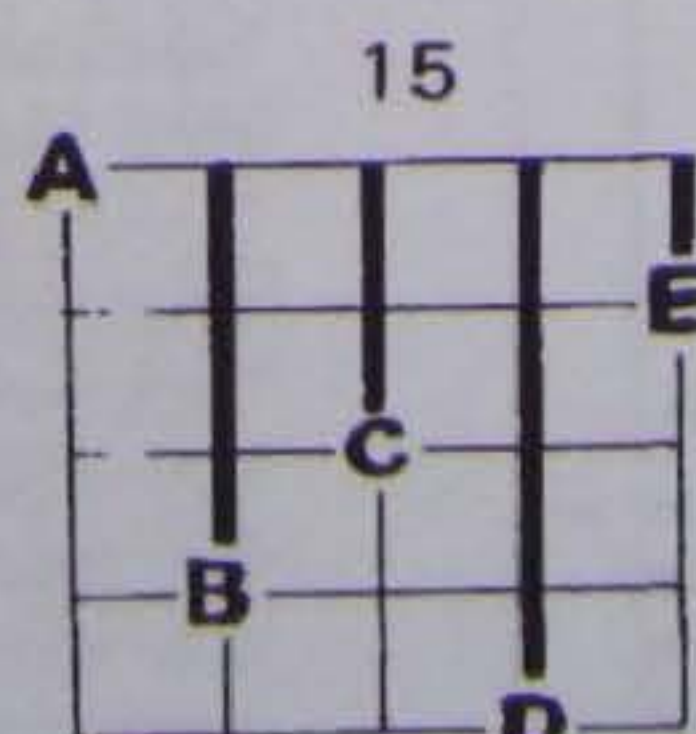
Désaccords entre rangements seront représentés respectivement par (5) et (11). Accords par (6) et (12). S'il y a peu de désaccords, si la "distance" est faible, les points se présentent suivant un nuage allongé dans la direction NE, (13). S'il y en a beaucoup, il se présentera suivant un axe NO-SE. On a d'ailleurs (17) : accord parfait, distance nulle. (18) : désaccord maximum, rangement dans un ordre inverse (10 désaccords). Entre les deux s'inscrit l'absence de relation (14) : pas de relation entre I et II.

### LA MESURE DU DÉSACCORD.

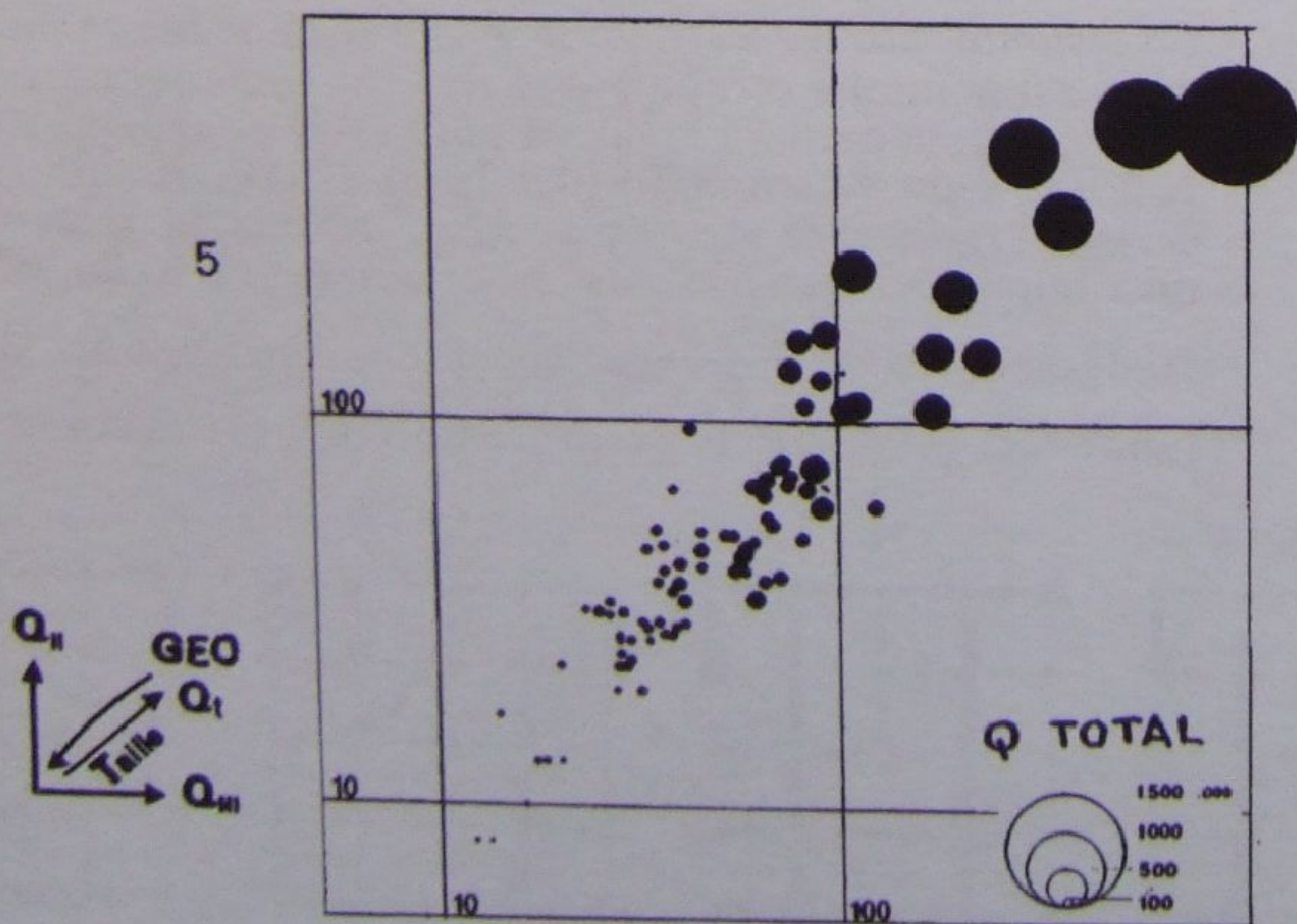
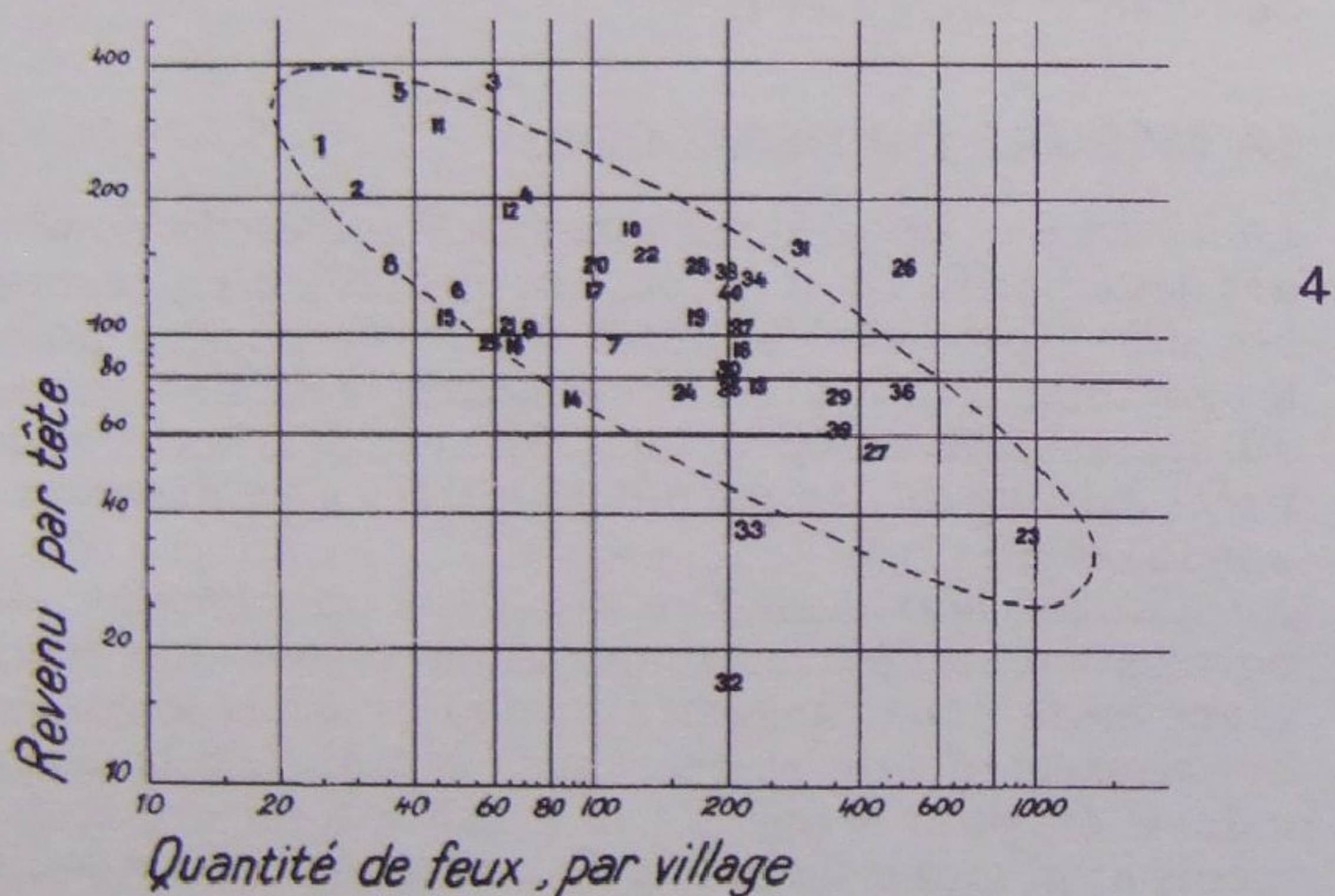
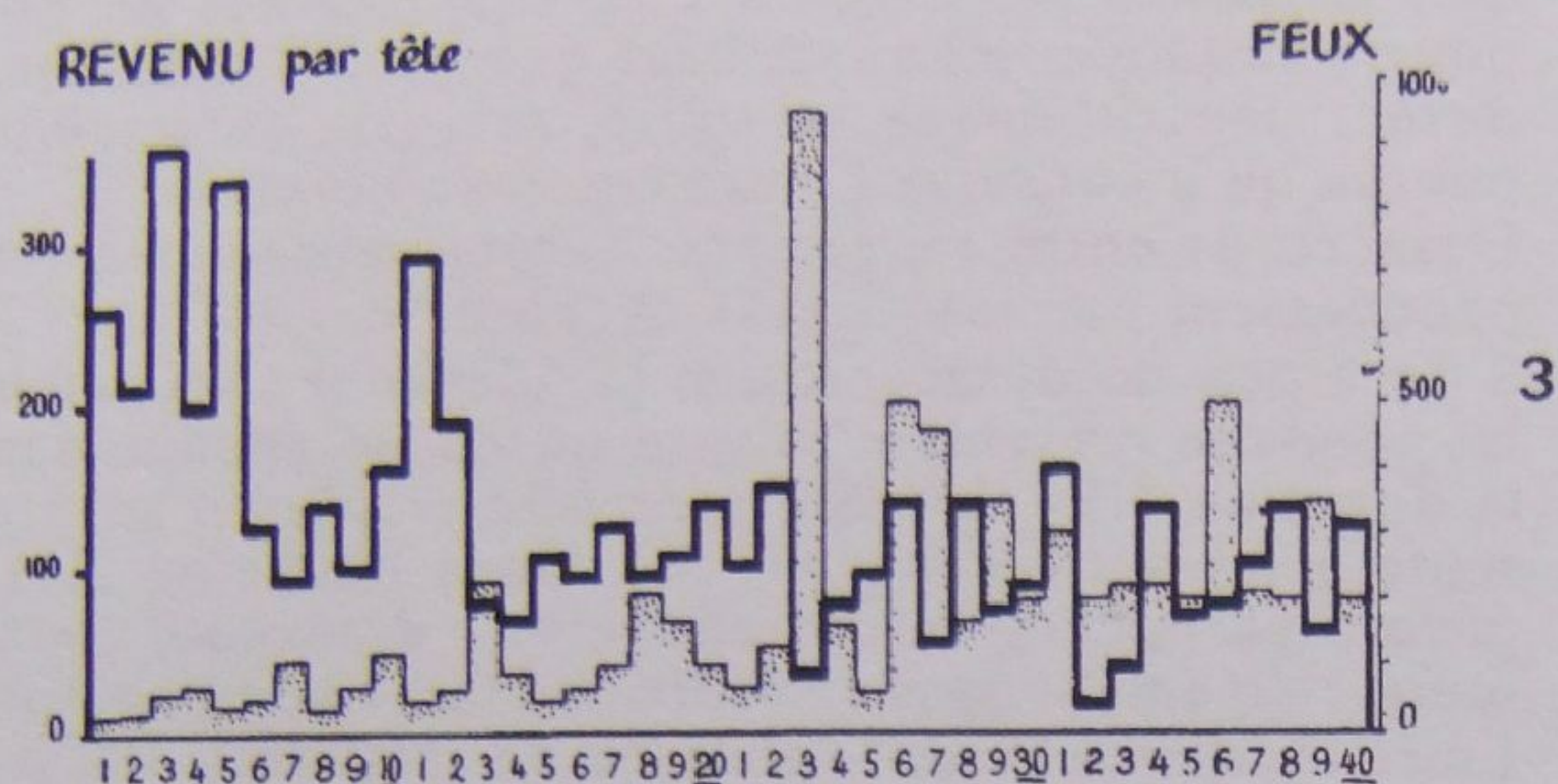
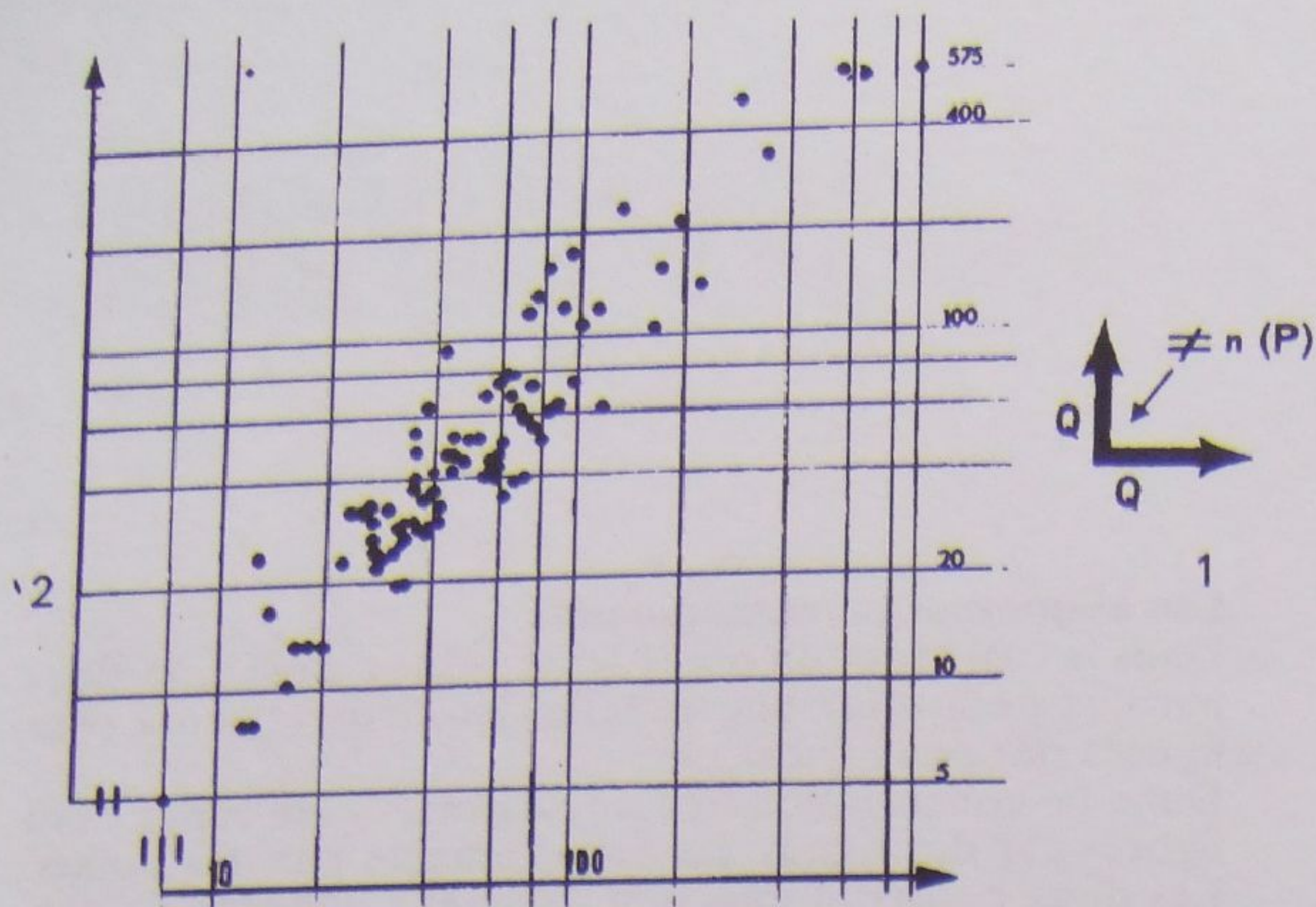
La distance  $N$  entre deux rangements, c'est le nombre des désaccords. Dans la construction (10), c'est le nombre des "sommets" situés à droite de chaque point, les sommets étant l'intersection des verticales élevées au-dessus de chaque point (15) avec les horizontales tirées à droite de chaque point (16). Il y a six désaccords en (16) et en (9).

La distance maximum  $D$  entre deux rangements (18) correspond au désaccord maximum, c'est-à-dire la distance entre deux rangements opposés. C'est le nombre des croisements du réseau situés à droite de la diagonale. C'est pour  $n$  objets : le nombre total des croisements  $n \times n$ , moins les points de la diagonale, c'est-à-dire  $n$ . On ne retient que la moitié du résultat (moitié du réseau) soit  $\frac{n^2 - n}{2}$ . On écrit  $D = \frac{n(n-1)}{2}$ .

La distance relative  $N/D$ . Pour mesurer la distance entre deux rangements et comparer des rangements ne portant pas sur le même nombre d'objets, on peut rapporter  $N$  à une échelle standard (0 à 10, 0 à 100). Il suffit de diviser le nombre des désaccords  $N$  par la distance maximum  $D$ . Dans le cas de 5 objets on a au plus 10 désaccords :  $\frac{5(5-1)}{2} = 10$ . De sorte qu'une distance 6 comme en (16) représente 60 % du maximum.







## LA COMPARAISON D'ORDRES QUANTITATIFS.

Les comparaisons d'ordre nécessitent que les éléments soient d'abord numérotés ou rangés préalablement à l'opération graphique : en (13) p. précédente on considère des départements "déjà rangés". Ce rangement préalable n'est pas nécessaire lorsqu'il résulte de séries quantitatives.

$$Q \neq \neq 2 = Q Q \neq$$

### 1<sup>er</sup> exemple :

$Q$  de population suivant,  
 $\neq 90$  départements,  
 $\neq 2$  secteurs (II et III).  
 Comme précédemment.

Une information  $Q \neq 2 \neq n$  s'analyse  $Q Q \neq n$  et se construit suivant le schéma (1).

Il suffit de construire deux échelles rectangulaires de quantités et de pointer chaque élément au point de correspondance des deux quantités qui le caractérisent (2).

Le graphique ne retenant que l'ordre des points, les échelles des quantités peuvent être arithmétiques ou logarithmiques.

Cette dernière permet de séparer les points dans le cas où la répartition comporte des groupes relatifs à des quantités très éloignées (2).

### 2<sup>e</sup> exemple :

On connaît pour 40 villages de la région de Madrid au 16<sup>e</sup> siècle le nombre de feux et le revenu moyen par tête soit :

$Q$  (de feux, de revenu) suivant,  
 $\neq 2$  types de quantités,  
 $\neq 40$  villages.

Analysée ainsi, l'information aboutit à une superposition de courbes (3) fastidieuses et inefficace.

Analysée :

$Q$  de population,  
 $Q$  de revenu,  
 $\neq 40$  villages,

elle aboutit à la construction (4) qui est rapide et efficace et qui traduit immédiatement la seule relation interne contenue dans l'information : plus le village est grand, plus le revenu moyen a tendance à diminuer (4) ce qui peut différencier la région de Madrid d'autres régions espagnoles.

### La 3<sup>e</sup> dimension visuelle.

Dans ces constructions, la 3<sup>e</sup> dimension visuelle est inemployée. Tous les points sont considérés comme semblables ( $\equiv$ ) en (2) et leur identification n'est pas nécessaire au problème. (Tandis qu'ils sont identifiés par des chiffres (variation de forme) en 13 et 14 p. précédente et en 4 ci-contre pour des besoins de comparaisons externes).

Les points sont donc libres de supporter une nouvelle variation qui peut être comme en (5) la quantité totale de population.

La corrélation entre les populations II, III et totale apparaît clairement.



### 3. PLUSIEURS COMPOSANTES QUANTITATIVES

QQ ≠ QQQ

Caractère commun : chaque point du plan a une signification différente de tous les points voisins (tandis qu'à l'intérieur d'une composante **Q**, tous les points d'une même catégorie ont la même signification). Le plan, mobilisé par des composantes non ordonnables forme un système de référence constant, aussi appelle-t-on quelquefois de tels diagrammes des "cartes" (carte des couleurs, des sons, carte vocalique, p. 262).

QQ ≠ Distribution "ombrothermique" des séries de végétation (6) extrait de P. REY "Phytocinétique biogéographique" CNRS - Paris 1960 -

Un système d'échantillonnage détermine une "population" de sites, dans une région donnée (ici la région couverte par la carte au 1/200.000-le Puy). On connaît pour chaque site : Q, température annuelle; Q, précipitations totales annuelles; ≠, la végétation caractéristique.

Lorsque le plan se partage les deux composantes Q, chaque catégorie végétale dessine un nuage réduit et caractéristique. Le diagramme détermine ainsi les conditions optimum (centre du nuage) et les conditions-limite pour une série végétale donnée, quant à la pluie et à la température.

Chaque groupement de points étant relativement homogène il suffit de faibles écarts visuels entre les types de signes pour circonscrire chaque zone.

QQ ≠ Carte de l'aire audible (7). Extrait de A. MOLES "Théorie de l'information et perception esthétique", Flammarion, Paris 1958.

Problème à trois composantes : ≠ différents domaines sensibles suivant :

Q, fréquence d'un son (hauteur) en périodes-seconde;  
Q, niveau sonore (puissance) en décibels.

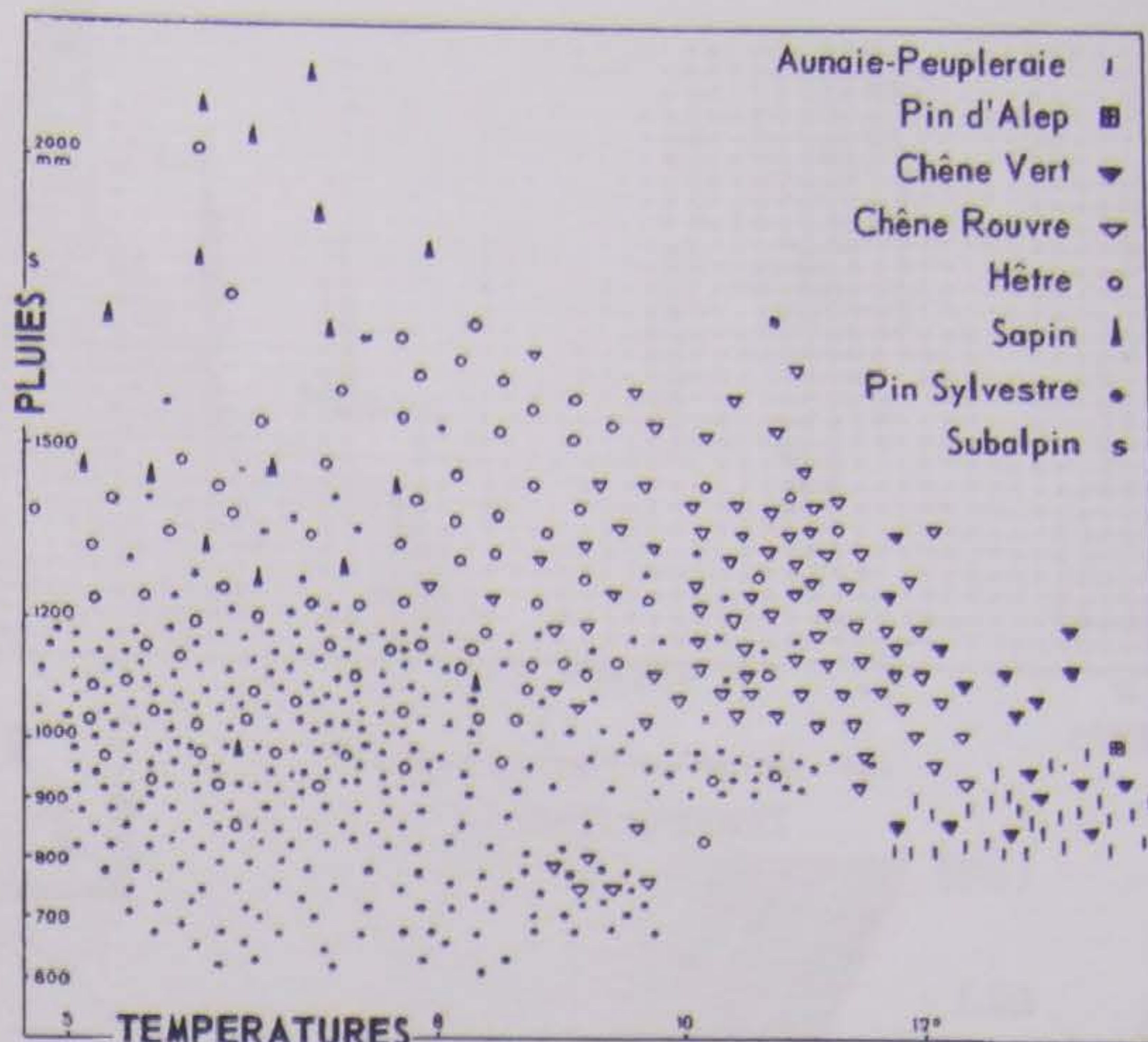
Fréquence et niveau permettent de situer tous les sons et de les partager en catégories, en "domaines sensibles" qui tracent différentes zones sur le diagramme.

Les zones sont sélectionnées visuellement par la valeur appliquée à la fois aux lignes et aux zones, avec pour celles-ci une redondance d'orientation.

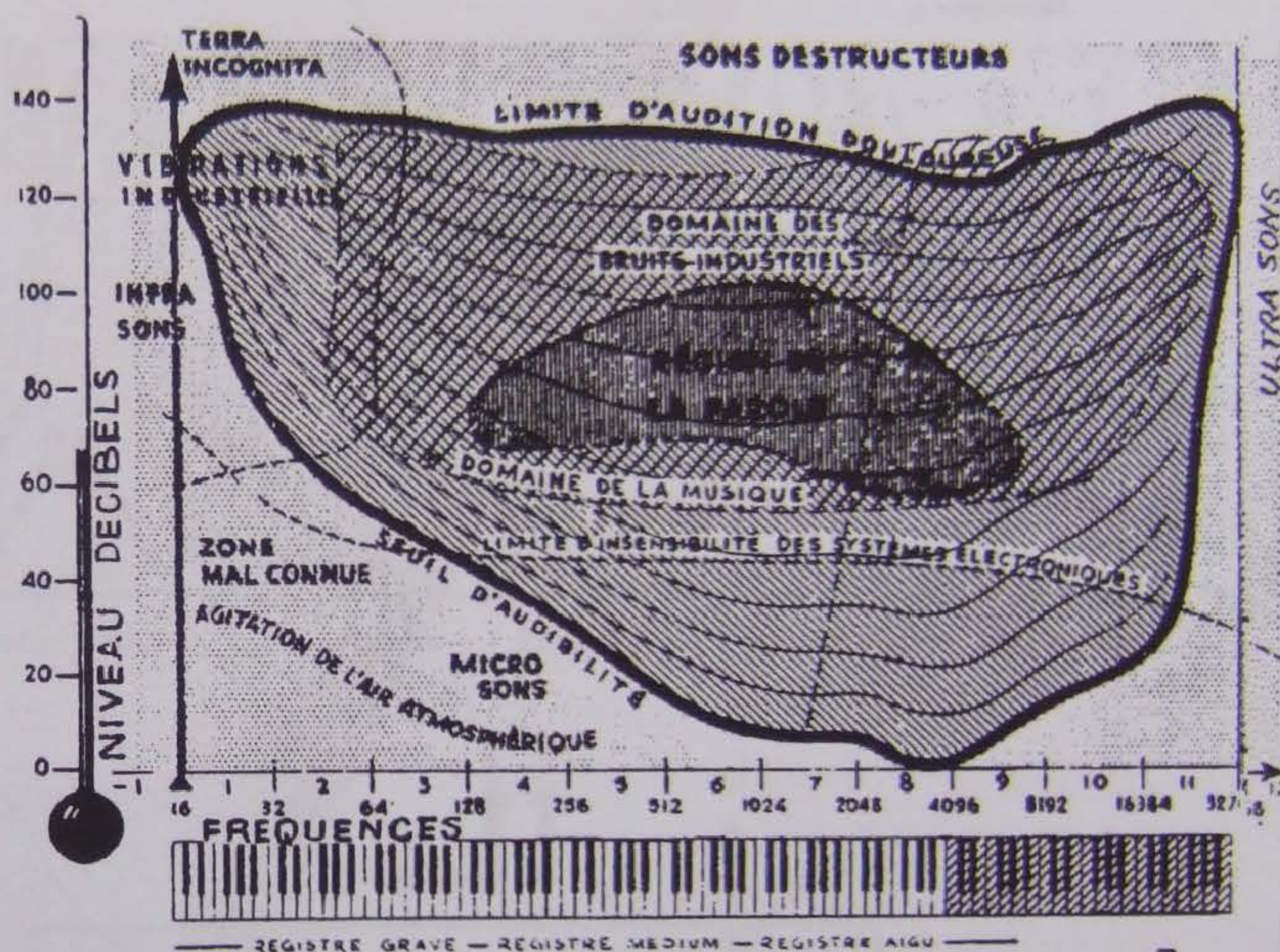
QQQ Évolution de l'aire ombrothermique (8) d'après P. REY (déjà cité).

O. Série de zones dans le temps et suivant Q de pluies.  
Q, de température.

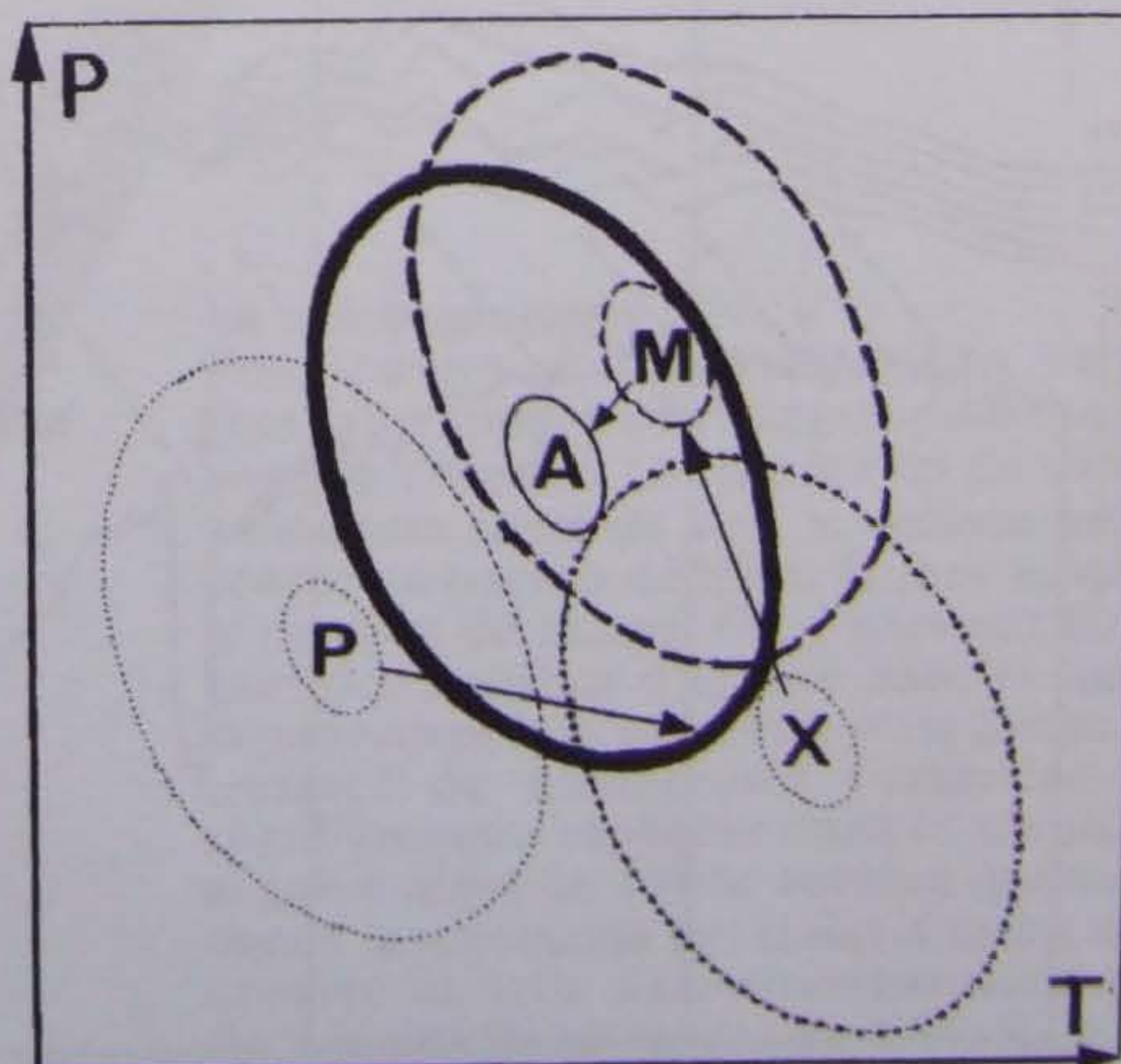
L'examen des pollens recueillis dans une tourbière permet de reconstituer dans le temps la succession des séries de végétation. Sachant que chaque série trace une zone précise et pratiquement constante dans le diagramme ombrothermique, on peut construire la succession des zones correspondant à la succession des séries végétales. Elle témoigne des variations de température et de pluviosité durant les derniers millénaires. P. REY définit une évolution type caractérisée par quatre stades climatiques : P. Préboréal (-8 500), suivi d'élévation thermique (2 à 3°) et diminution des précipitations (200 à 300 mm); X. Xérothermique (-5 000), suivi d'une diminution thermique (1°) et forte augmentation des précipitations; M. Mésos-hygro-thermique (-1 500), suivi d'une diminution thermique (1°) et diminution des précipitations (200 mm); A. Actuel.



6

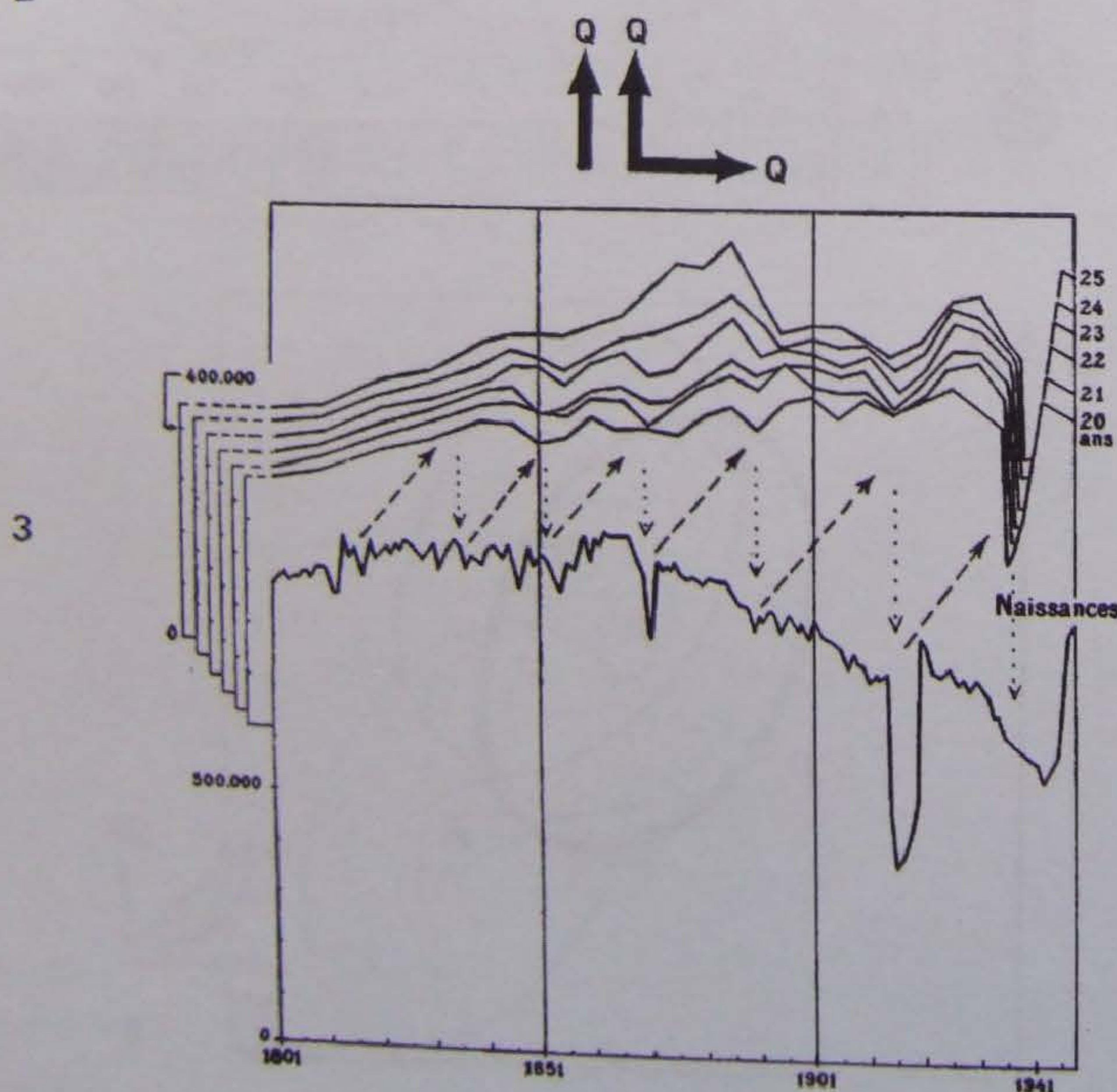
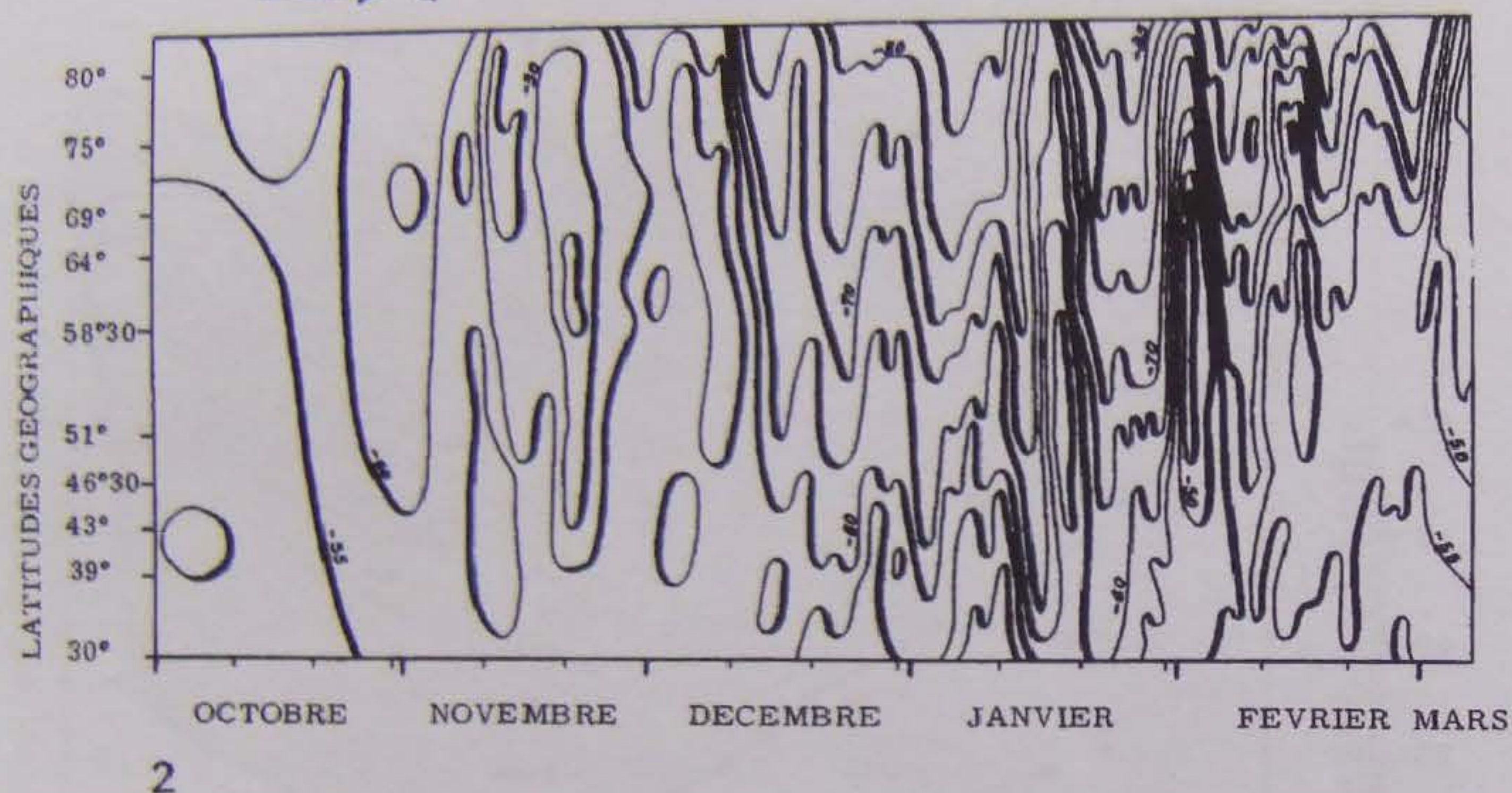
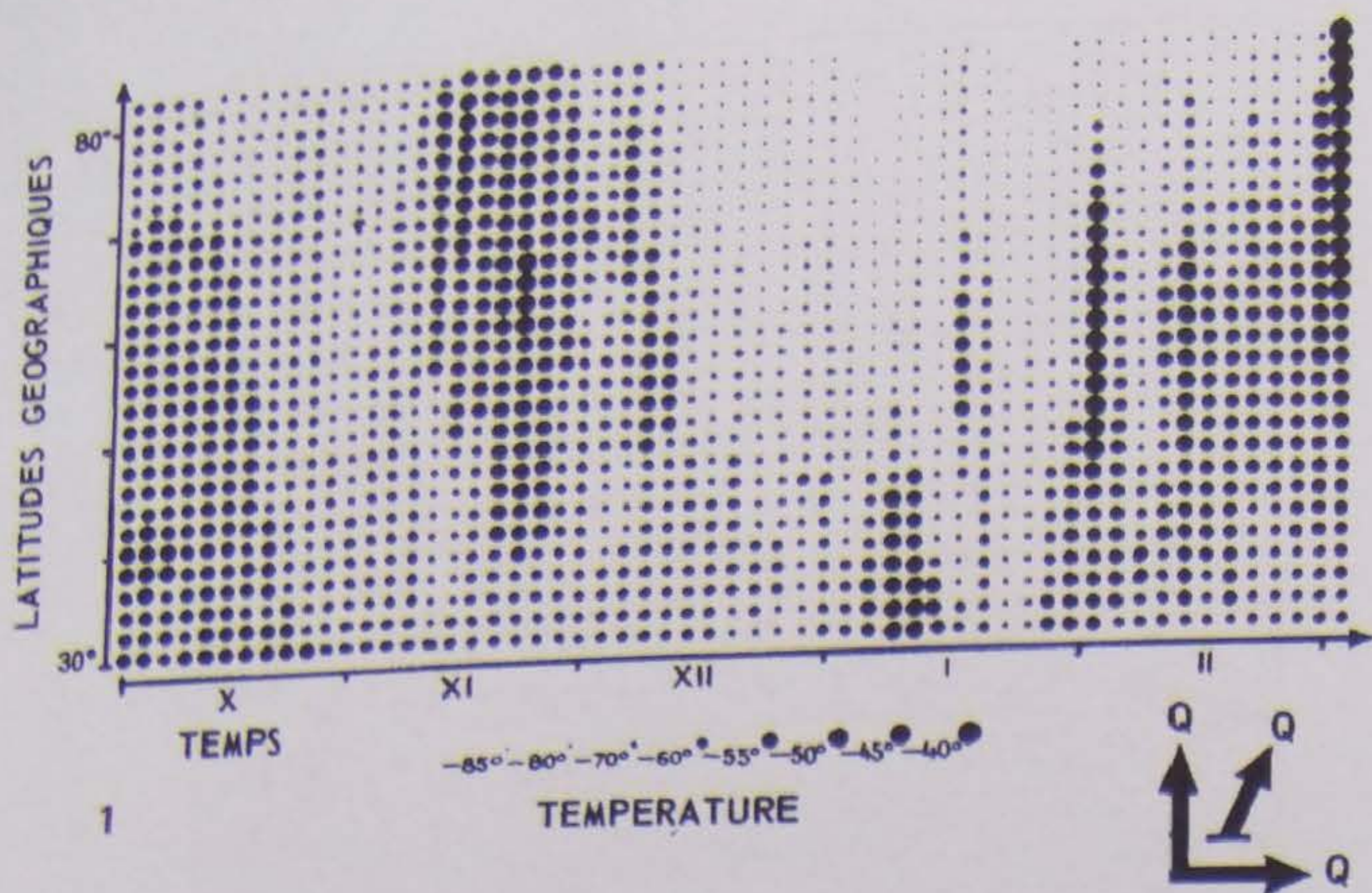


7



8





Q Q Q

## LA CONSTRUCTION DE BASE (1).

**Exemple :** variation de la température dans la stratosphère (25 km d'altitude) d'après F. KENNETH HARE "The Stratosphere" Géographical review, October 1962. Trois composantes : Q, de degrés centigrades suivant ; Q, latitudes (latitude en degrés N des observatoires situés le long du méridien 80° W) ; Q, le temps. La construction de base fournit une bonne image lorsqu'il s'agit d'exprimer les températures. Mais les observations ont surtout l'intérêt de souligner la différence entre le régime placide de l'été, encore sensible en octobre, et les brutales variations de température de l'hiver.

## CONSTRUCTIONS PARTICULIERES.

**Les courbes d'égalité (2)** (v. p. 385).

Obtenues en réunissant tous les points de même température, elles sont d'autant plus nombreuses que la variation est plus forte, et cette construction parvient au résultat visuel suivant : plus de noir = plus de pente. Cette construction est donc préférable ici.

De plus, les courbes d'égalité suggèrent le continu sensible du phénomène car ce procédé permet de définir, en chaque point de l'espace-papier une valeur précise de trois composantes.

On remarquera cependant que le sens de la variation n'apparaît que grâce à un signal complémentaire. C'est ici l'ombrage des courbes.

## Juxtaposition de courbes (3).

Soit l'information :

Q population totale en France suivant

Q âge (catégories annuelles d'âge)

Q temps (1800-1947).

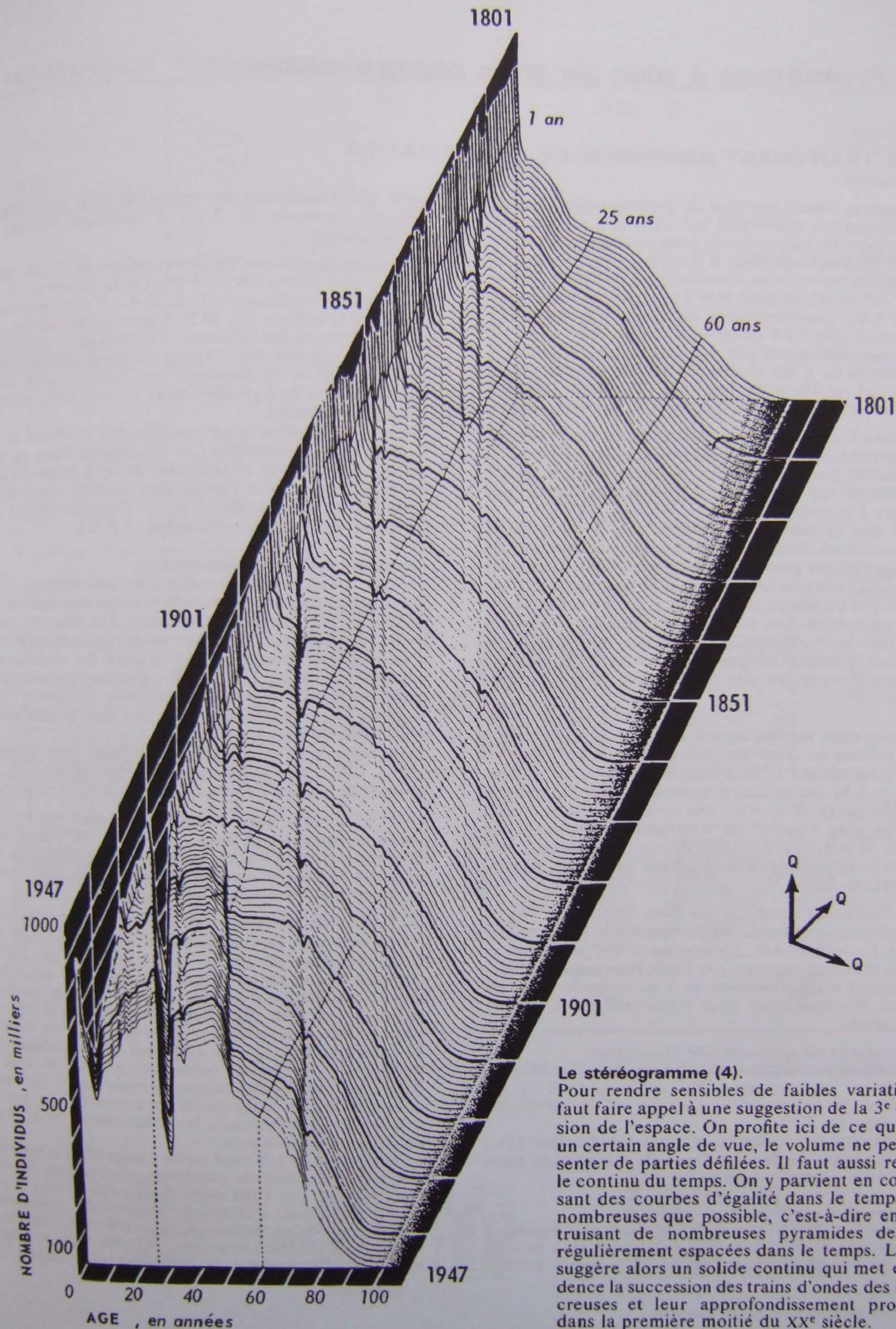
(d'après C. MORAZE "Les Français et la République" A. Colin, Paris, 1956).

Chacun connaît la construction de la pyramide des âges. Comparées dans le temps, plusieurs pyramides font apparaître le phénomène bien connu du vieillissement de la population, qui se traduit par un "ventre" qui s'élève progressivement.

Les pyramides traduisent aussi un autre phénomène, tout aussi important pour l'économie générale d'une nation : le *train d'ondes des classes creuses*. Mais pour le voir, il faut rétablir visuellement le continu du temps. Dans la juxtaposition des courbes (3) (naissances, individus de 20 ans, de 21, de 22...) les classes creuses apparaissent, ainsi que leurs répercussions successives. Mais les courbes plus nombreuses se chevaucheraient et l'image serait confuse. Il faut faire appel à une autre construction.

La construction de base qui aboutirait à une image du type de la figure (1) ne serait pas lisible, car ce sont surtout des variations de quantités relativement faibles qui nous intéressent.





#### Le stéréogramme (4).

Pour rendre sensibles de faibles variations, il faut faire appel à une suggestion de la 3<sup>e</sup> dimension de l'espace. On profite ici de ce que, sous un certain angle de vue, le volume ne peut présenter de parties défilées. Il faut aussi restituer le continu du temps. On y parvient en construisant des courbes d'égalité dans le temps aussi nombreuses que possible, c'est-à-dire en construisant de nombreuses pyramides des âges régulièrement espacées dans le temps. L'image suggère alors un solide continu qui met en évidence la succession des trains d'ondes des classes creuses et leur approfondissement progressif dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle.



# C. Problèmes à plus de trois composantes

## 1 - LE TRAITEMENT GRAPHIQUE DE L'INFORMATION

Une étude moderne introduit de multiples composantes. Elle ne constitue cependant une unité que si l'information sur laquelle elle se fonde peut se concevoir sous la forme d'un *unique* tableau à double entrée – fût-il de très grandes dimensions. En effet tout ensemble homogène d'informations peut être conçu comme une suite d'objets AB... (ou d'individus, de lieux, de moments, de concepts...) que l'on observe à travers une suite de 1, 2, 3, ...n *indicateurs* (ou caractères, ou variables...). Si l'on porte en x les objets et en y les indicateurs, la réponse (z), chiffrée ou oui-non, de chaque objet à chaque indicateur s'inscrit dans la case correspondante.

Ce tableau à double entrée doit résulter de la totalité de l'information prise en considération dans l'étude. Il constitue le point de départ de tout traitement de l'information car il ramène à trois composantes tout problème à n composantes.

Suivant que ce tableau comporte 1, 2, 3 ou n lignes (page ci-contre), il permet de définir les constructions et les manipulations graphiques fondamentales. Elles sont fonction de la *longueur* (nombre d'objets, nombre d'indicateurs) et du *niveau* ordonnable ( $\neq$ ) ou ordonné (0) des composantes. Les très faibles longueurs (1, 2, 3) permettent les constructions directes, sans manipulations. Les grandes longueurs trouvent leur solution graphique dans le jeu des classements et des permutations.

### Problèmes sans manipulations.

(1) *Le tableau ne comporte qu'une seule ligne.*

C'est l'information la plus simple. Si AB... est ordonnable ( $\neq$ ), la construction normale est le diagramme de *répartitions* (p. 203). AB... très court autorise le cercle. AB... très long conduit au diagramme de *distribution* (p. 205). Si AB... est ordonné (0), la construction normale est la *chronique* (histogramme, polygone, courbe ou nuage, p. 212).

(2) *Le tableau ne comporte que deux lignes.*

La construction normale est la *corrélation rectangulaire* (p. 248). Les objets AB... y deviennent des points qui se classent automatiquement par rapport aux deux indicateurs portés respectivement en x et en y. Si AB... est ordonné (0), une ligne peut tracer cet ordre et être significative.

(3) *Le tableau ne comporte que trois lignes.*

a) L'addition par colonne est significative. Il faut alors calculer les pourcentages. Par analogie avec le cas précédent la construction normale est la *corrélation triangulaire* (p. 232).

b) L'addition par colonne est sans signification (ex.: prix + tonnages + effectifs). Une telle information entre dans le cas général suivant.

### Classement et permutations graphiques.

Dès que le tableau comporte plus de trois lignes, la construction normale consiste à reporter en x la suite AB... des objets, en y la suite n des indicateurs, à trans-

crire graphiquement les quantités par une variable visuelle ordonnée en Z, et à simplifier l'image par permutations.

*Rappelons le principe des permutations* (4, 5, 6). Soit à étudier sept objets ABC... à travers la présence ou l'absence de dix indicateurs 1, 2, 3, 4... Cette information construit le tableau (4). Si l'on peut permuer les lignes (5) puis ensuite les colonnes (6), l'image se simplifie et la compréhension qui, à l'origine, nécessitait de mémoriser  $7 \times 10 = 70$  éléments, ne requiert plus que la mémorisation de 3 groupes dont on découvre en même temps l'originalité.

Cette manipulation n'est possible que si objets et indicateurs sont ordonnables ( $\neq$ ). Les problèmes de manipulation graphique se réduisent donc à trois situations de base suivant que l'imposition fournit deux dimensions du plan ordonnable ( $\neq \neq$ ), ou une seule ( $\neq 0$ ) ou deux dimensions ordonnées. (0 0)

### Les constructions fondamentales.

( $\neq \neq$ ) *objets et indicateurs sont ordonnables.*

La construction normale est la **matrice ordonnable** (4 et p. 256). La manipulation requiert des moyens techniques: permutateur, dominos ou écran conversationnel. Ces moyens permettent de traiter des informations pouvant atteindre  $150 \times 400$  environ. Au-delà, il faut procéder à une réduction préalable de l'information, soit par tirage aléatoire soit par des procédures de classification automatique.

Dans certaines conditions d'inégalité des longueurs ( $30 \times 1.000$  par exemple), le *fichier-matrice* (p. 262) permet de pallier l'absence de matériel spécialisé.

( $\neq 0$ ) *l'une des deux dimensions du plan est ordonnée.*

Deux constructions sont possibles: le **fichier-image** (p. 258) transcrit les quantités par une variation de la quantité de noir; l'**éventail de courbes** (p. 263) transcrit les quantités sous forme de courbes.

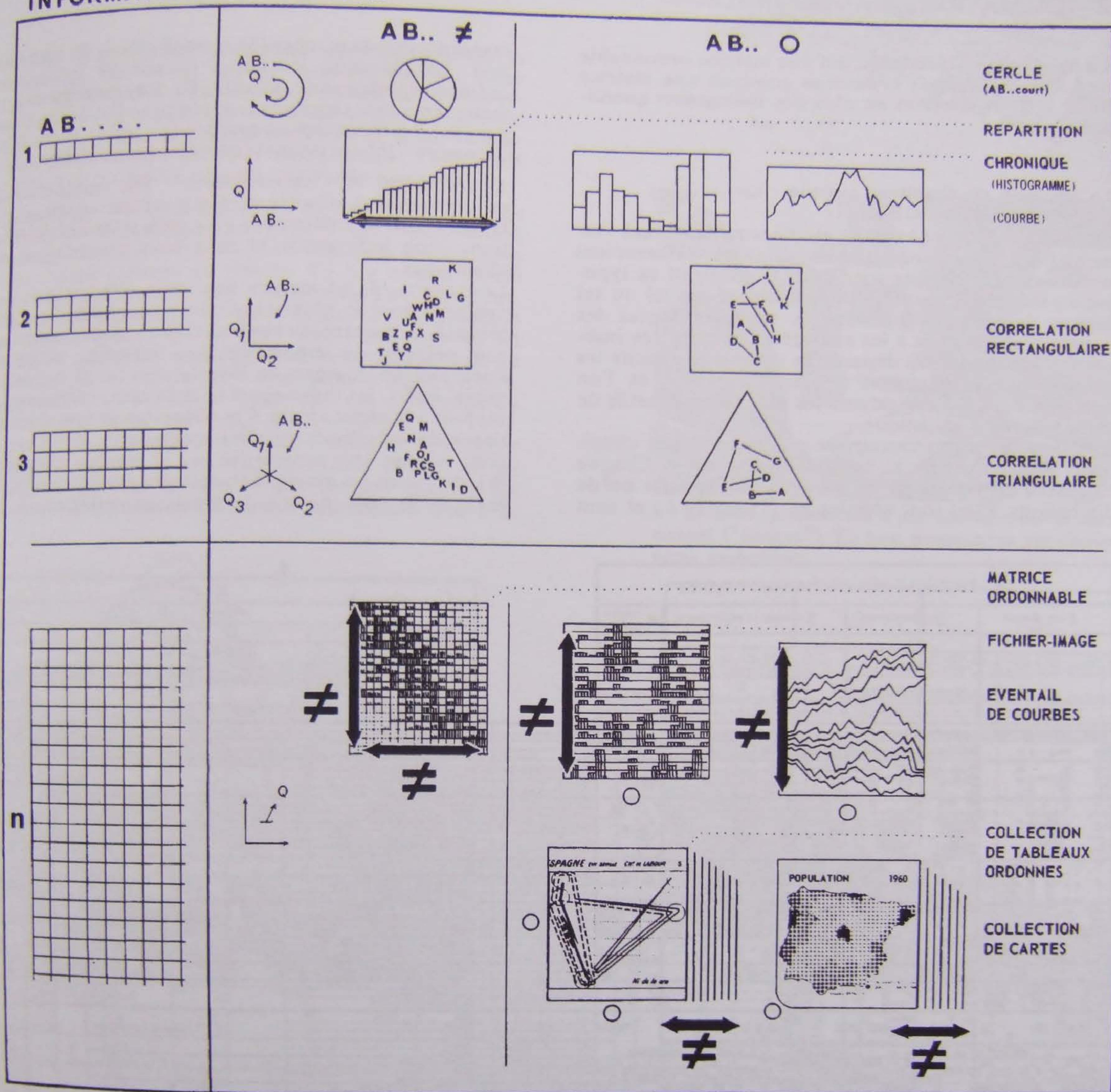
(0 0) *les deux dimensions du plan sont ordonnées.*

Il peut être utile de construire un tableau ordonné. C'est le cas par exemple de la "carte vocale" (p. 266) qui transcrit une chanson en une image. C'est aussi le cas de la cartographie d'analyse qui fournit une image par indicateur (p. 398, 402). Par définition, ces tableaux ne sont manipulables ni en x ni en y. On retrouve la liberté de manipulation en considérant une **collection de tableaux** (p. 266) ou une **collection de cartes** (p. 268, 398, 402). C'est la suite des images, formée par la collection, qui constitue la composante ordonnable ( $\neq$ ) et qui permet les groupements, les classements et la superposition trichromatique.

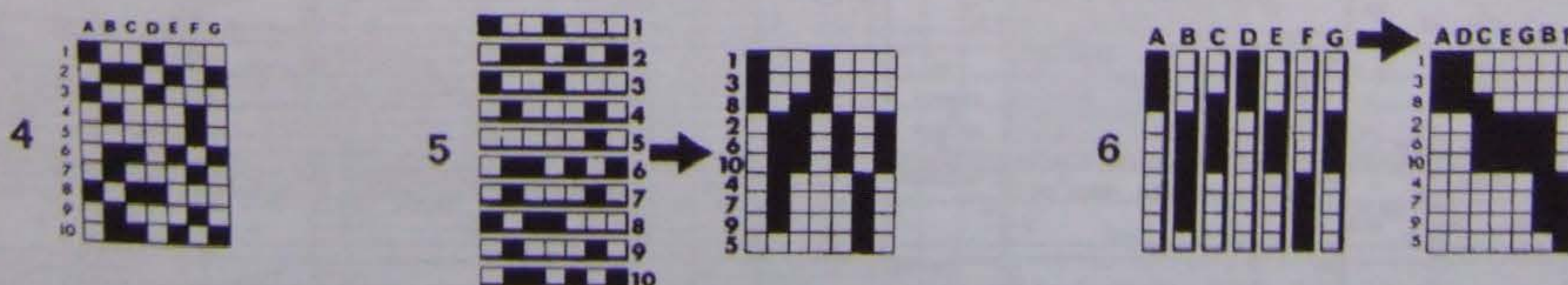
La collection de tableaux ou de cartes offre le moyen de traiter des informations extrêmement étendues. En effet, nous savons que l'œil perçoit la ressemblance entre deux formes quel que soit le nombre des constituants élémentaires de ces formes. Classer 200 cartes de France communale (38.000 communes) est aisé. Cela représente en réalité le traitement de 7.600.000 informations!



# INFORMATION IMPOSITION



Les constructions fondamentales du traitement graphique de l'information





## 2 - LA MATRICE ORDONNABLE

La fig. 4, page précédente, est une matrice ordonnable de  $7 \times 10$ . L'exemple ci-dessous construit une matrice de  $82 \times 80$  et contient en plus des indicateurs quantitatifs.

**La typologie du chapiteau ionique**  
d'après D. THEODORESCU

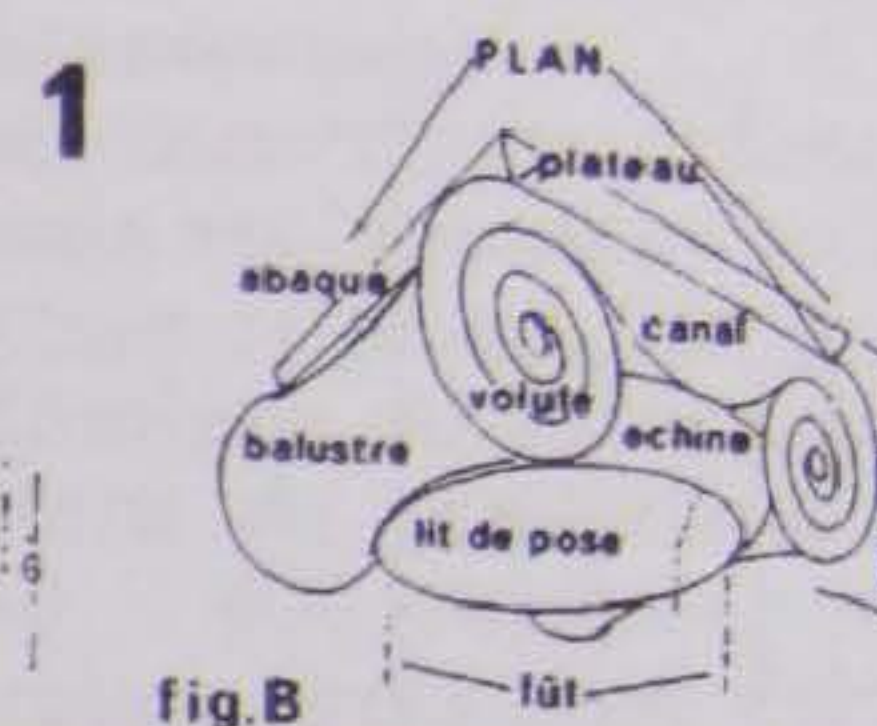
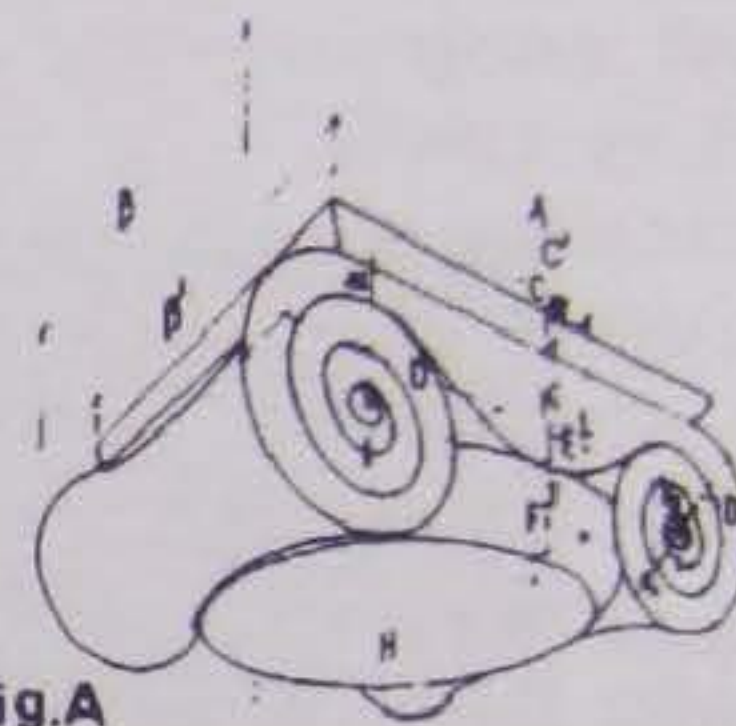
*Le problème.* - Les 82 pièces étudiées représentent l'essentiel des chapiteaux connus. Elles se différencient notablement et chaque spécialiste a construit sa typologie personnelle, fondée subjectivement sur tel ou tel critère. L'objectivité conduit à recenser toutes les variables possibles et à les considérer comme des indicateurs équivalents au départ. On recherche ensuite les affinités qui se dégagent de leur ensemble et l'on découvre enfin les indicateurs les plus représentatifs de cette typologie stylistique.

*L'information et sa transcription graphique.* - Les chapiteaux sont portés en x, les indicateurs en y. Chaque chapiteau est l'objet de 28 mesures de rapports ou de dimensions. Elles sont définies en (1) et (2, A) et sont

transcrites sur la matrice (3) en neuf paliers du blanc au noir. La plastique de détail fournit 50 indicateurs oui-non reportés en (2, B) et (3, B). Les renseignements manquants sont représentés par le signe (=), les douteux par (◀). La transcription graphique a utilisé le matériel "Domino" (6) qui permet toutes les manipulations.

*Le traitement et l'interprétation.* - Par manipulations successives, des affinités se dégagent qui conduisent à la fig. 4. Elle fait découvrir en y trois systèmes de relations entre indicateurs et en x trois grands types de chapiteaux.

Le système (4, A) montre une série d'indicateurs qui évoluent avec la chronologie (chr.). Le deuxième système (4, B) montre, au contraire, des indicateurs qui ne sont présents ou importants (k, l, m) qu'au milieu de l'ordre chronologique, ou inversement (o, p) aux extrémités. Enfin, les indicateurs C et D sont aléatoires par rapport à la chronologie. Ces observations sont schématisées dans la "matrice d'interprétation" (5). Le système A peut être caractérisé par le plan du chapiteau (b), de moins en moins rectangulaire avec le temps, et le fût de la colonne (c), de moins en moins étroit. La

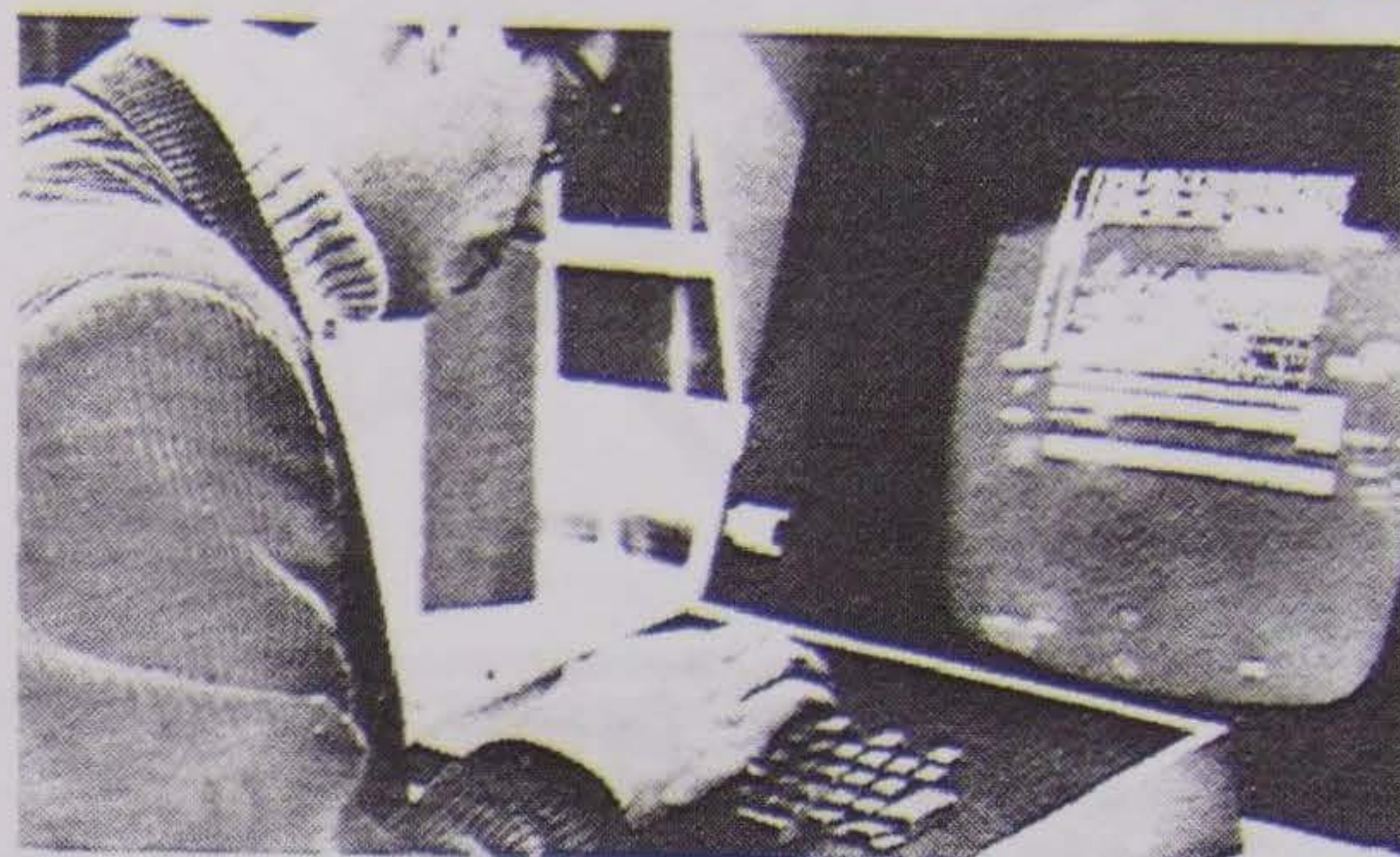
[illegible]



système B peut être caractérisé par l'ampleur de la volute (m), faible au départ, puis importante, pour redevenir faible à la fin de la période tandis que la dimension globale du chapiteau (p) suit une évolution inverse. Ces deux systèmes entraînent avec eux 85 % des indicateurs. Ils représentent donc correctement l'ensemble des caractères stylistiques du chapiteau ionique.

*La typologie.* - Ces résultats permettent de diviser les chapiteaux en trois grands types, chacun comportant trois sous-types. Leurs caractères essentiels apparaissent dans chaque colonne du schéma (5). On notera en (4) que l'ordre chronologique (chr.) n'est pas rigoureux. Certains chapiteaux se trouvent déplacés. L'explication est simple. Il est évident qu'à une date donnée, un sculpteur peut être inspiré par d'anciens modèles ou, au contraire, faire œuvre de novateur. En conséquence, l'ordre en x de la matrice 4 est celui qui se dégage du style et non celui des dates de fabrication.

Cette typologie peut être vérifiée. Il suffit de redisporder la matrice suivant la typologie proposée par tel ou tel auteur. Dans tous les cas, le nombre des critères qui suivent ces typologies subjectives ne dépasse pas 5 %.

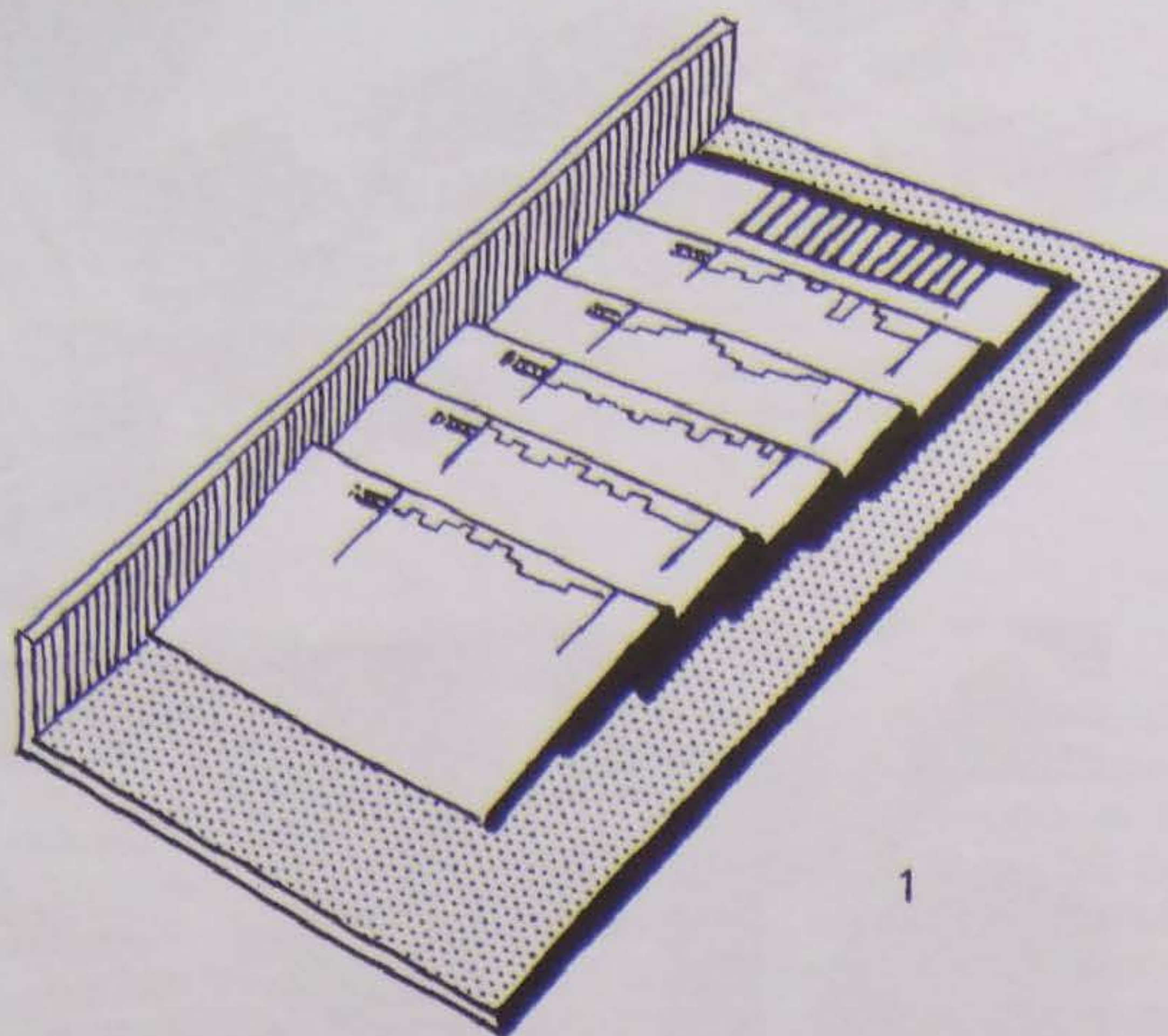


6

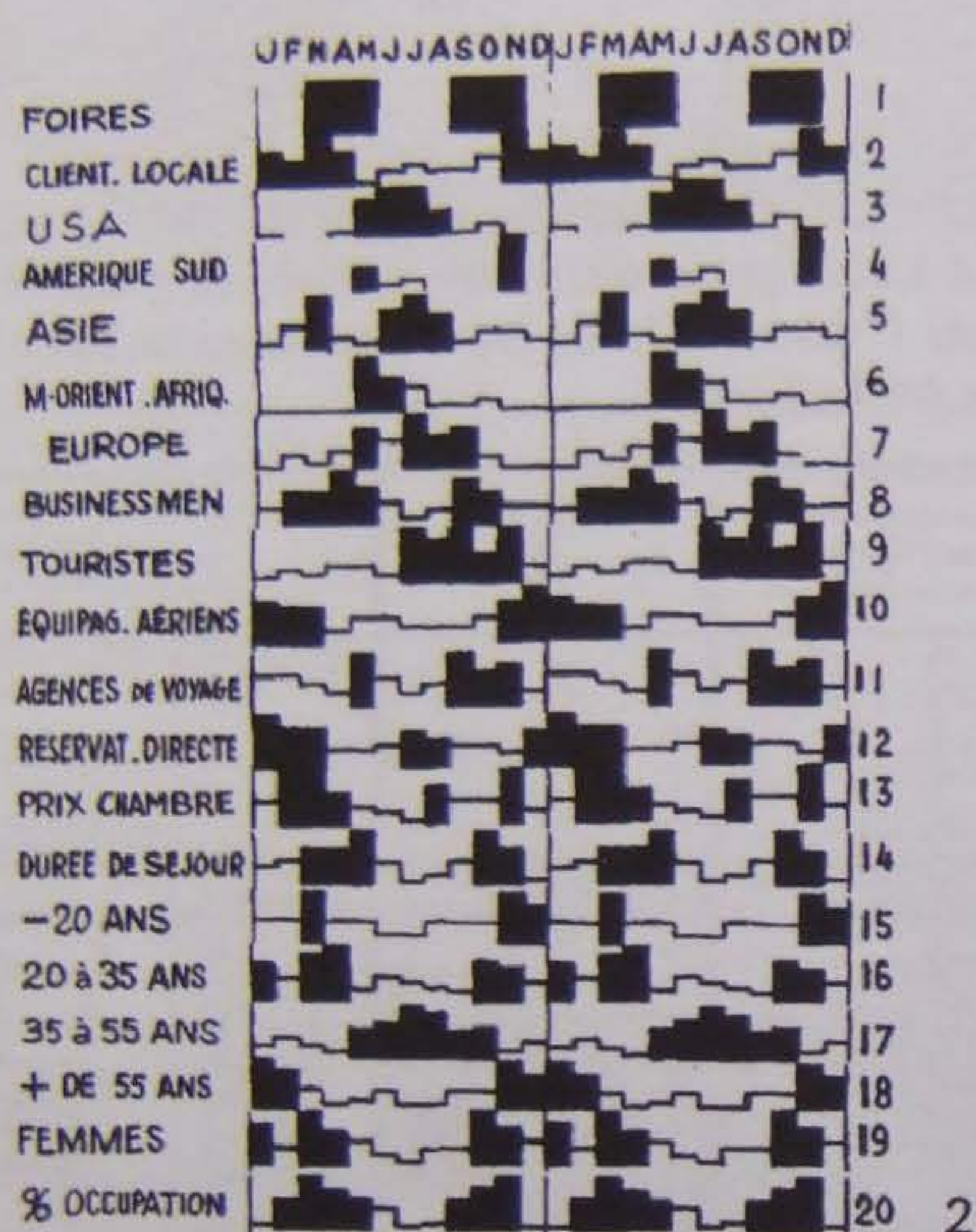
6 - En haut, permutation d'une colonne, sur le matériel manuel ("domino"). En bas, permutation par clavier, sur écran cathodique.

X								
1			2			3		
1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
<div>1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1</div>								

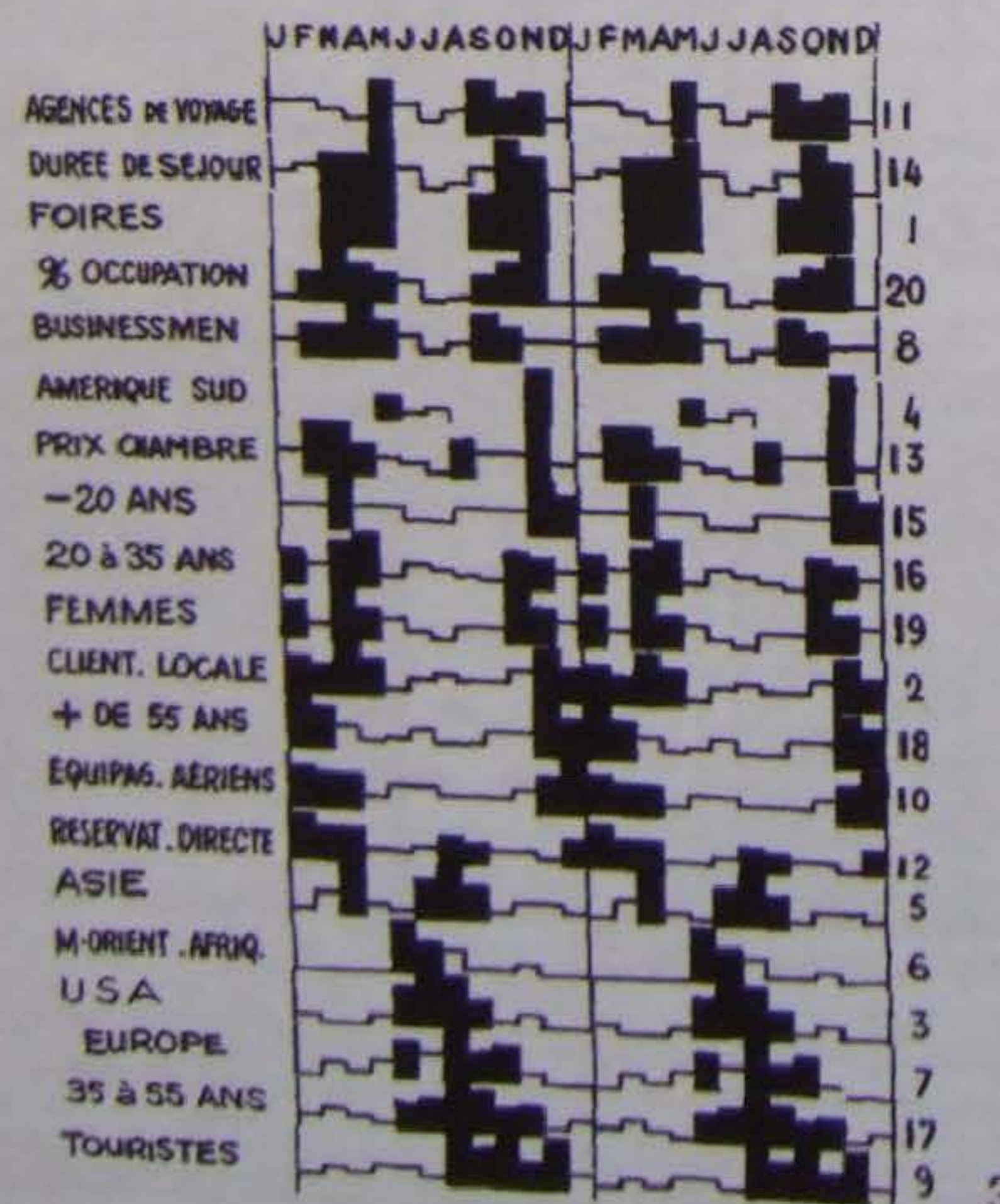




1



2



3

### 3 - LE FICHIER-IMAGE

Lorsque la composante installée en x est ordonnée, il n'est généralement pas utile de permuter les colonnes. De simples fiches de papier suffisent alors pour la construction graphique. Elles sont alignées le long d'une feuille repliée sur un bord (1) et sont permutable en y.

#### Un fichier 20 × 12.

La promotion-vente d'un grand hôtel conduit à étudier l'évolution mensuelle de divers indicateurs (2). Chacun est reporté sur une fiche séparée. Les nombres sont transcrits sous forme d'histogramme dont la colonne maximum a 1 cm de haut. Pour tous les nombres au-dessus de la moyenne annuelle, la colonne est remplie de noir. En x, on reporte deux fois les 12 mois, pour percevoir les cycles éventuels. Il ne suffit plus ensuite que de rapprocher les fiches semblables (3).

On découvre ainsi quatre types d'indicateurs: deux à rythme semestriel (en bas), deux à rythme trimestriel: les 5 premiers en haut, et leur inverse (n° 12 et 5). L'étude de l'incidence de chaque indicateur sur les périodes creuses (n° 14 et 20) permet de définir la nature des efforts nécessaires pour les combler: orientation de la publicité, types de services à développer durant ces périodes, allègement et nouvelle répartition des stocks, décalage de foires... Ce fichier-image a permis d'améliorer le chiffre d'affaires de 10 %.

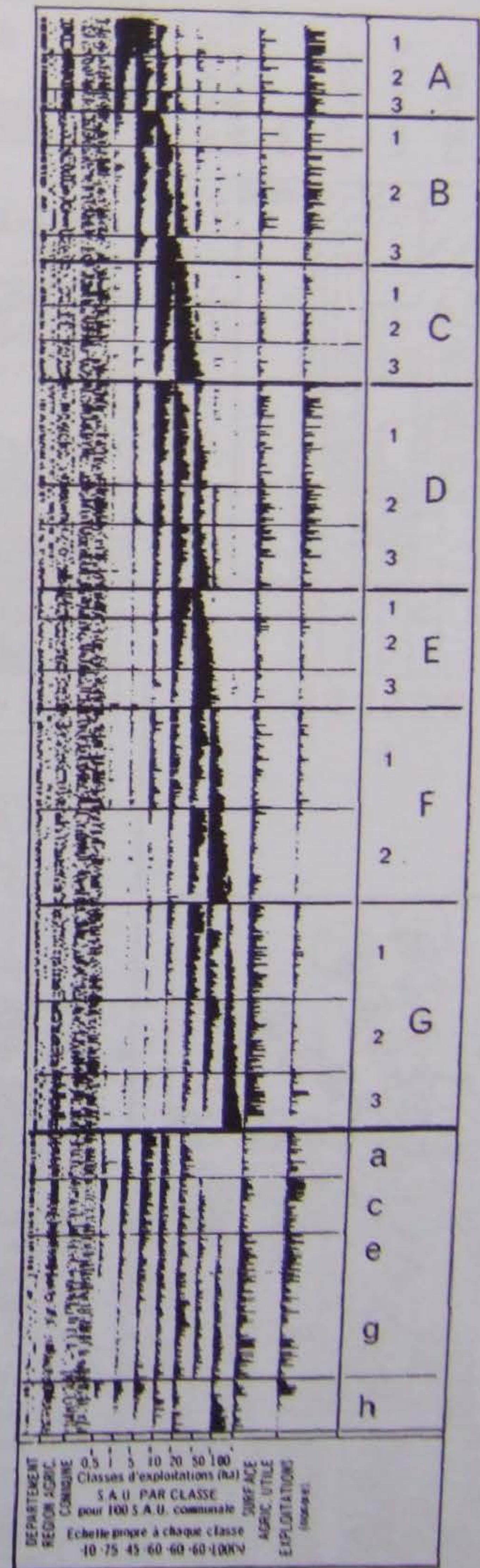
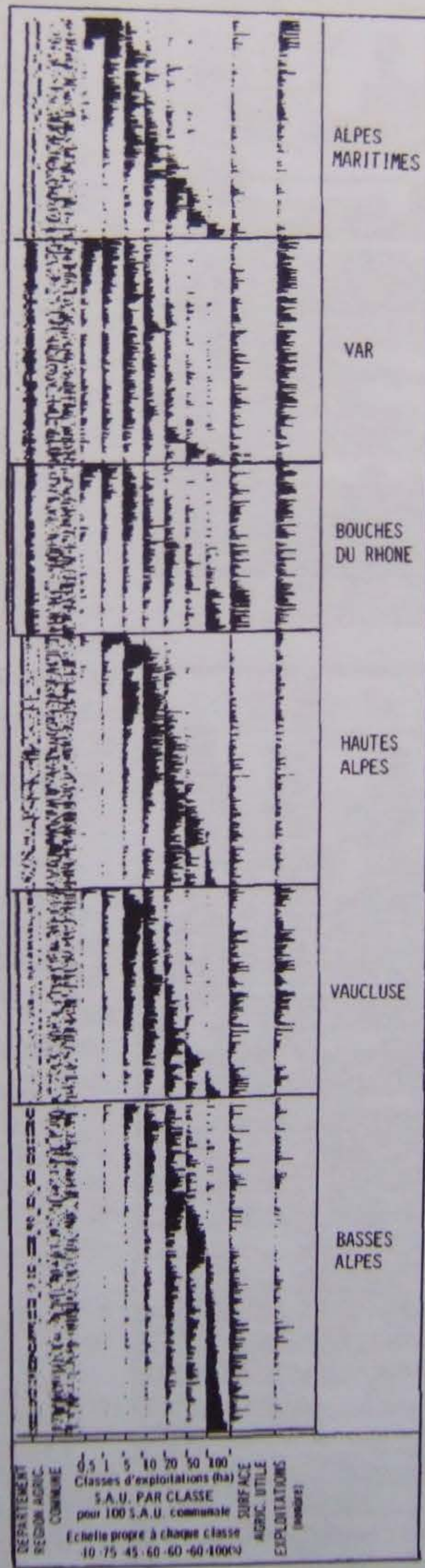
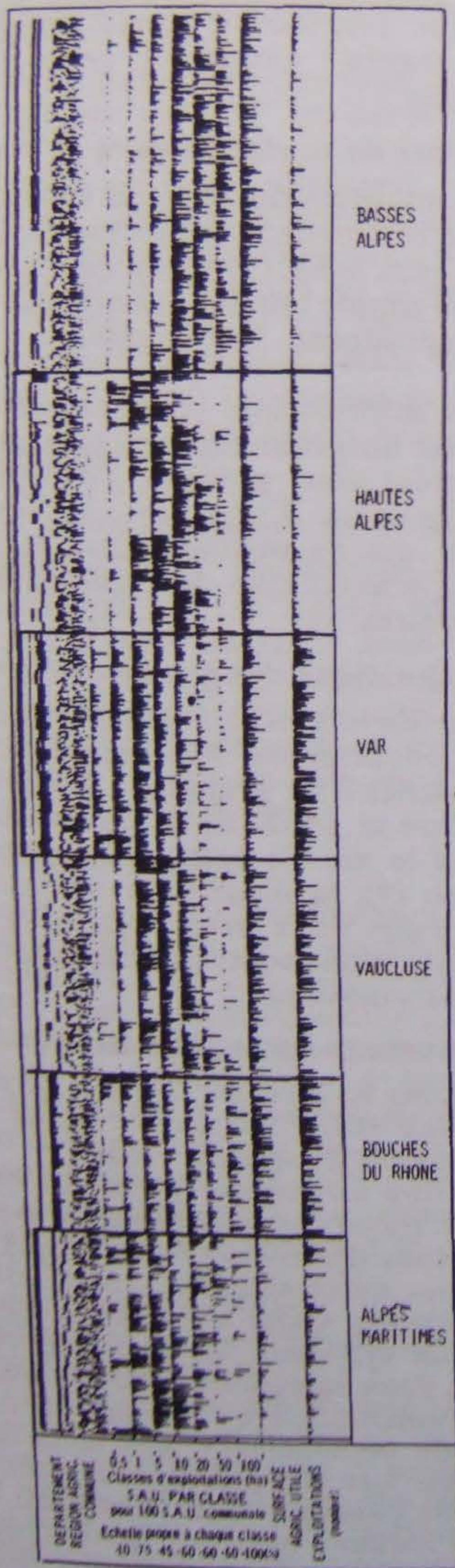
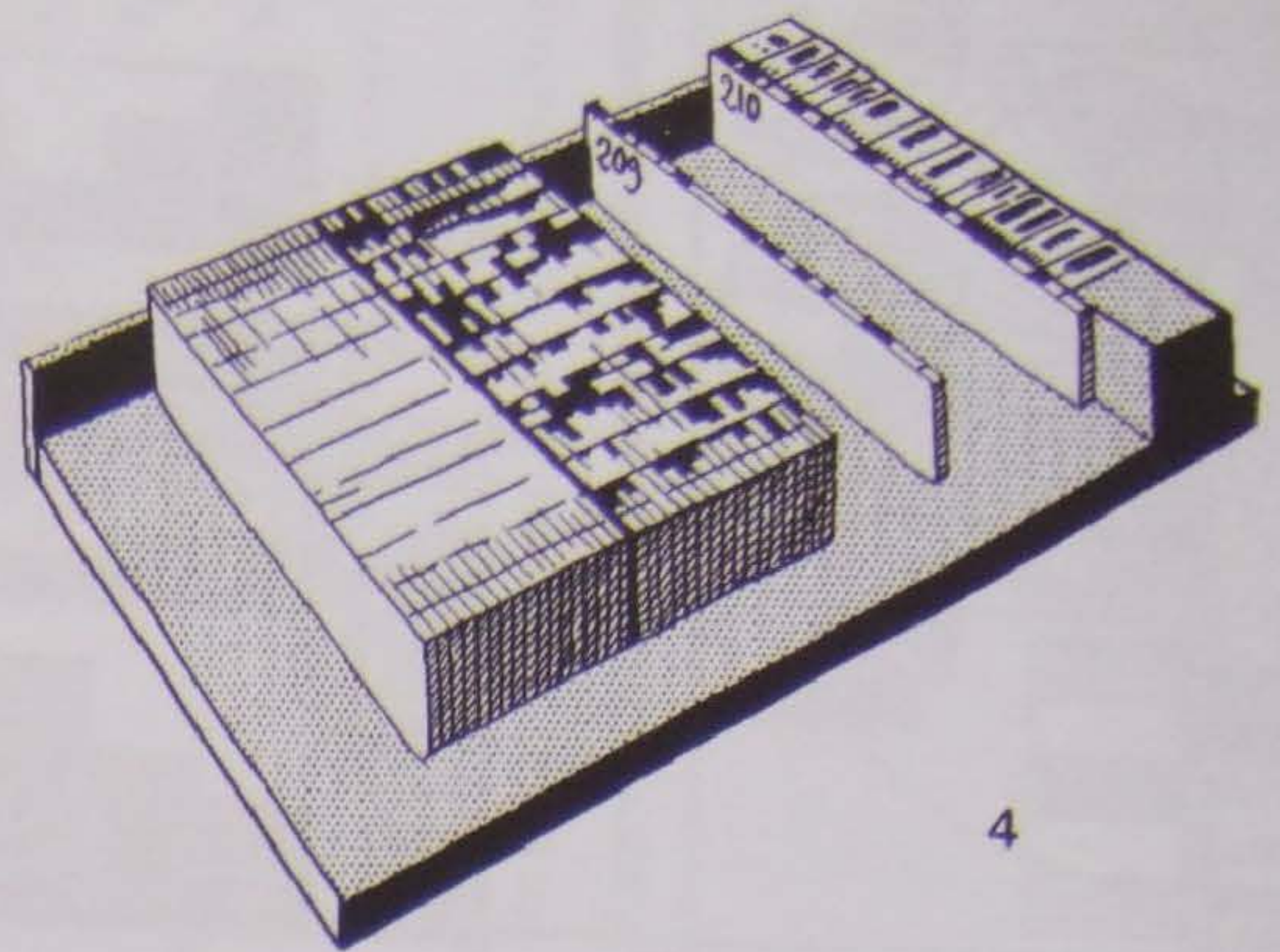
#### Un fichier 1000 × 9.

Dans le cadre de l'Atlas de Provence-Côte d'Azur, le Laboratoire de Géographie d'Aix-en-Provence a chargé M<sup>me</sup> G. PEUGNIEZ de rédiger la carte de l'une des grandes variables de l'économie rurale: la taille des exploitations. Le fichier-image est utilisé. En x, il transcrit 7 catégories de taille, ordonnées de la plus petite (0,5 à 1 ha) à la plus grande (plus de 100 ha). Une commune (ligne) est caractérisée par le pourcentage de surface agricole utile (SAU) dans chaque catégorie, c'est-à-dire par 7 indicateurs, auxquels s'ajoutent la SAU totale et le nombre d'exploitations. La suite des communes s'inscrit en y. Il s'agit de découvrir les types de communes qui résultent de cette analyse.

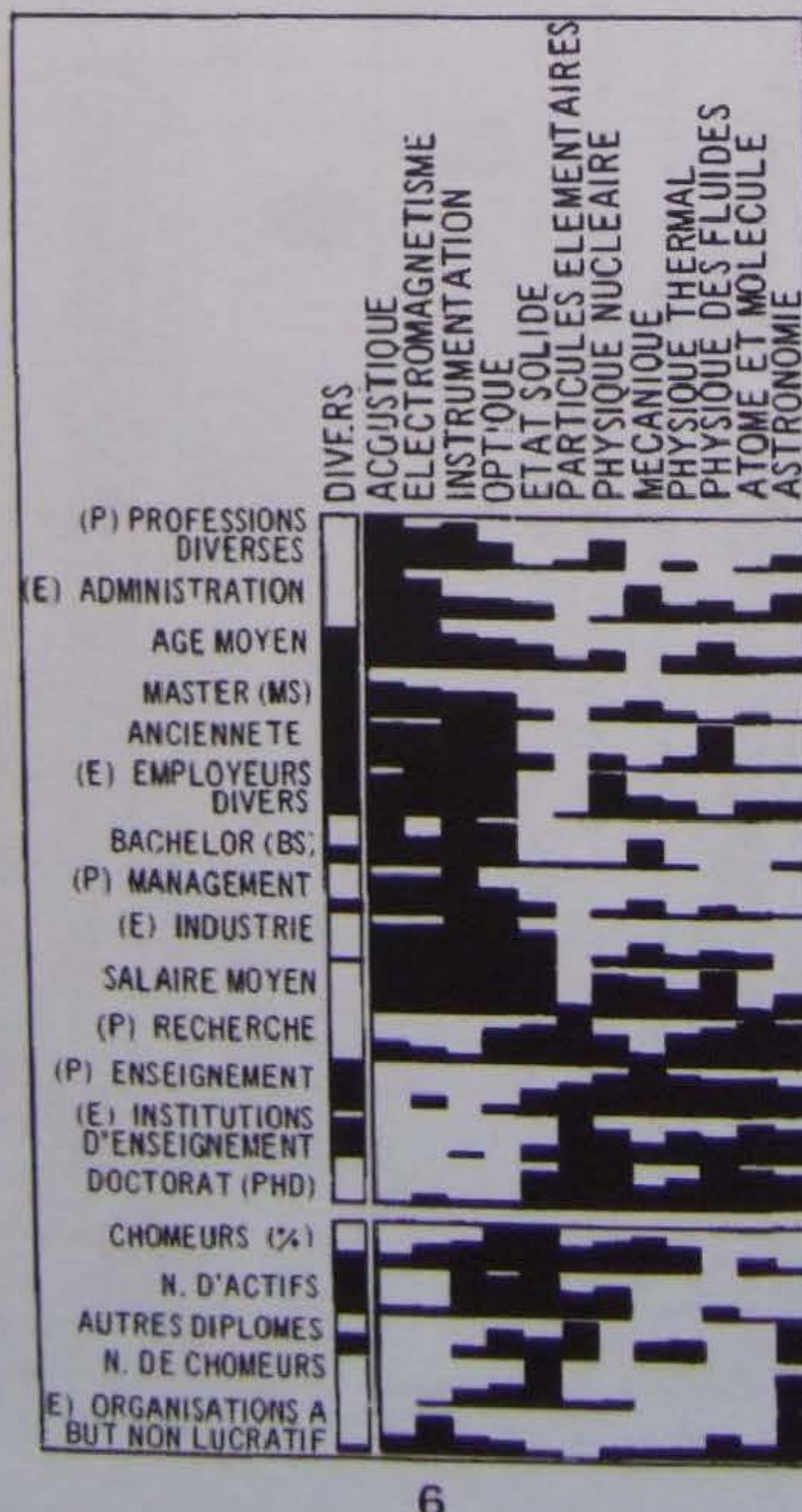
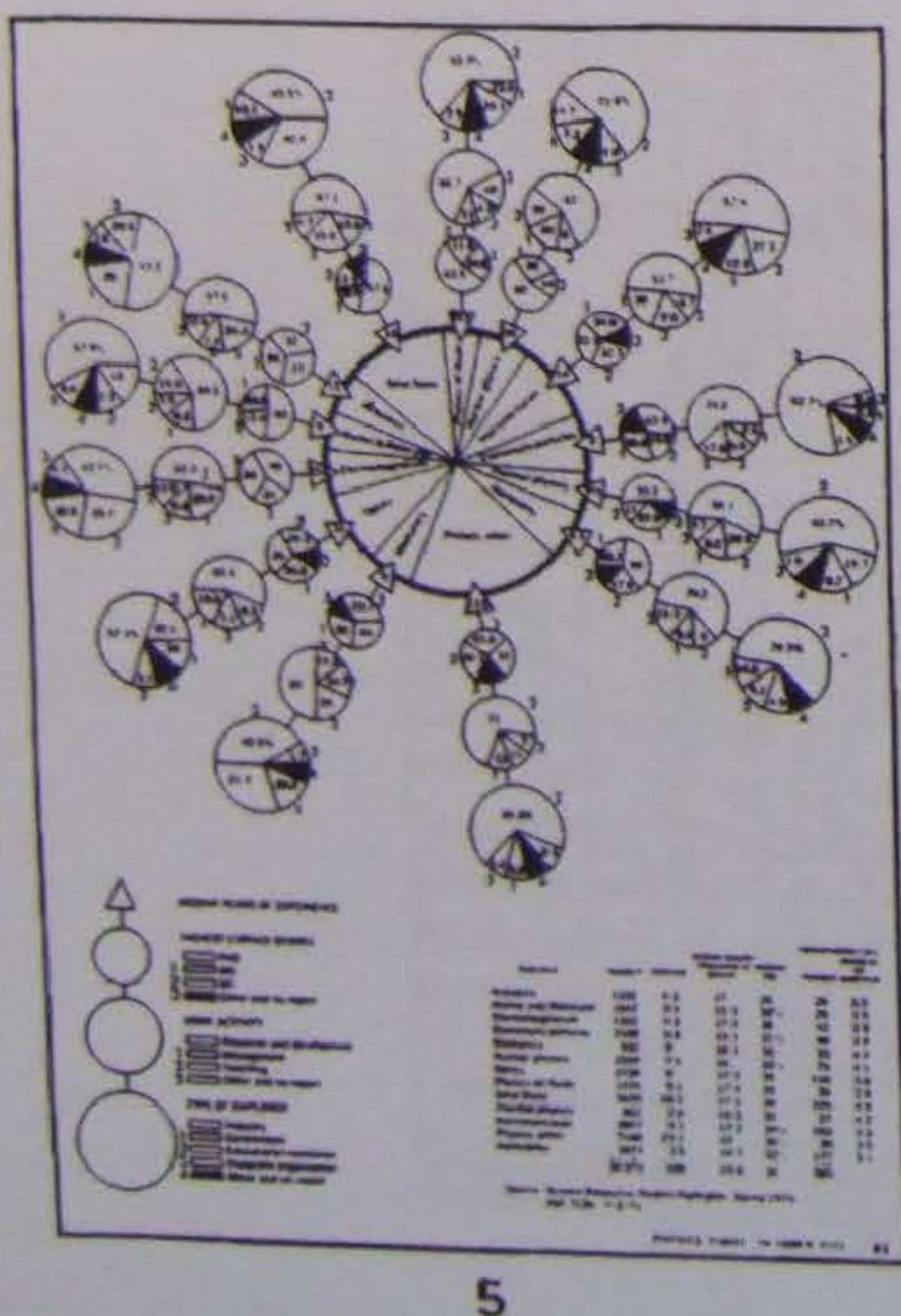
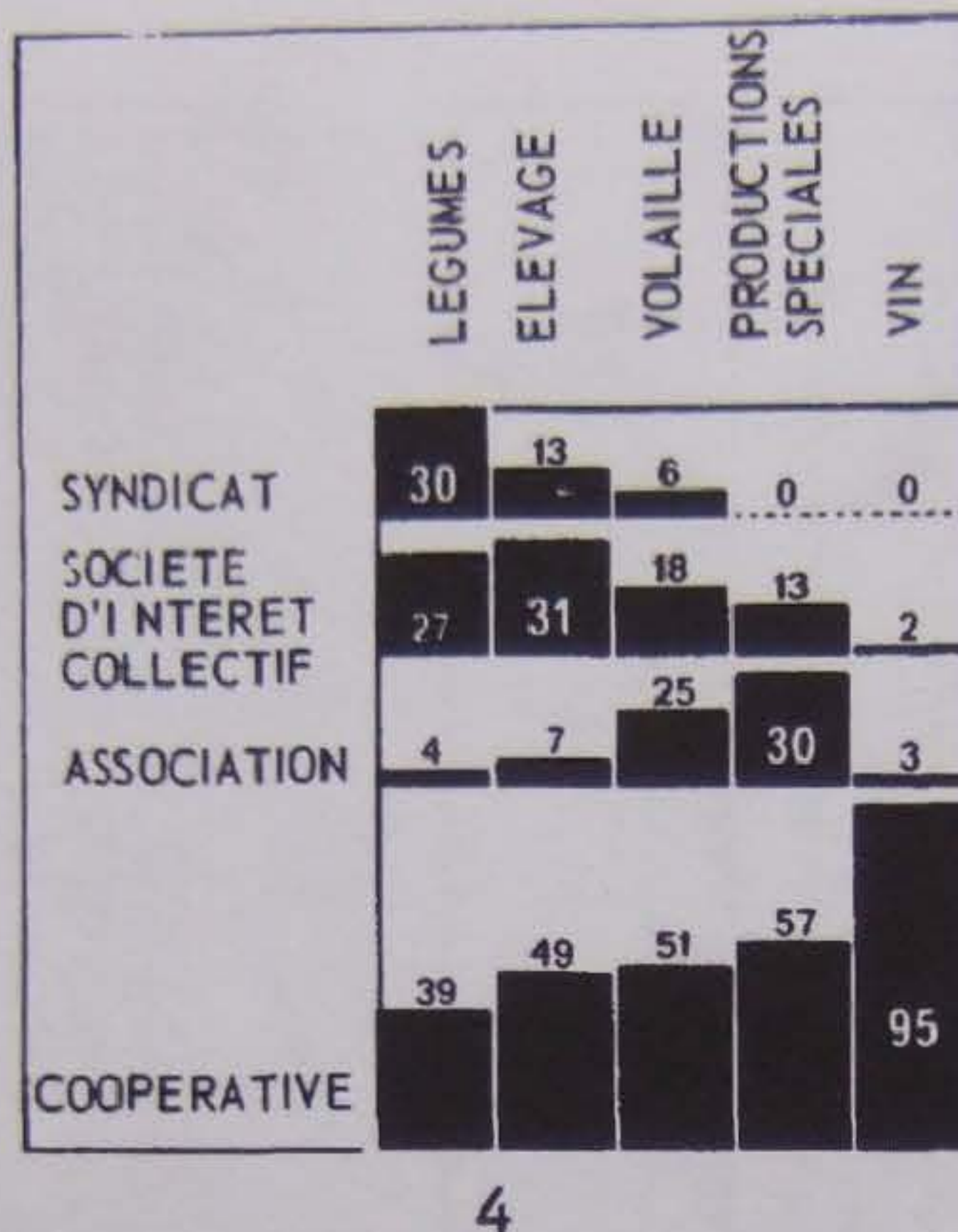
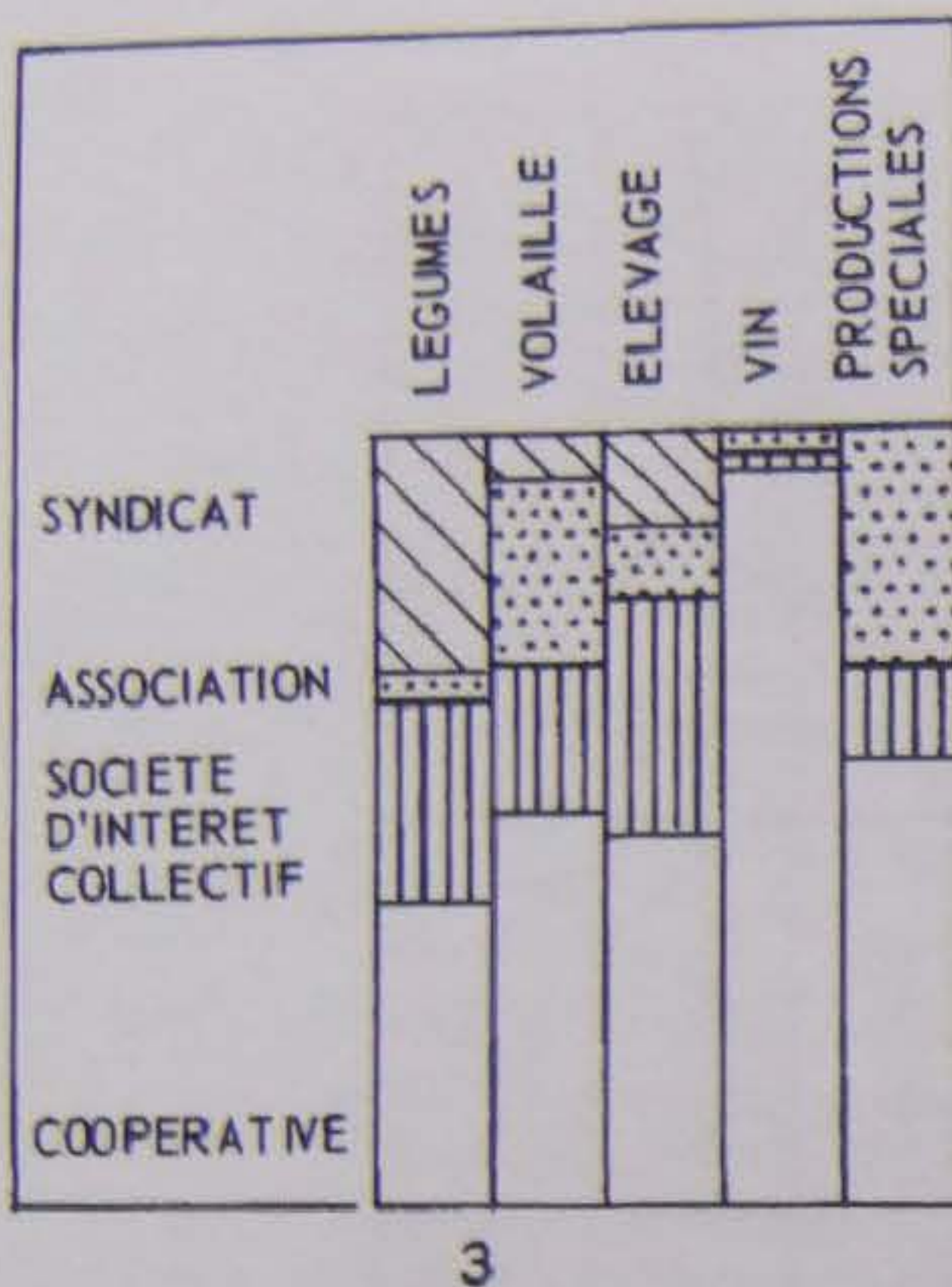
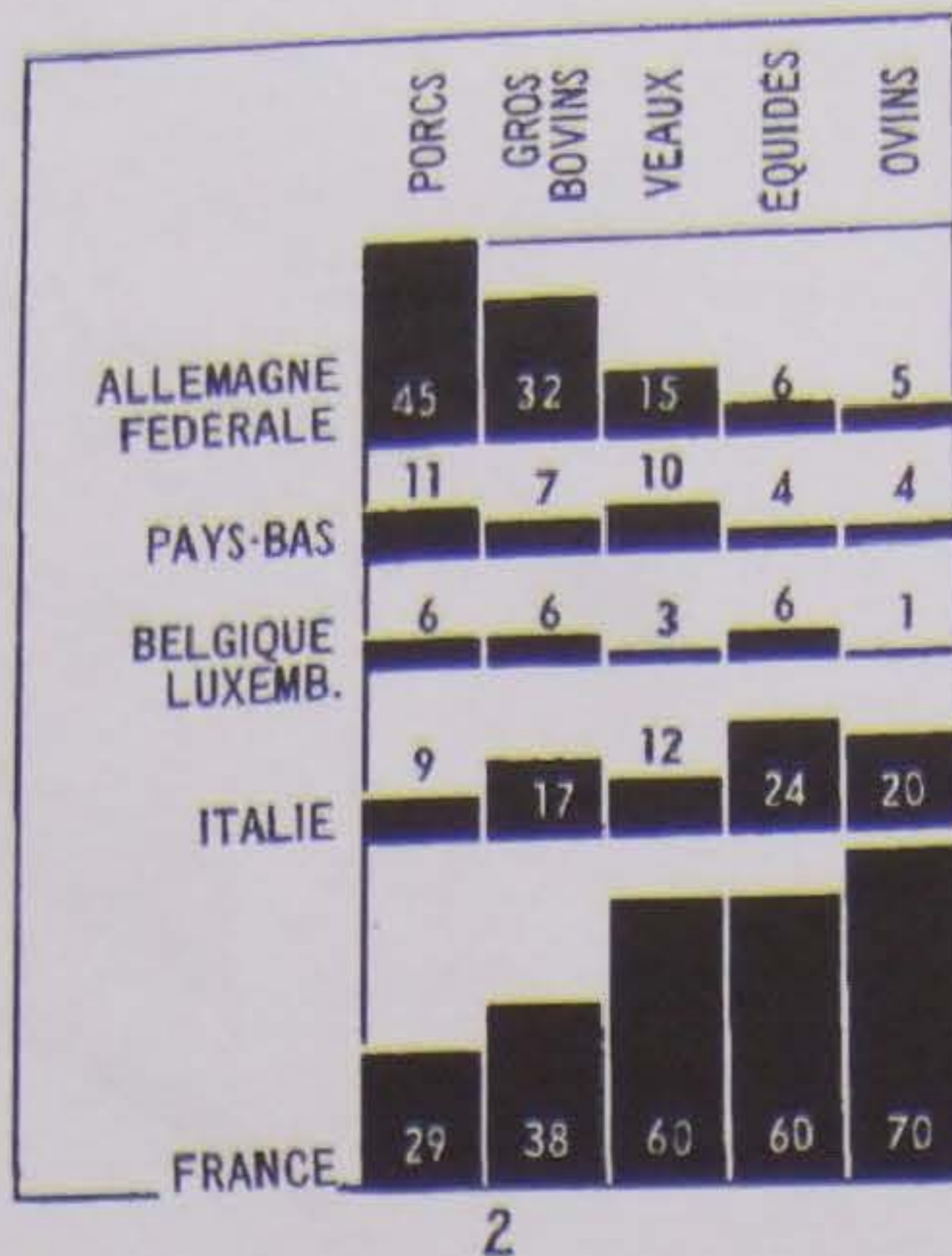
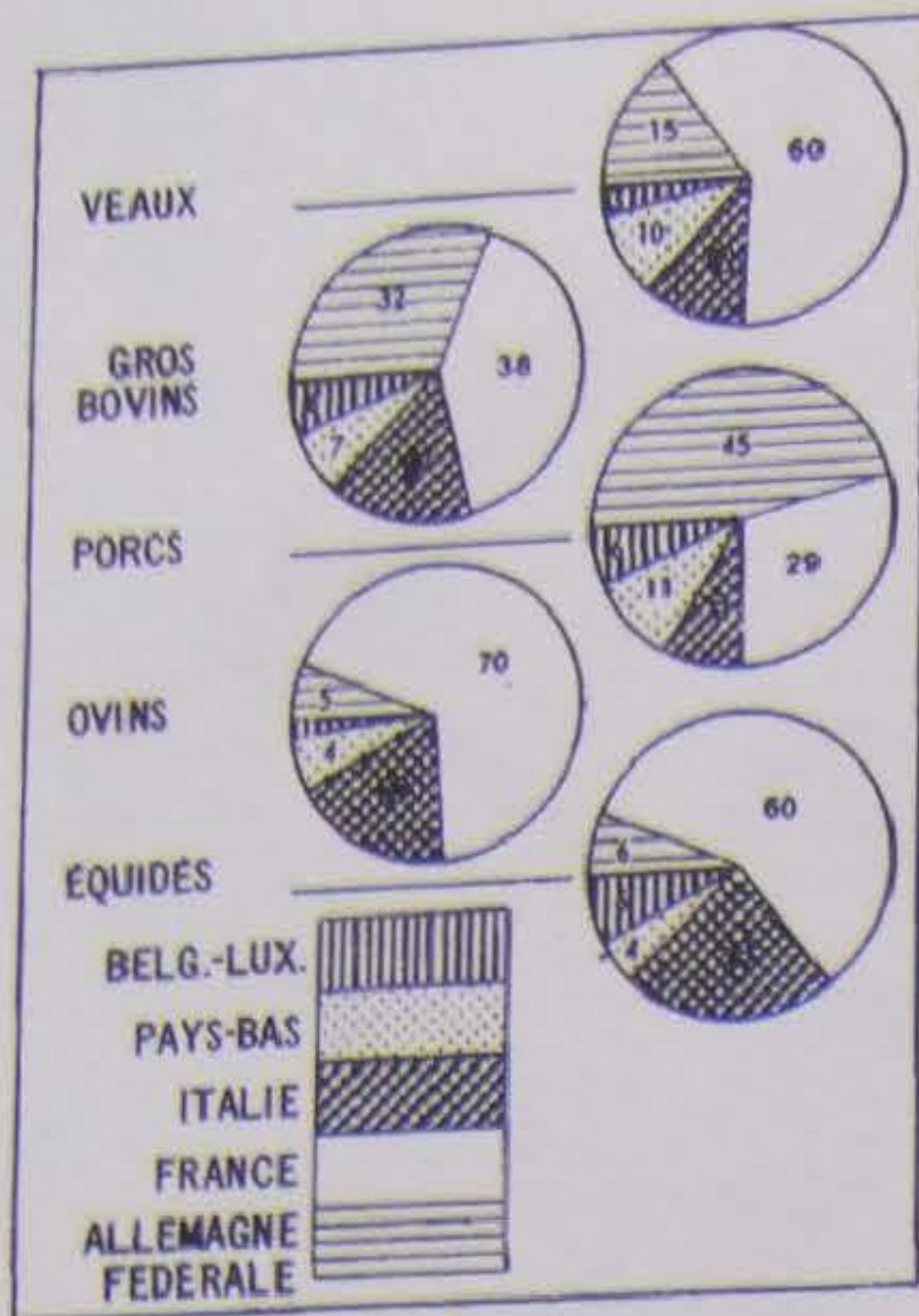
L'Atlas couvre 1 000 communes. Dès que le nombre de fiches dépasse quelques dizaines, il faut employer des fiches d'environ 1 mm d'épaisseur, et dessiner sur la tranche (4). Celle-ci est divisée: 3 mm pour les codes oui-non, 15 mm pour les quantités. Cette dimension est une constante. Il s'agit en effet de visualiser également le profil de chaque indicateur, quels que soient les nombres qui le décrivent. Les fiches se calent toutes de la même manière le long d'une règle et sont permutable.

La fig. (5) montre le fichier à son origine. En (6) il est classé par départements et, à l'intérieur de ceux-ci, par catégories. Les départements eux-mêmes sont ordonnés suivant leur tendance à la petite exploitation (Alpes-Maritimes) ou à la grande (Basses-Alpes). Le classement (7) définit des types de communes, indépendants des départements. Les grands types A, B, C... se divisent en sous-types. Le fichier, malgré la réduction photographique, en montre clairement les caractères. Ce sont ces types qui seront reportés sur la carte, et le fichier en sera la légende.









Des constructions graphiques aussi diverses qu'inutiles se rencontrent encore partout et jusque dans les manuels scolaires et les ouvrages consacrés à la représentation graphique. Elles n'ont qu'un résultat : cacher à l'utilisateur le contenu réel de l'information et desservir la graphique. Leurs auteurs se font bien des illusions. Les expériences montrent que les lecteurs ne les regardent même pas. Tout lecteur cherche à comprendre et à retenir. Or il mesure instantanément le temps qu'il lui faudrait "perdre" pour découvrir les relations que ces dessins ne montrent pas. En conséquence, il tourne la page et cherche dans le texte la réduction qu'il attend. Car toute communication est une réduction. Et que réduit-on ? Tout simplement la longueur des x et celle des y. Comment alors y parvenir si ces deux composantes sont disloquées par la représentation ? Que le lecteur soucieux de tester cette évidence cache avec une feuille les matrices et ne regarde que les figures impaires. Il y cherchera les réponses qu'une construction graphique doit fournir : quels sont les objets et les indicateurs traités ? Comment cette information les regroupe-t-elle ?

## (1) le problème de la viande dans le Marché Commun

Lorsque les ministres du Marché Commun étudient le problème de la viande, sont-ils bien avancés lorsqu'ils ont sous les yeux la fig. (1) ? Ils n'en tirent que quelques chiffres et un simple tableau eut été plus efficace. Comment se regroupent ou s'opposent les différentes nations ?

Cette même information, correctement construite (2), fait découvrir un problème proprement politique : les nations forment deux groupes, l'Allemagne, les Pays-Bas et le Bénélux d'une part, la France et l'Italie d'autre part, qui ne peuvent, dans le cadre de cette information, n'avoir que des politiques opposées, ou complémentaires.

## (3) la forme juridique des groupements de producteurs

Cette forme varie avec les produits. Certaines formes sont-elles concurrentes, spécifiques, lesquelles, dans quelles branches ? Le graphique (3) ne montre immédiatement que le poids de la coopérative, particulièrement pour le vin. Si cette information est toujours apparente en (4), la répartition des autres formes, la concurrence des deux premières, la ressemblance de diverses productions sont, pour les spécialistes, l'objet de réflexions multiples.

## (5) les orientations de la physique aux USA

C'est du moins le titre du dessin (5), paru en pleine page dans une revue spécialisée. Sans commentaire ! Sait-on d'ailleurs de quoi il s'agit ?

La construction matricielle (6) montre qu'il s'agit de la répartition à travers les différentes branches de la physique, des types d'activité (P), des types d'employeurs (E), de grades universitaires, âge et salaire moyen et enfin du chômage. Cette information sépare les indicateurs en deux systèmes. Le plus important divise les branches en deux catégories : acoustique, électromagnétique, instrumentation et optique sont l'apanage de l'industrie, du management, des hauts salaires et des hommes âgés. Les autres branches sont le lieu de la recherche, de l'enseignement, des hauts diplômes... et des salaires réduits ! Mais un autre système d'indicateurs, en bas, vient perturber cet ordre et montre que le chômage obéit à un tout autre partage.



## LA CONSTRUCTION MATRICIELLE

## (7) Propriétés et exploitations

Quinze types de personnes sont censés être définis et représentés par les secteurs de la figure (7). C'est un problème complexe que seule la double entrée matricielle peut élucider. Il s'agit de définir des types de propriétaires, des types d'exploitants, le nombre d'individus et la surface pour chaque type, sachant qu'un individu peut être propriétaire ou non, exploitant ou non, sous différentes formes, et que tous les doubles emplois peuvent exister.

L'information, pour un canton géographique donné, est à quatre composantes.

1° des personnes de différents types. Deux grandes catégories, les propriétaires (P) et les exploitants (E) fournissent 3 groupes : les propriétaires non-exploitants (P non E), les propriétaires-exploitants (PE), les exploitants non-propriétaires (E non P). Les locations sont de trois formes : fermage (f), métayage (m), les deux. Ceci définit 15 types.

2° les quantités de personnes par type (%); 3° les surfaces moyennes par type; 4° les surfaces totales par type.

Si l'on représente en  $x$  les différents types, proportionnellement aux quantités de personnes par type, et en  $y$  les surfaces moyennes, la surface  $S (x \times y)$  représente la surface totale et toutes les composantes sont représentées. Notons que ce qui figure dans le rectangle (P) représente la surface totale du canton. Ce qui est extérieur (3<sup>e</sup> ligne) représente la redistribution, à travers les exploitants, des terres non exploitées par leur propriétaire (1<sup>re</sup> ligne).

### (9) La main-d'œuvre étrangère en France

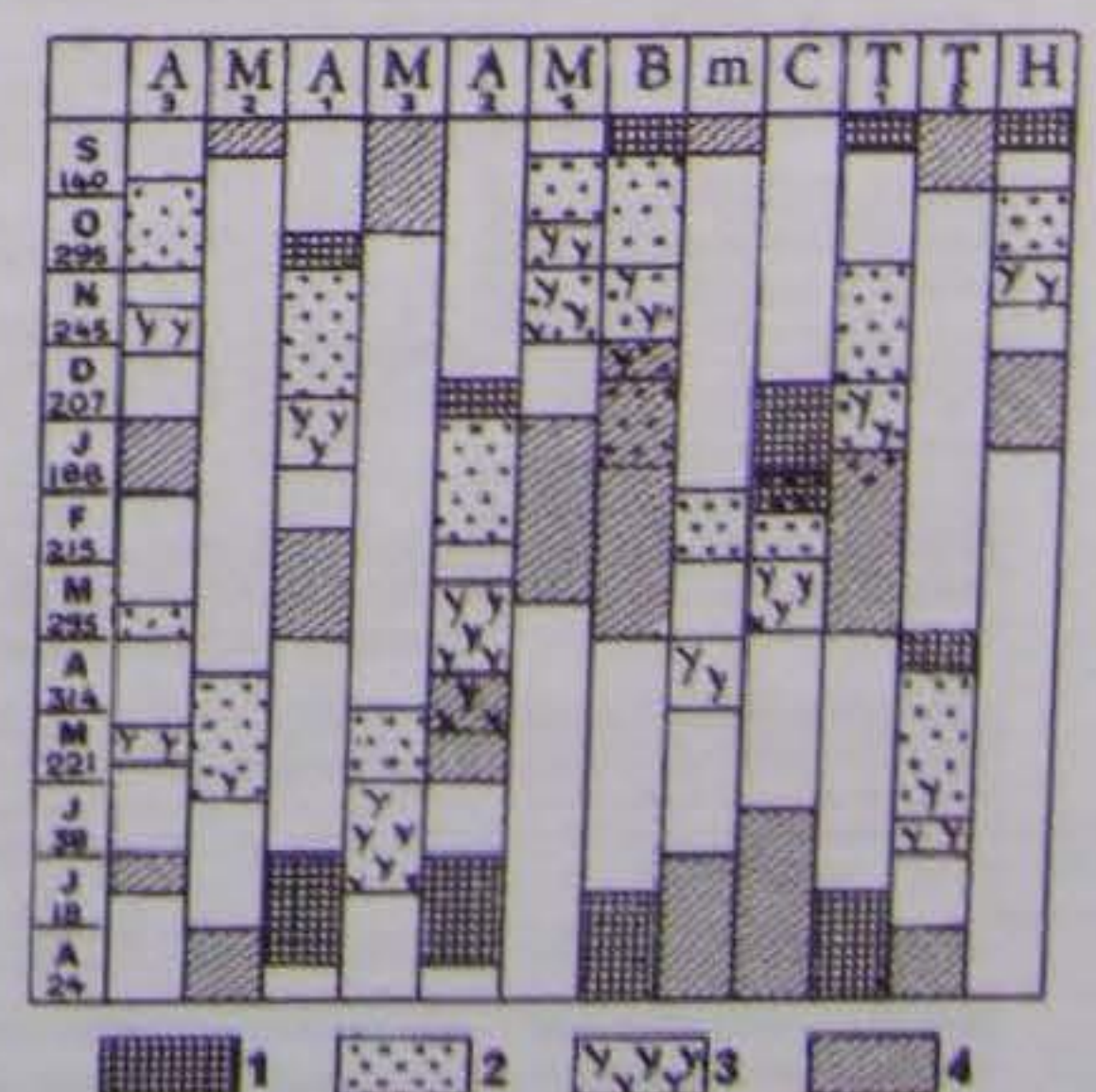
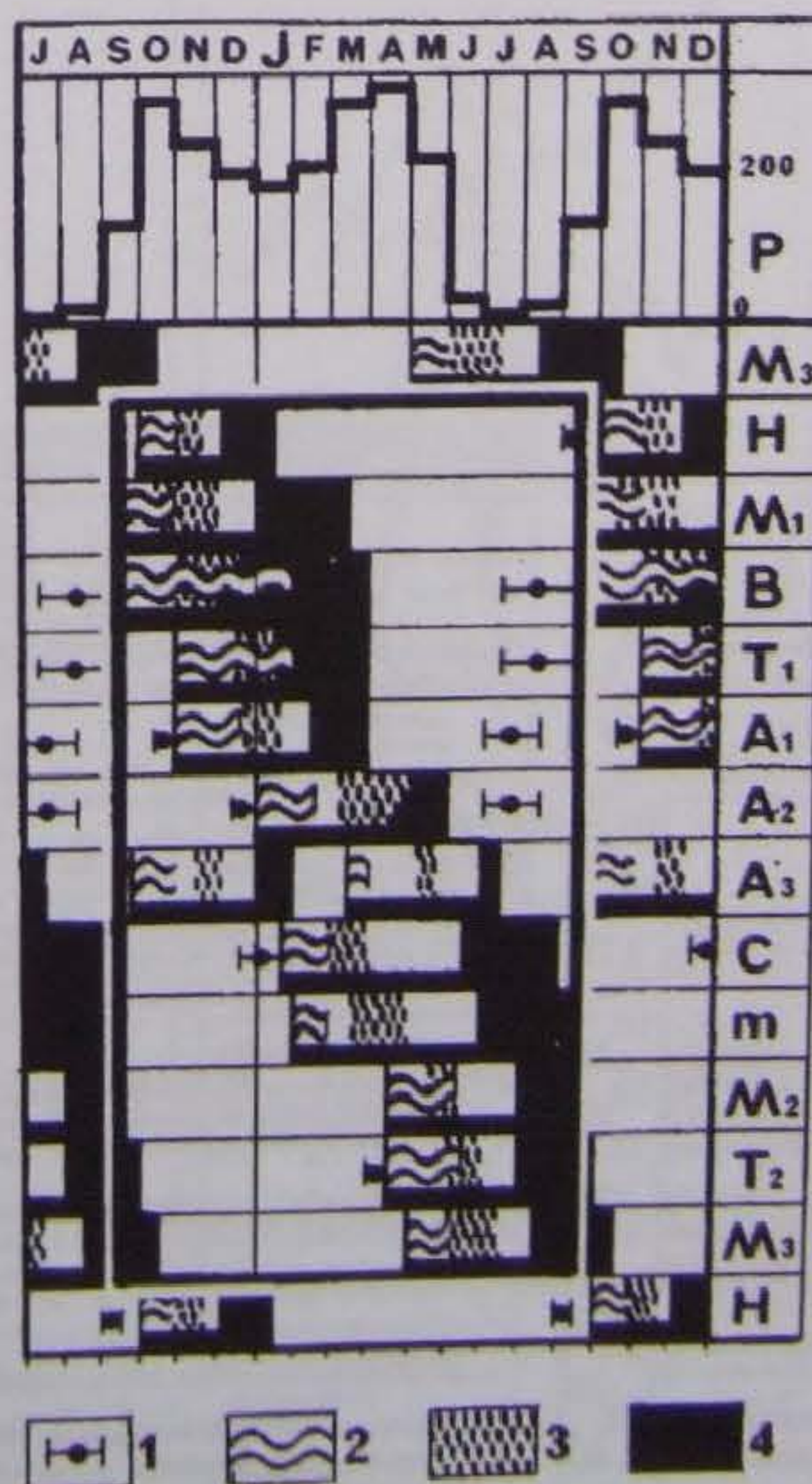
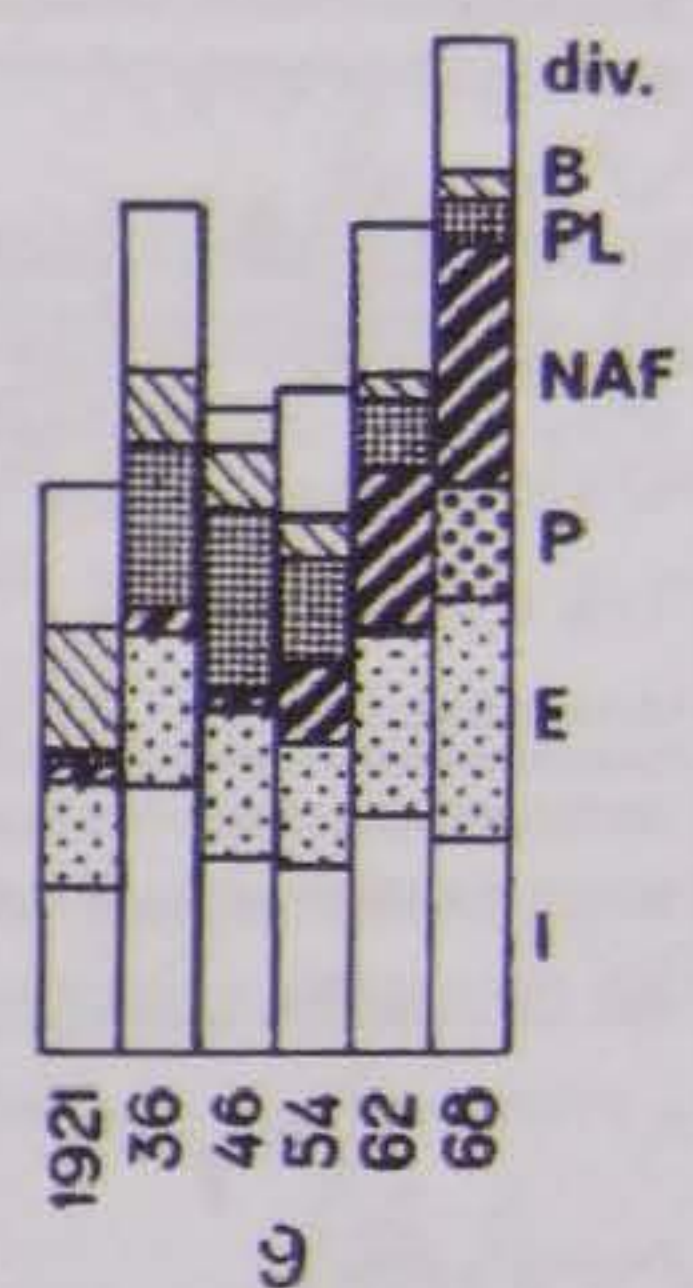
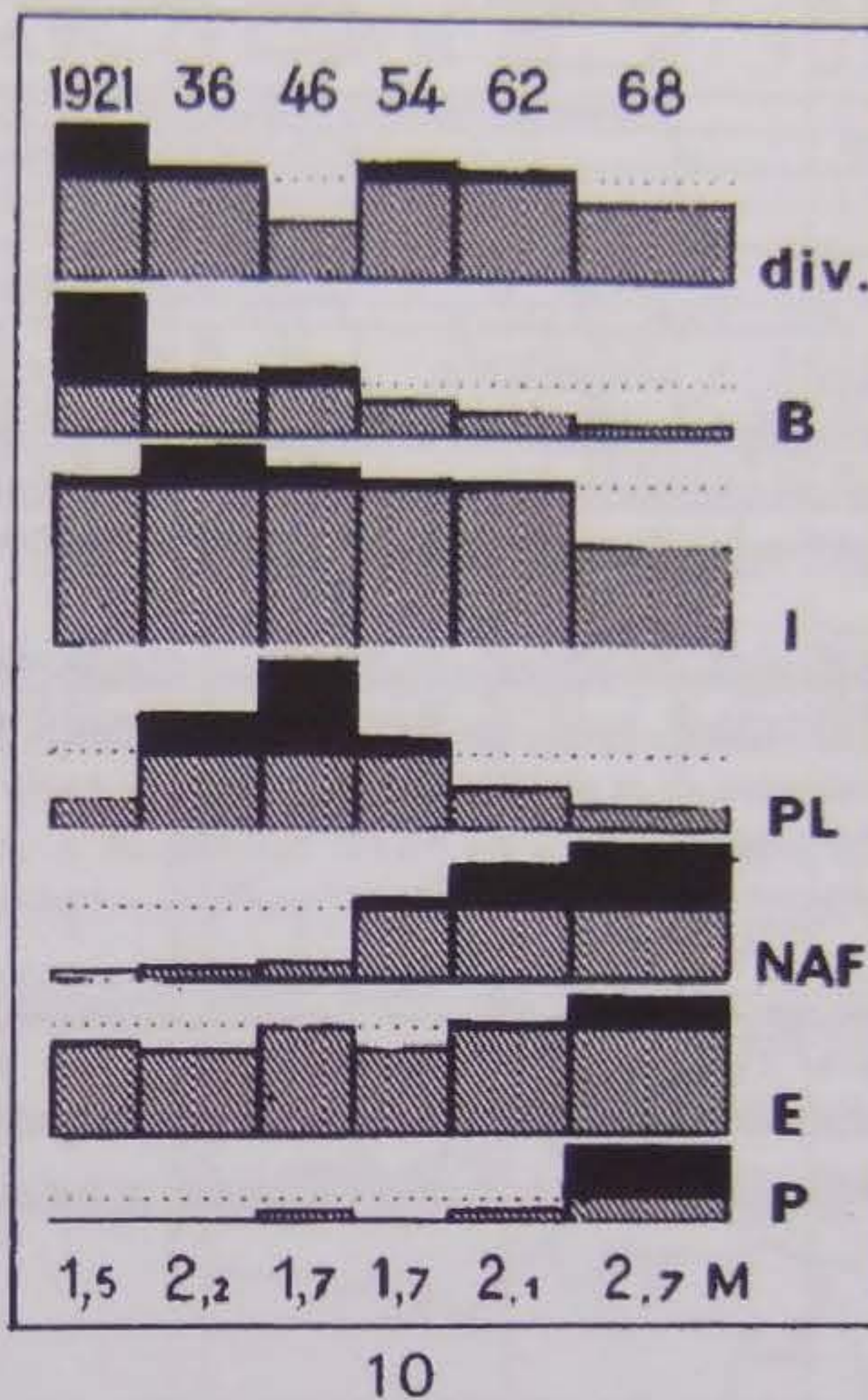
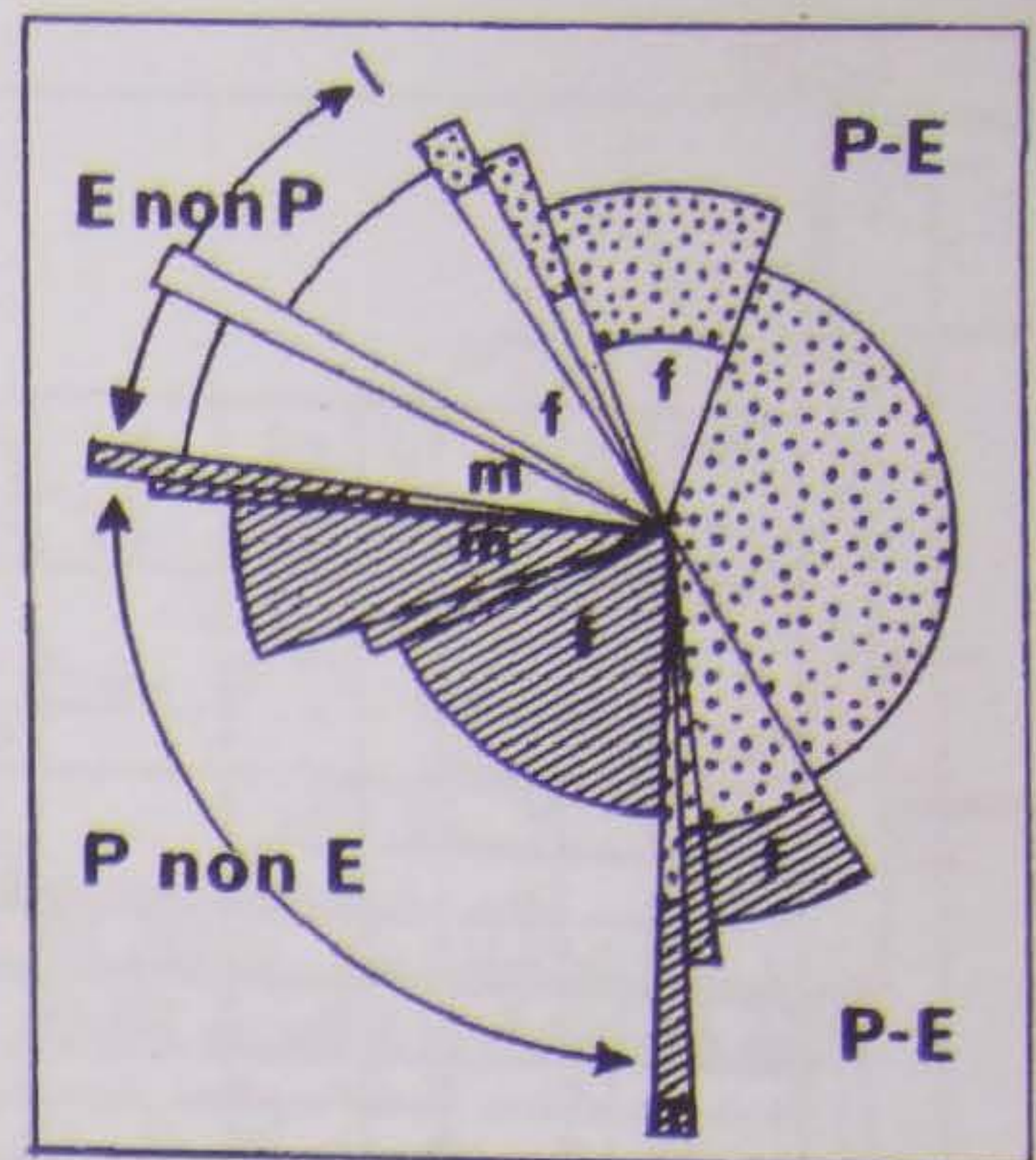
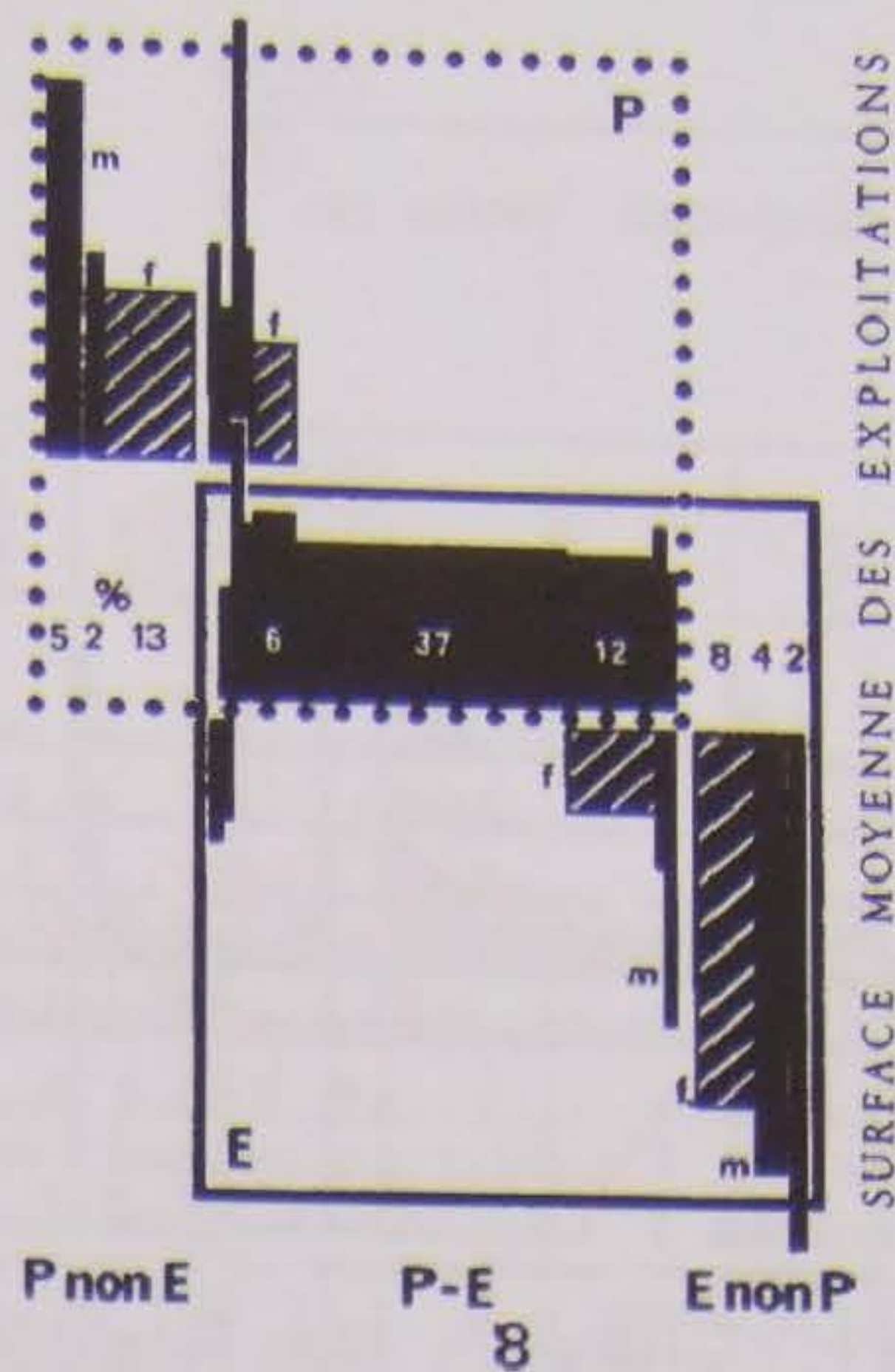
Belges (B), Polonais (PL), Nord-africains (NAF), Portugais (P), Espagnols (E), et Italiens (I) se sont succédé dans le temps pour fournir la main-d'œuvre étrangère. Peut-on, en (9), définir les grandes époques de cette succession, les nations qui les caractérisent, l'originalité de la situation moderne et la probabilité de la situation prochaine ? (En noir (10), les quantités supérieures à la moyenne 1921-1968.)

### (11) Les cycles de culture

C'est l'exemple type du fichier-image. Dans ce terroir africain, l'année agricole se partage entre diverses cultures : courges (C), haricots (H), manioc (m), différents maïs (M), tabacs (T), arachides (A). La courbe des précipitations (P) est ici fondamentale. Les divers travaux sont notés : 1<sup>er</sup> défrichement, 2<sup>e</sup> labours et semis, 3<sup>e</sup> sarclage, 4<sup>e</sup> récolte. Est-il nécessaire de souligner la différence entre les deux figures ? On remarquera en (12) : - que les diverses phases d'une culture sont regroupées ; une culture est un tout qui a un commencement : le défrichement, et une fin : la récolte. Cette unité est invisible en (11).

- que pour découvrir les cycles il faut représenter en x au moins 18 mois, et en y, répéter les cultures de début (H) et de fin (M3) de cycle.
- qu'en (11) " "

- qu'en (11), l'attention est mobilisée pour déchiffrer le dessin tandis que (12) fait regretter qu'on ne dispose pas d'informations complémentaires : surfaces cultivées, quantité de travail, dates des fêtes, des marchés, démographie, qui pourraient s'inscrire facilement et fournir une véritable reconstitution de la vie communale.









## 4 - LE FICHIER-MATRICE

La technique du fichier-image, p. 259, permet de pallier l'absence de matériel de permutation et de traiter des informations  $\neq \neq$ , normalement justiciables de la matrice ordonnable. Cette construction, dite "fichier-matrice", a les avantages de simplicité et de capacité du fichier-image. Mais l'impossibilité de permuter en x oblige à multiplier les classements. En conséquence, une trentaine d'indicateurs est un maximum.

### La colonisation mossi en pays Bwa (Haute Volta)

D'après M. BENOIT - Le fichier-image est appliqué à l'étude de l'espace agraire. En x, 350 parcelles de terre ; en y, 27 indicateurs (1). Mis en œuvre sur les lieux mêmes de l'enquête, ce fichier a permis de nombreux classements dont voici quatre exemples.

(2) - Classement en 1<sup>er</sup> ordre par culture (ligne 13), en 2<sup>e</sup> ordre par surface (ligne 1), puis classement des cultures en fonction de la distance moyenne de l'habitation (ligne 4). Ce classement permet de caractériser les cultures.

(3) - Le classement de 1<sup>er</sup> ordre sépare les parcelles communes des parcelles personnelles (ligne 9), puis les parcelles personnelles par sexe (ligne 14). Classement de 2<sup>e</sup> ordre par culture (ligne 13). 3<sup>e</sup> ordre par surface (ligne 1). On caractérise ici les parcelles personnelles, ce qui affine les caractères du précédent classement.

(4) - En 1<sup>er</sup> ordre, séparation des parcelles personnelles de femme (ligne 14). En 2<sup>e</sup> ordre, ancienneté de la culture (ligne 6). En 3<sup>e</sup> ordre, type de sol (ligne 26). On peut définir ici une première typologie des parcelles, compte tenu de nombreux indicateurs.

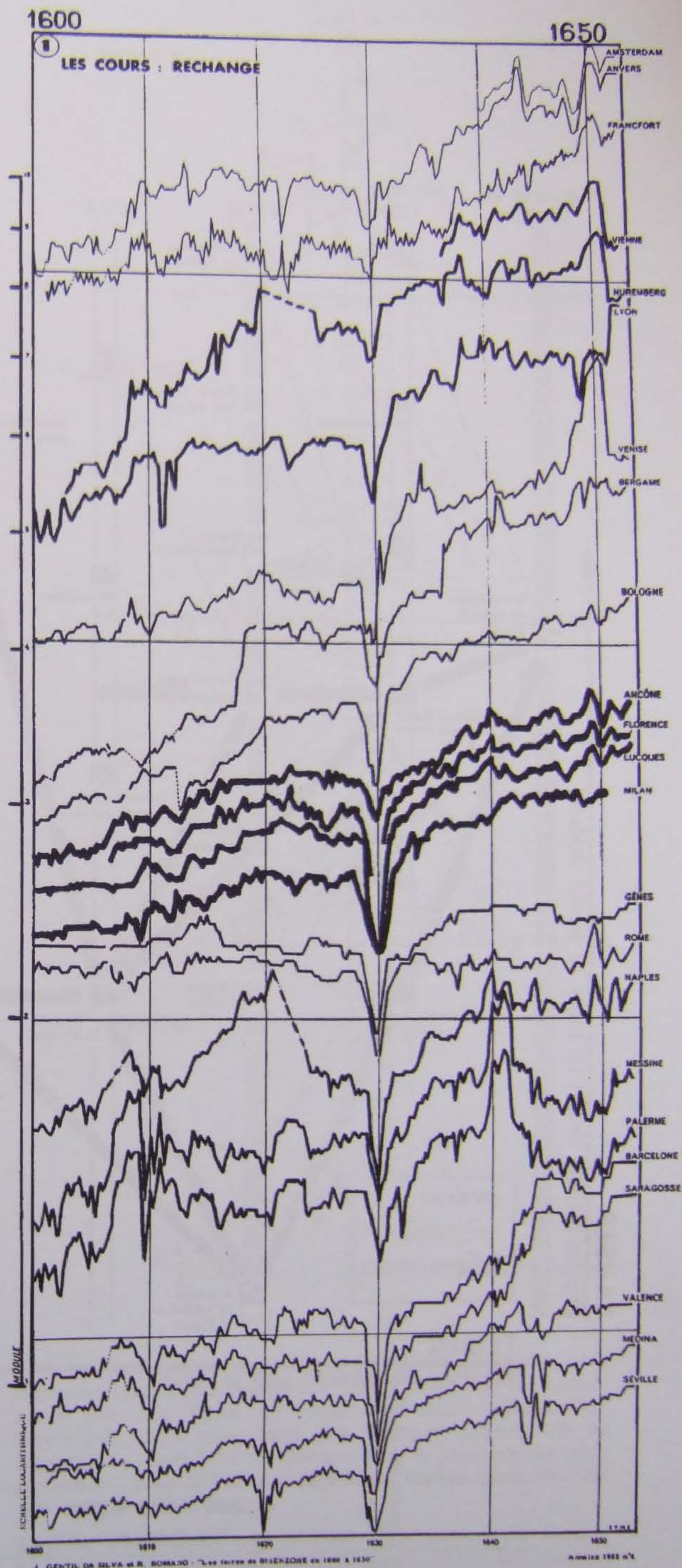
(5) - En 1<sup>er</sup> ordre, regroupement des parcelles d'une même exploitation (lignes 16, 17, 19, 20). 2<sup>e</sup> ordre, ancienneté du titulaire, dans le village (ligne 8). 3<sup>e</sup> ordre, surface de l'exploitation (ligne 5). 4<sup>e</sup> ordre, surface de la parcelle (ligne 1). On découvre ici la grande homogénéité des exploitations, ce qui caractérise le système de colonisation.

## 5 - L'ÉVENTAIL DE COURBES

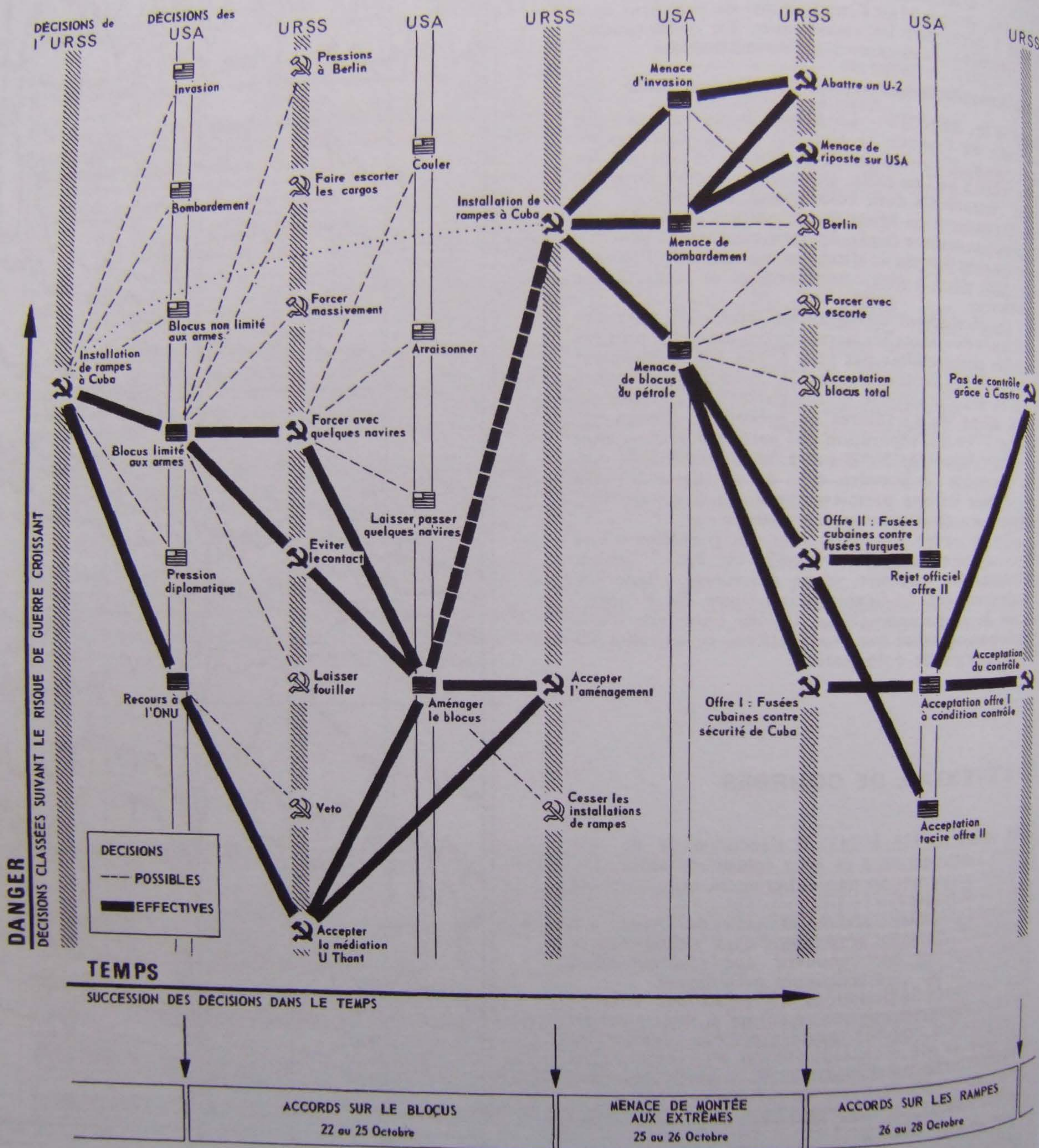
Il est traité p. 239 à 243. Il s'accommode de très grandes longueurs en x et en y (plusieurs centaines). C'est une construction particulièrement utile dans les études historiques.

L'exemple ci-contre traite de 20 "cours de change", à travers 200 dates. Le classement en y est de nature géographique et fait découvrir une régionalisation financière et ses caractéristiques périodiques.

Pour certaines informations, l'éventail des courbes peut être manipulé non seulement en y, mais aussi en x. Lorsque les courbes représentent par exemple les étapes de la vie d'un individu ou d'un objet, elles peuvent être alignées sur diverses origines, indépendantes du premier système de référence.









## 6 - LE TABLEAU ORDONNÉ

Un tableau ordonné montre comment des éléments divers se disposent par rapport à deux ordres faciles à concevoir.

Un tableau peut n'être qu'à 2 ou 3 composantes (corrélations rectangulaires, triangulaires, et p. 251, 252). Voici maintenant un exemple à 5 composantes.

### La crise cubaine

D'après A. JOXE "La crise cubaine de 1962, Éléments principaux de décision, au cours de la crise «chaude»". EPHE. Groupe d'études mathématiques des problèmes politiques et stratégiques. Document 3 E, Février 1963.

L'information s'analyse comme une suite de décisions ≠, possibles ou effectives, ≠ américaines ou russes, ≠ de différentes natures, O dans le temps, O dans le risque de guerre.

Les deux composantes ordonnées sont universelles, faciles à concevoir, et construiront par conséquent un tableau efficace. Reste à diversifier les décisions suivant trois composantes :

≠ 2 possible - effective est transcrit par la valeur : clair - foncé.

≠ 2 américain - russe alternent en x. Pour les sélectionner plus facilement, on combine en redondance une différence de valeur des bandes verticales, deux différences de forme : les drapeaux, les titres.

≠ natures de décisions est confiée à l'écriture et lisible seulement au niveau élémentaire.

Les éléments de cette crise sont évidemment plus nombreux et complexes (il suffit d'imaginer les problèmes stratégiques et logistiques posés par chaque éventualité), mais c'est l'objet de la "communication" et des langages que de ne pas considérer cette complexité comme irréductible, et de tenter d'exposer un choix d'éléments tels que l'on puisse s'informer des principaux traits de la crise.

Mis en image, ce choix a l'avantage d'ouvrir mieux que tout rapport écrit, la discussion point par point et toute objection, tout choix différent implique immédiatement une chaîne visible de conséquences.

## 7 - COLLECTION DE TABLEAUX ORDONNÉS

Une collection de tableaux comparables (c'est-à-dire dont le plan de référence est semblable) permet de réduire, par classement et groupements, la composante formée par la série des tableaux.

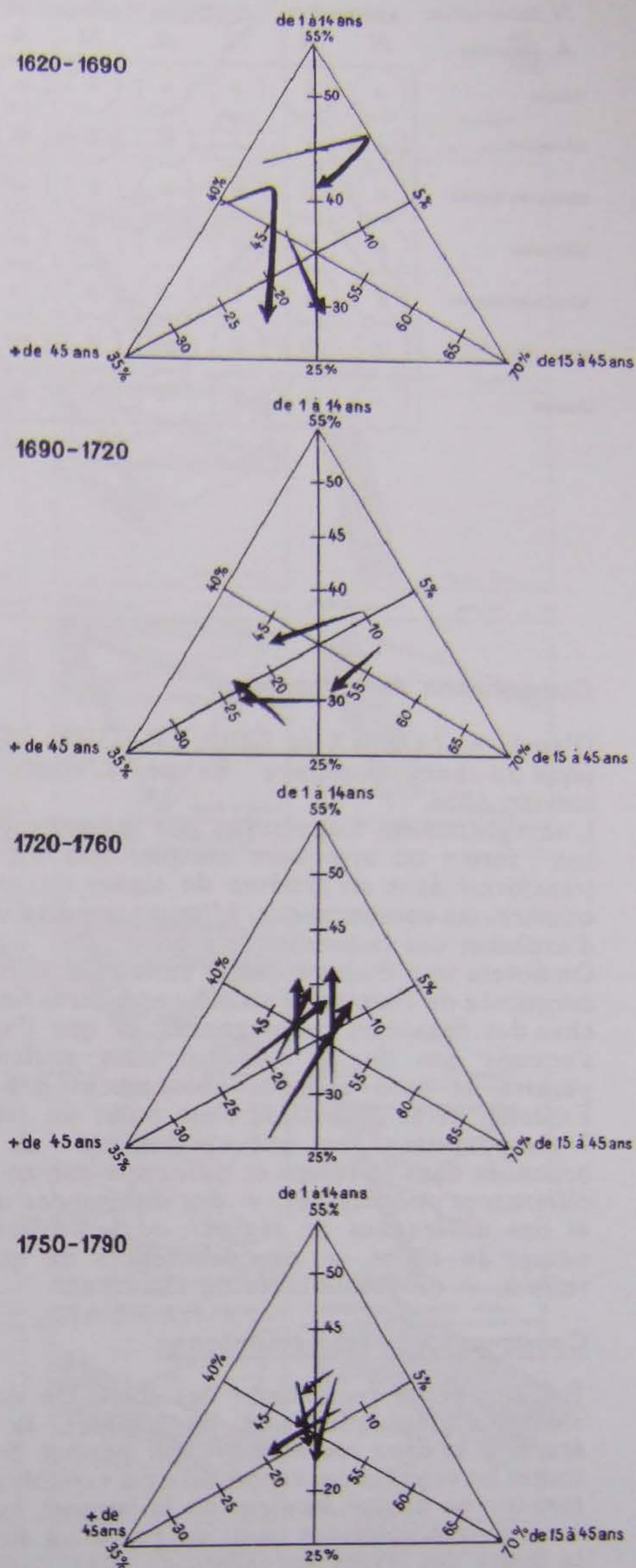
Lorsque cette composante est ordonnée (ci-contre), on définit des "périodes". Lorsque cette composante est ordonnée, on définit des "types" (p. 266).

### Les périodes démographiques

D'après R. BAEHREL "La Basse Provence rurale". S.E.V.P.E.N. Paris 1960.

L'information fournit 4 composantes : Q. de population suivant ≠ 3 catégories d'âges (jeunes, adultes, vieux), ≠ villages, O du temps.

≠ 3 autorise la construction triangulaire car le total des trois catégories est significatif. Deux solutions sont possibles :



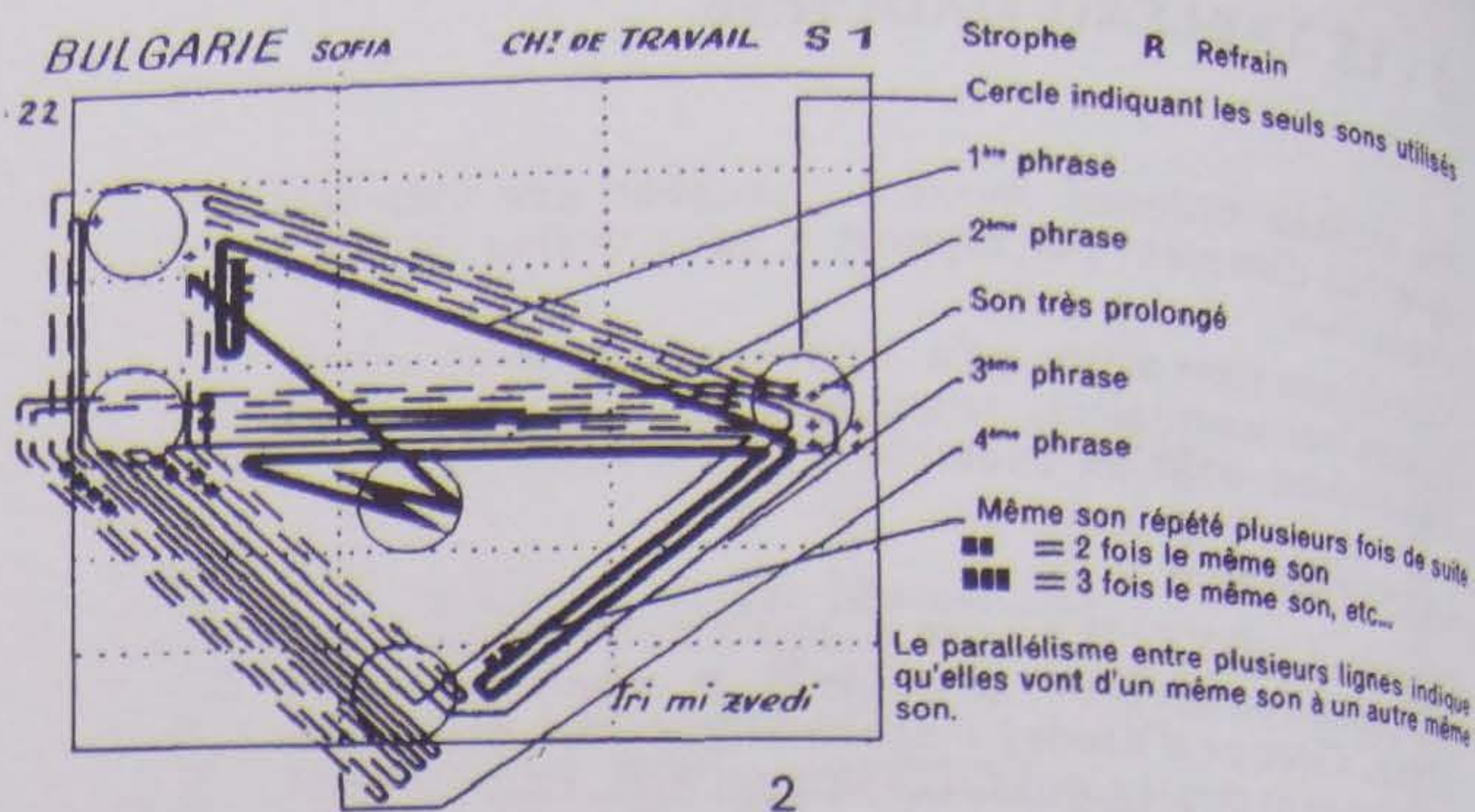
1) faire une image par village (14 p. 233) et disposer d'une collection de villages. L'ordre du temps est représenté par une ligne qui joint les dates. Mais l'on s'aperçoit alors que tous les villages tendent à se ressembler dans leur évolution. Or, le traitement graphique est plus efficace lorsque la construction fournit des images différentes.

2) faire une image par période (ci-contre) en superposant tous les villages. La différence entre les images caractérise les périodes.



	ANTÉRIEURES		CENTRALES		POSTÉRIEURES	
	N.	A.	N.	A.	N.	A.
N. Non-arrondies						
A. Arrondies						
Hautes	i	ü	ɨ	ʊ	ɤ	u
Mi-hautes	ɪ	ʊ̄	ɪ	ʊ̄	ɪ̄	ū
Médianes hautes	e	ö	ɛ	o	ẽ	ō
Médianes	ɛ	õ	ə	ɔ	ẽ̄	ō̄
Médianes basses	ɛ̄	ȭ	ɛ̄	ɔ̄	ɛ̄̄	ɔ̄̄
Mi-basses	æ	œ	ǣ	œ̄	ǣ̄	œ̄̄
Basses	ǣ̄	œ̄̄	a	ɔ̄̄	ɑ	ɔ̄̄̄

1



2

## Comparaison de langages

D'après A. LOMAX et Édith TRAGER, "Phonotactique du champ populaire" Revue "L'Homme" Paris, janvier, 1954.

L'enregistrement magnétique des innombrables "parlers" forme un inventaire inexploitable s'il n'est pas transformé dans un système de signes qui permet de nombreuses comparaisons. L'image apporte un moyen d'exploiter ces richesses.

On notera tout d'abord que la collection réunie ici est constituée de chants populaires enregistrés uniquement chez des chanteurs campagnards, et que l'analyse ne s'occupe pas de la musique mais seulement des paroles, et dans celles-ci uniquement des voyelles. Exploiter cette collection, c'est poser un problème à 7 composantes. C'est une « population » de sons : O ordonnés dans le temps et différents suivant : ≠ des différences phonétiques, ≠ des différences de langue, ≠ des différences de région, ≠ des différences de nature du chant, ≠ des différences de strophe ou refrain, ≠ différents titres de chansons.

## Construction du tableau ordonné

Il faut d'abord représenter des sons. De nombreuses solutions graphiques sont imaginables, la meilleure étant ici la *carte vocalique* (1) qui permet de localiser toutes les voyelles par rapport à trois variables : l'ouverture (ou en anglais hauteur de la langue), la variation antérieure-postérieure (sons de gorge ou de bouche), la forme des lèvres (arrondies ou non).

Cette solution ajoute encore deux variables au problème puisqu'elle transforme ≠ différentes phonétiques en O différence de hauteur de langue, O différence antéro-postérieure, ≠ forme des lèvres. C'est à ce prix que l'on peut construire un tableau ordonné de référence qui donne une place constante à tous les sons possibles.

L'ordre du temps est représenté de la manière suivante (2) :

Chaque son est relié au suivant par une ligne épaisse et noire qui trace la première phrase puis par un tireté noir qui trace la seconde, puis par une ligne rouge pour la troisième, et un tireté rouge pour la quatrième

(ici tout est reproduit en noir et l'ordre des sons est moins visible).

Certaines strophes très longues ont été divisées en deux images (dessins 18).

Malgré cette première sélection, le nombre des lignes donnait encore des images confuses.

Mais on observe qu'en général le nombre des chemins suivis (nombre des liaisons de deux sons) est relativement réduit. C'est un deuxième élément de sélection, à condition de bien concrétiser chaque chemin, ce que l'on a confié à la notion visuelle de droites parallèles, quitte à élargir le point d'impact de chaque son (ex. fig. 16 et 36).

## La collection de tableaux

Les images ainsi obtenues permettent de comparer tous les enregistrements. Toutes les autres variables du problème sont simplement notées sur chaque image, chacune à la même place et l'on peut classer la collection de tableaux de différentes manières.

La présentation ci-contre par exemple tend à les classer, de haut en bas, par pays et par complexité (hors les BUSHMAN qui devraient être en haut) et de droite à gauche : 1° Refrain ; 2° Berceuses, Blues, Mélodies ; 3° reste.

Ce classement permet d'observer par exemple que les langues latines ne s'opposent pas aux anglo-saxonnes mais que les langues méditerranéennes (Espagnol, Italien, Grec, Serbo-Croate) forment un groupe d'images beaucoup plus simples, opposé aux images complexes de l'Anglais, du Français, de l'Irlandais...

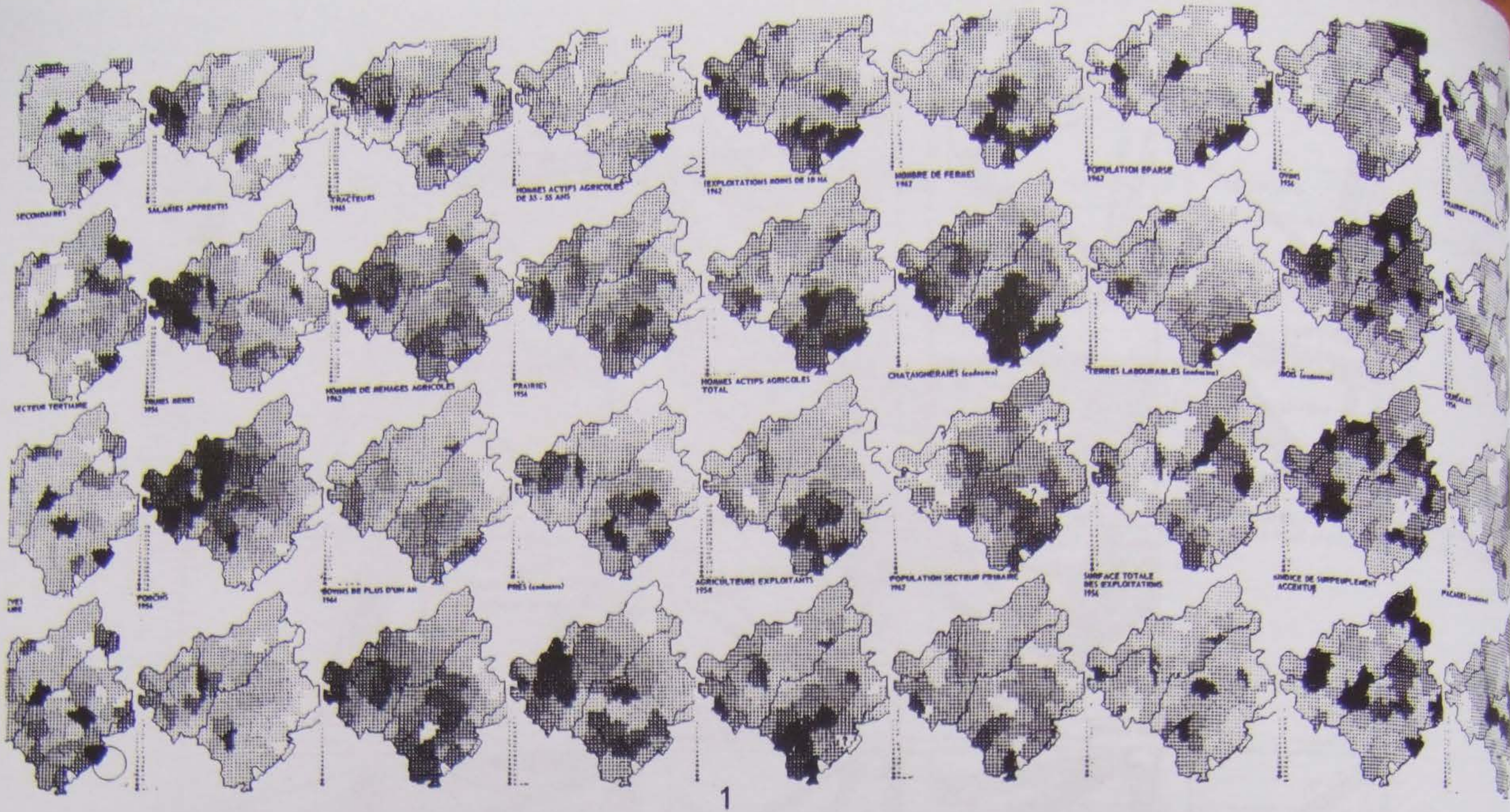
On peut remarquer la simplicité de tous les refrains (R) et la tendance à un tracé horizontal des berceuses, que l'on retrouve d'ailleurs dans la mélodie, le chant rituel et le blue !

Bien d'autres observations sont possibles, et elles font regretter que l'on ne dispose pas d'un grand nombre d'exemples de chaque genre, dans chaque langue (tous les chants espagnols aboutissent-ils comme ici à un triangle ?) et que d'autres langues caractéristiques, l'allemand, le russe, l'arabe, les langues asiatiques, ne soient pas encore dessinées.









1

## 8 - COLLECTION DE CARTES OU MANIPULATIONS MATRICIELLES

La collection de cartes est traitée p. 397. Il faut remarquer ici que dans certaines limites de longueur de l'information, la collection de cartes et les manipulations matricielles sont toutes deux possibles. Ces limites sont les suivantes :

- Géo 400 x 150 indicateurs : matrice.
- Géo 150 x 400 indicateurs : matrice.
- Géo 500 x 30 indicateurs : fichier-matrice.
- Géo 1000 x 10 indicateurs : fichier-image.

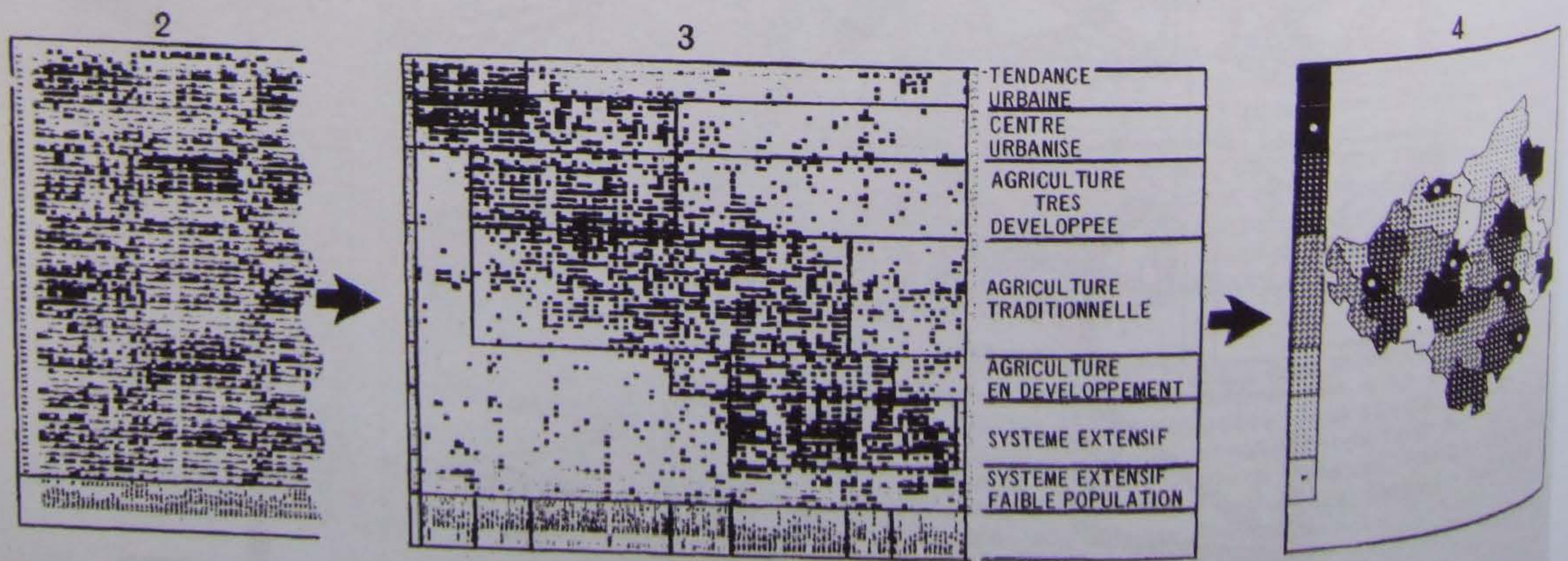
Le fichier-image p. 259 traite 1000 communes à travers 9 indicateurs. La typologie qu'il permet de découvrir est plus fine et plus sûre que celle qui résulterait de la comparaison de 9 cartes.

Ci-dessus, l'étude d'aménagement rural de la région de Tulle, en France, traite de 62 communes à partir de 108 indicateurs. Ces longueurs autorisent à la fois la collection de cartes (automatiques) et la manipulation matricielle. Un extrait (1) montre comment les cartes se

regroupent pour caractériser certaines régions, et comment (2) la matrice peut conduire à une synthèse géographique (3) fondée sur tous les indicateurs.

Mais lorsque la composante géographique dépasse les longueurs matricielles (prise en compte des 38.000 communes de France par exemple), la collection de cartes reste le seul traitement graphique possible. On peut cependant revenir aux traitements matriciels en faisant appel aux "routines" mathématiques (analyse factorielle, classements, typologies) qui permettent de réduire de grandes longueurs à des dimensions acceptables par la graphique.

Tous les problèmes modernes conduisent donc, en définitive, à concevoir une "chaîne de traitement", dans laquelle l'ordinateur offre le moyen d'utiliser à la fois des algorithmes automatisés et les manipulations visuelles matricielles et cartographiques.





## II

# LES RÉSEAUX

(ORGANIGRAMMES, ARBRES, INCLUSIONS)

### Définition.

La construction graphique est un réseau lorsque les correspondances dans le plan peuvent s'établir entre tous les éléments d'une même composante (1).

### Processus de construction : la transformation des réseaux

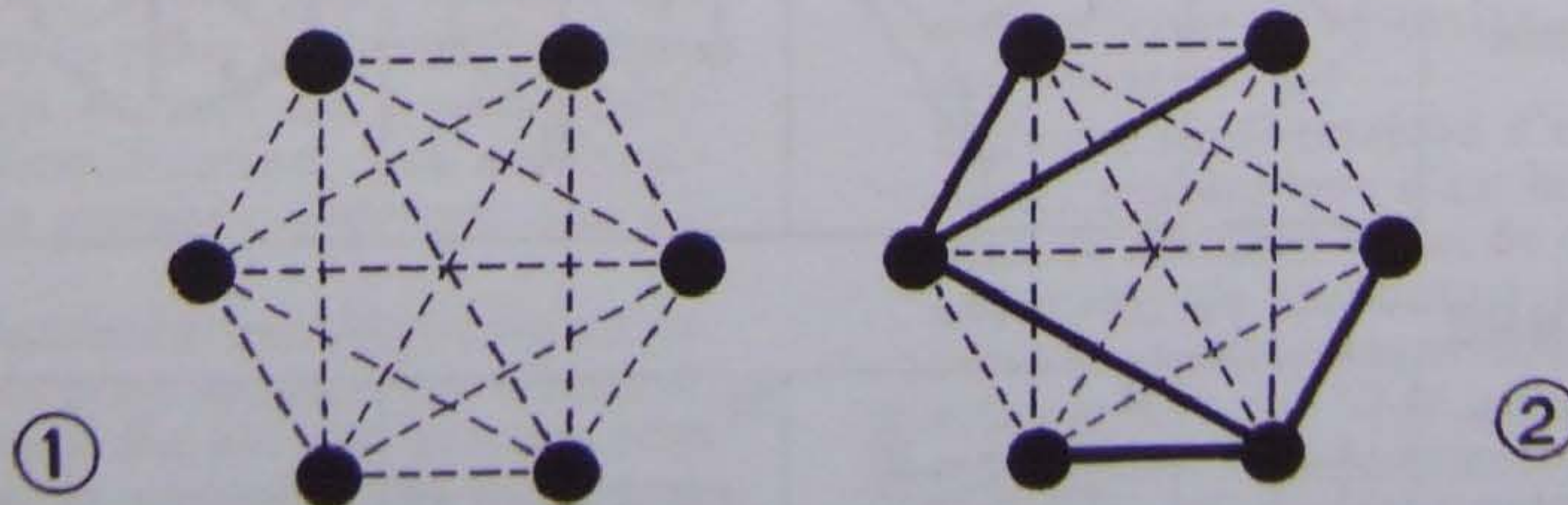
L'originalité de l'information tient aux *correspondances observées* (2) qui doivent *tracer l'image la plus efficace, la plus simple possible*. Chaque information constitue donc un problème particulier de construction et le réseau se distingue du diagramme dans le processus de l'invention de l'image. *Dans le diagramme*, on commence par donner une signification aux dimensions du plan, puis l'on place les correspondances. *Dans le réseau* on peut placer les figures dans un plan sans signification, et chercher ensuite la disposition qui offre le minimum de croisements ou la figure la plus simple. Après cette *transformation*, la représentation graphique doit offrir l'efficacité la plus grande. Celle-ci a comme base la découverte d'un ordre significatif exprimé par le plan.

### Signification des figures élémentaires

Dans un réseau, la grosseur des points, la longueur et la forme des lignes, la dimension et la forme des zones, n'ont en principe, pas de signification dans le plan. *Seule, leur présence* signifie présence d'un élément ou d'une correspondance entre deux éléments. Par contre les correspondances peuvent être orientées dans un sens ou dans l'autre, ce qui s'exprimera soit par une "flèche" soit par une signification donnée à certaines parties du plan, soit par les deux combinées.

### L'unité de l'image

Le réseau mobilise les deux dimensions du plan et les autres composantes ne disposent plus, pour leur représentation, que des variables rétinienne. En conséquence, *un réseau ne peut être vu en une seule image que sur deux composantes* : celle formant le réseau et une seconde, traduite dans une variable rétinienne ordonnée.





## II

# LES RÉSEAUX

(ORGANIGRAMMES, ARBRES, INCLUSIONS)

### Définition.

La construction graphique est un réseau lorsque les correspondances dans le plan peuvent s'établir entre tous les éléments d'une même composante (1).

### Processus de construction : la transformation des réseaux

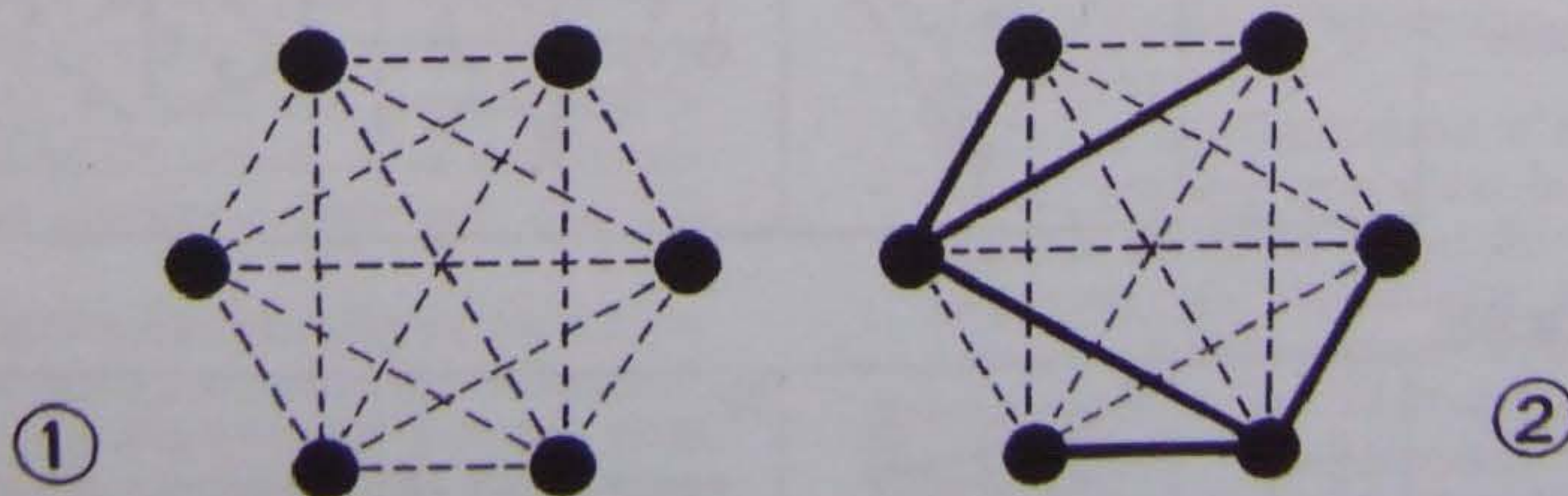
L'originalité de l'information tient aux *correspondances observées* (2) qui doivent *tracer l'image la plus efficace, la plus simple possible*. Chaque information constitue donc un problème particulier de construction et le réseau se distingue du diagramme dans le processus de l'invention de l'image. *Dans le diagramme*, on commence par donner une signification aux dimensions du plan, puis l'on place les correspondances. *Dans le réseau* on peut placer les figures dans un plan sans signification, et chercher ensuite la disposition qui offre le minimum de croisements ou la figure la plus simple. Après cette *transformation*, la représentation graphique doit offrir l'efficacité la plus grande. Celle-ci a comme base la découverte d'un ordre significatif exprimé par le plan.

### Signification des figures élémentaires

Dans un réseau, la grosseur des points, la longueur et la forme des lignes, la dimension et la forme des zones, n'ont en principe, pas de signification dans le plan. *Seule, leur présence* signifie présence d'un élément ou d'une correspondance entre deux éléments. Par contre les correspondances peuvent être orientées dans un sens ou dans l'autre, ce qui s'exprimera soit par une "flèche" soit par une signification donnée à certaines parties du plan, soit par les deux combinées.

### L'unité de l'image

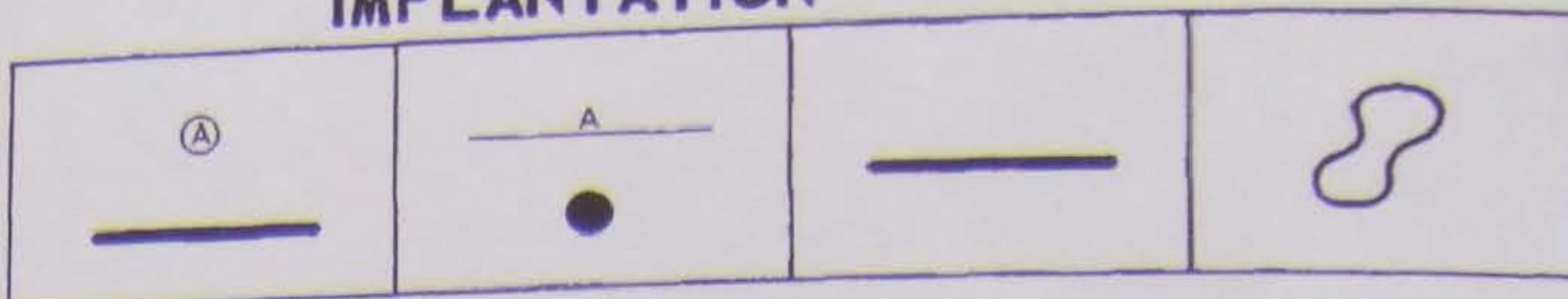
Le réseau mobilise les deux dimensions du plan et les autres composantes ne disposent plus, pour leur représentation, que des variables rétinienne. En conséquence, *un réseau ne peut être vu en une seule image que sur deux composantes* : celle formant le réseau et une seconde, traduite dans une variable rétinienne ordonnée.





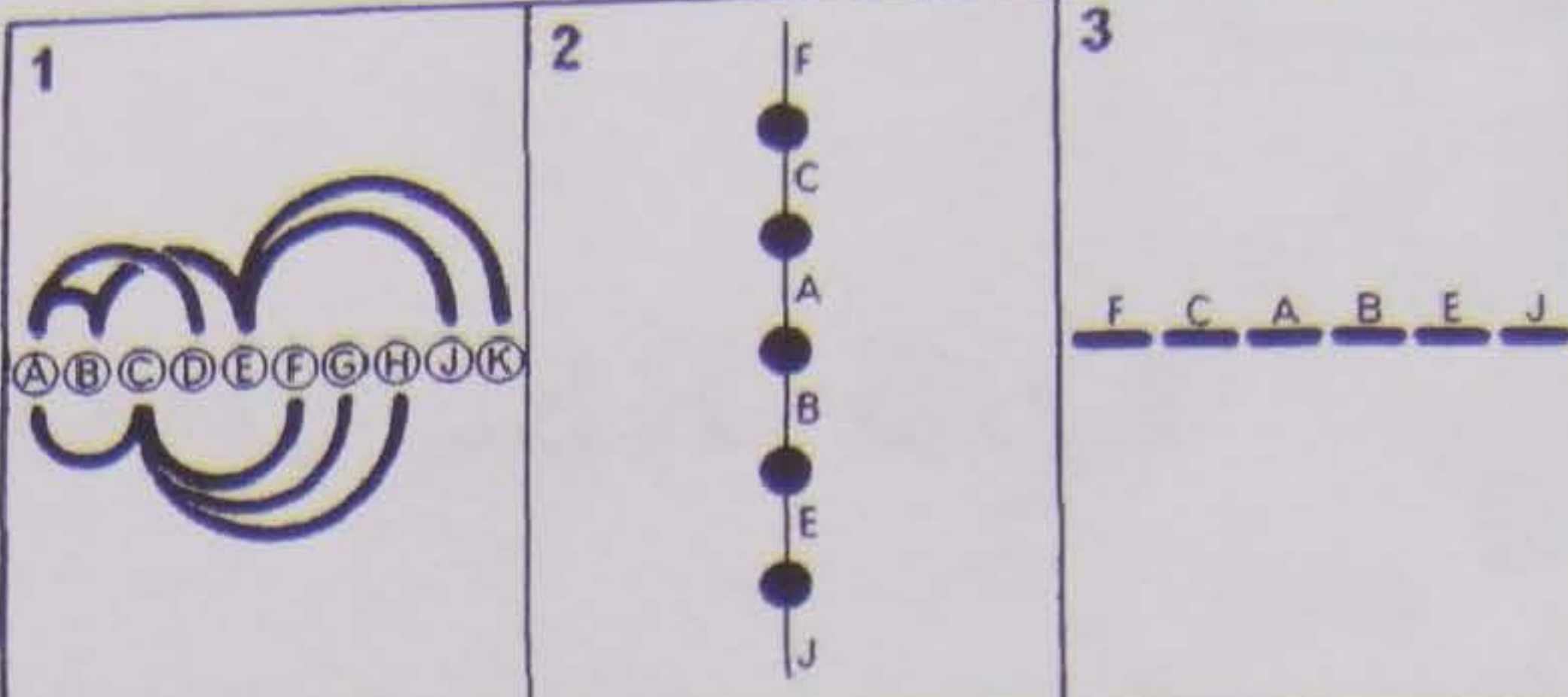
# IMPLANTATION

composante AB..  
liaisons

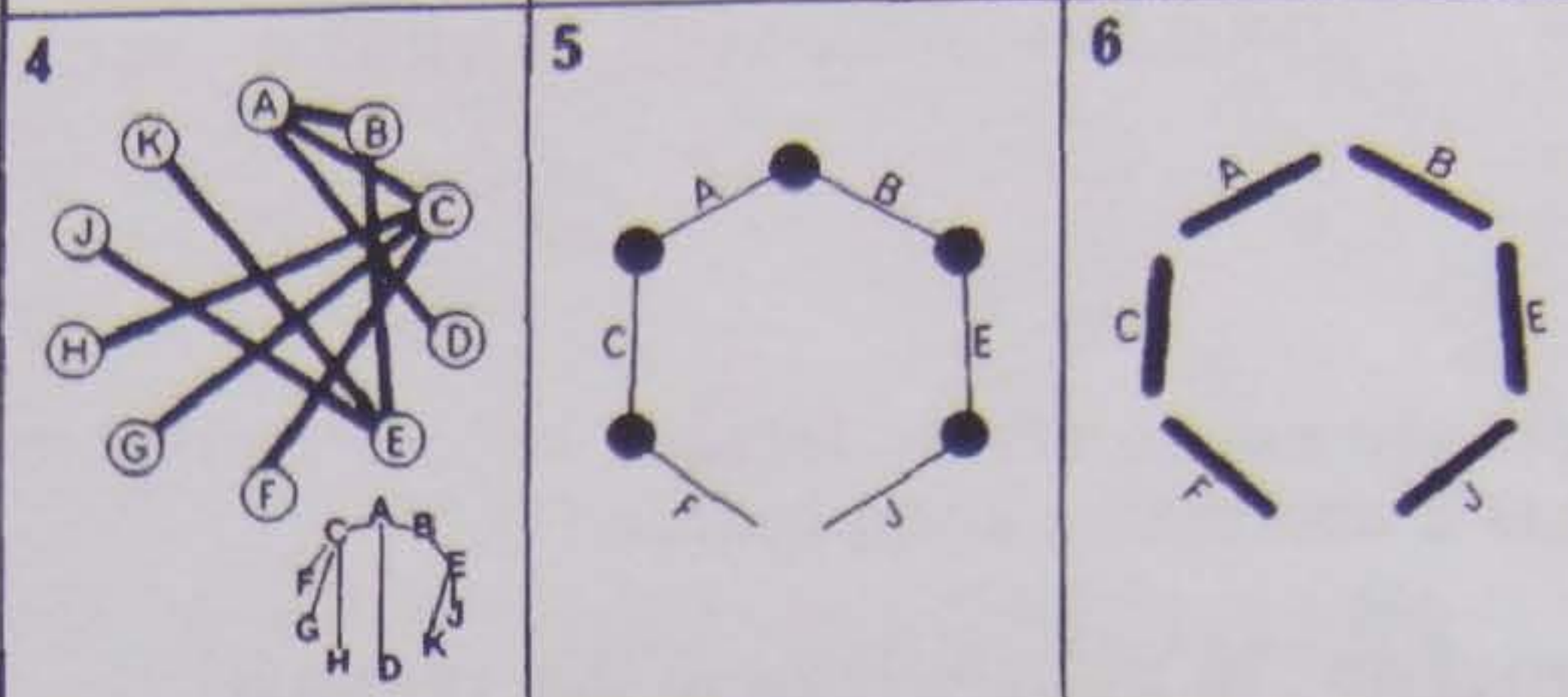


RESEAU

rectiligne

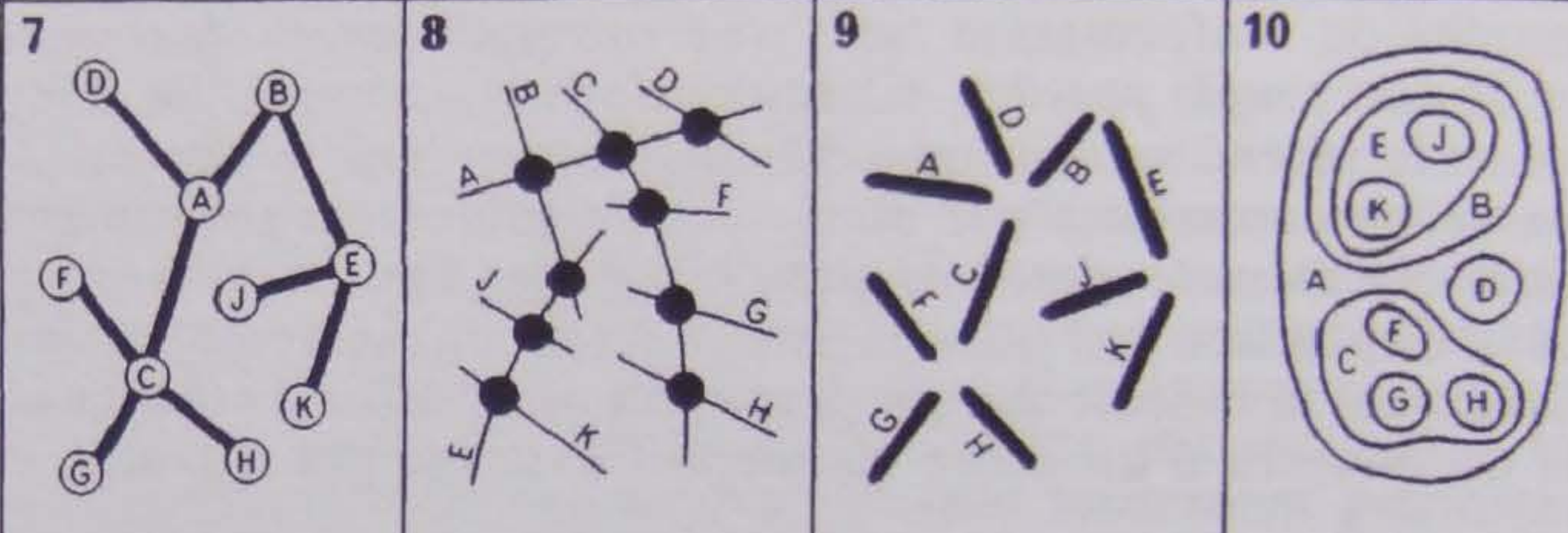


circulaire

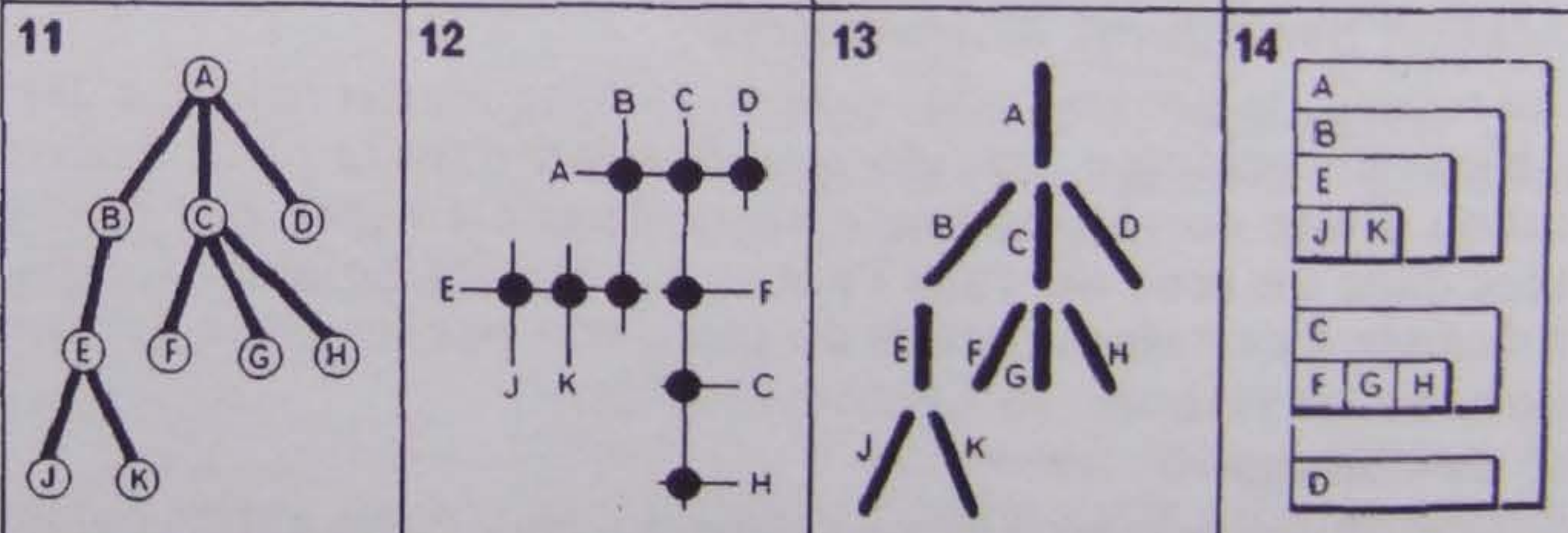


IMPOSITION

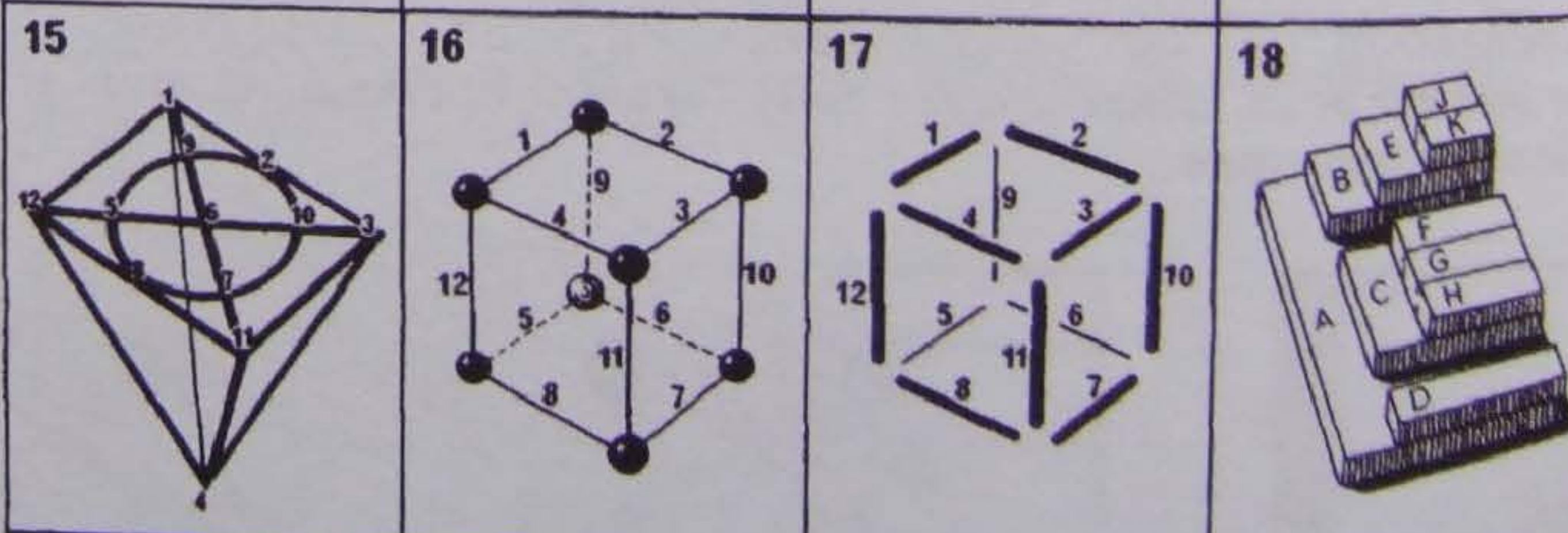
semis



semis  
ordonné



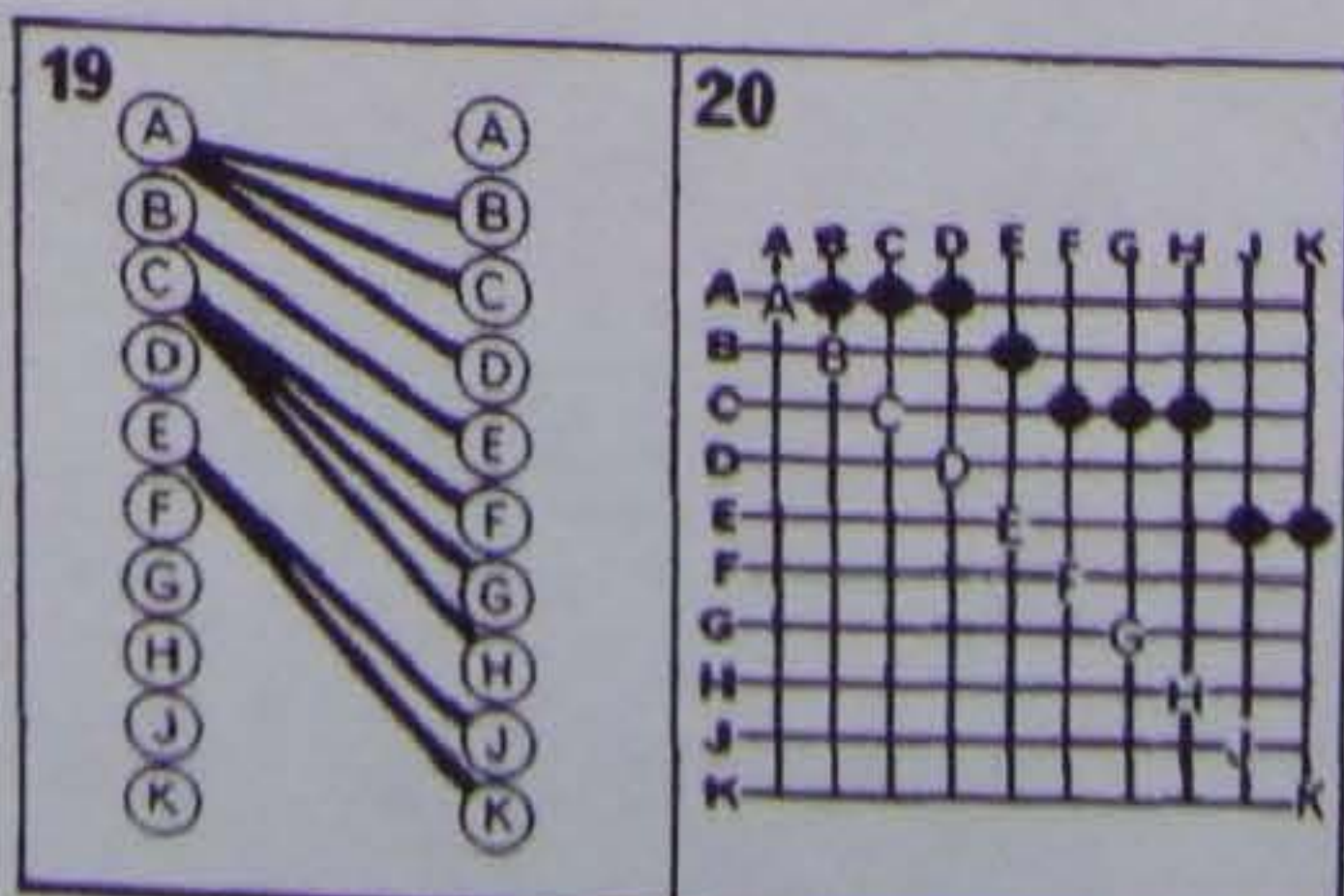
stéréogramme



DIAGRAMME

alignements  
PARALLELES

matrice





## Construction et transformation d'un réseau

Soit l'information : A est père de B, C, D ; C est père de F, G, H ; B est père de J et K. Un arbre généalogique est l'ensemble des correspondances (liaisons de parenté) qui relient les membres d'une famille, c'est-à-dire les éléments AB... d'un groupe d'individus. Un "organigramme", un programme d'ordinateur est l'ensemble des liaisons qui relient une série AB... de fonctions préétablies. Toutes ces informations sont constituées par les liens qui s'établissent entre les éléments AB... d'une seule composante. Lorsque ces informations sont transcrites dans le plan, elles construisent un RÉSEAU. Pour une même information, différentes constructions sont possibles.

### Les moyens graphiques disponibles

On sait que l'implantation offre trois figures élémentaires : le point, la ligne, la zone. Les éléments AB... de la composante peuvent être transcrits par des points et les liaisons par des lignes ou inversement. Dans certains cas, les lignes seules peuvent représenter à la fois les éléments et les liaisons. Il en est de même des zones lorsque les relations sont inclusives. De plus, l'imposition permet d'organiser ces figures de manière rectiligne, ou circulaire, de former un semis, un semis ordonné dans l'une des deux dimensions du plan. Le stéréogramme peut suggérer la profondeur et installer le réseau dans un espace à trois dimensions. Tout réseau enfin peut être construit sous forme de diagramme, à condition de représenter deux fois la composante AB... Implantations et impositions se combinent et permettent de caractériser dans le tableau ci-contre, les constructions possibles d'un réseau.

### Les constructions d'un réseau

La construction rectiligne (1) ordonne les éléments. Les liaisons sont des courbes et peuvent être réparties de part et d'autre de la ligne. Cette construction sera utile lorsque AB... présentera un caractère ordonné (p. 273) ou que la nature des liaisons justifiera d'une répartition en deux groupes. Les constructions (2 et 3) ne sont possibles que dans le cas d'un enchaînement sans ramifications.

La construction circulaire (4). En disposant les éléments AB... sur un cercle, toute liaison peut être transcrite par une droite. C'est la construction qui offre à priori l'image la moins confuse, quel que soit le nombre des croisements que l'information brute peut fournir. En conséquence, elle est employée pour la première transcription graphique, celle qui permet de poser visuellement le problème de la simplification. Les constructions (5) et (6) obéissent aux mêmes conditions que (2) et (3).

Les semis. Si, délaissant l'alignement rectiligne ou circulaire, on se donne tout l'espace pour disposer les éléments, ceux-ci construisent un semis. En (7) les liaisons sont représentées par des lignes, la composante AB... par des points. En (8) c'est l'inverse. En (9) il ne suffit que de lignes pour représenter les deux. En (10) l'exemple choisi permet d'utiliser les propriétés de l'implantation zonale. Les zones, en exprimant l'inclusion, permettent

de transcrire toutes les relations de l'information considérée. Elles peuvent, soit comme ici exprimer à la fois l'élément et tous les groupes successifs qu'il engendre, soit regrouper des éléments entre eux (p. 282).

Les semis ordonnés. Dans les semis précédents, aucune des deux dimensions du plan n'avait de signification. Si l'on considère que la direction haut-bas représente, dans l'exemple choisi, l'ordre des générations, on aboutit aux constructions classiques des arbres généalogiques (11). La signification ordonnée du plan facilite la préhensibilité de l'image, par rapport à (7). L'inversion ligne-point permet de construire (12) dans lequel la suite des générations se partage successivement les deux dimensions du plan. Les lignes seules permettent de construire (13) qui apparaît en l'occurrence la formule la plus simple (p. 276). Les zones peuvent se construire de manière ordonnée et dessiner des images telles que (14), qui sont d'un accès facile.

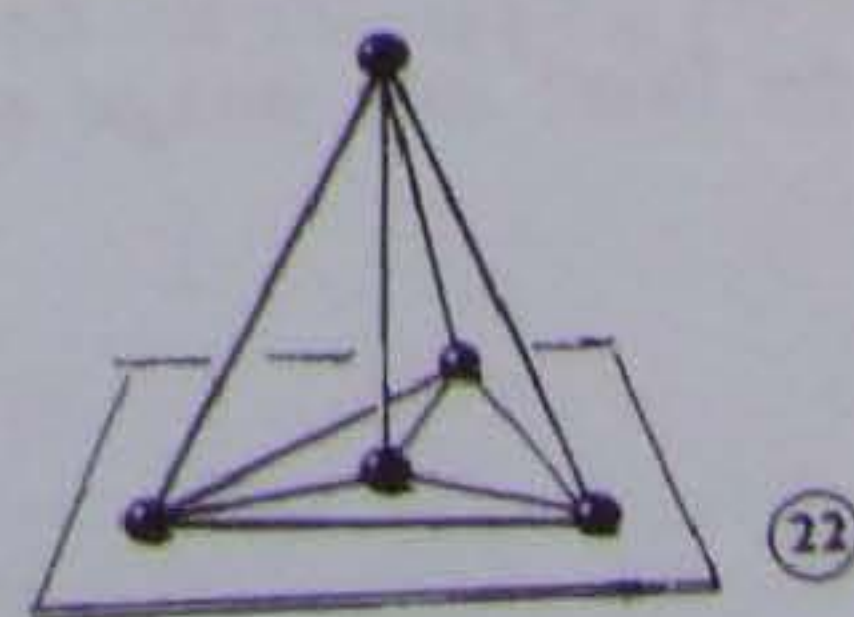
Les stéréogrammes. Quelle que soit la disposition de cinq points dans le plan, leurs correspondances fourniront au moins un croisement non significatif (21). Par contre, si l'on s'installe dans l'espace à trois dimensions, il est possible d'éviter tout croisement (22). Si le dessin peut suggérer l'espace (15, 16, 17, 18), il suggère aussi que les lignes ne se coupent pas. Il faut donner l'impression de la profondeur. Elle est obtenue par la mise en œuvre de diverses perceptions (p. 378). Dans la figure 15, les éléments 1, 2, 3... de la composante sont représentés par des points. L'ensemble des relations se simplifie considérablement lorsque ces mêmes éléments 1, 2, 3... sont représentés par des lignes (16, 17). Les zones peuvent ainsi s'installer dans les trois dimensions de l'espace. Elles soulignent (18) l'empilement des générations déjà suggéré en (14).

Les diagrammes. Tout réseau peut aussi être construit sous forme de diagramme. Il suffit de représenter deux fois la composante et de considérer que AB... sont points de départ de relations qui conduisent à AB..., points d'arrivée. Deux constructions sont possibles. Les alignements parallèles (19) sont utiles pour les comparaisons d'ordre (p. 248, 260). La matrice (20), si elle est permutable, peut donner lieu à des manipulations en lignes et en colonnes et permet ainsi de simplifier, par diagonalisation, des informations complexes.

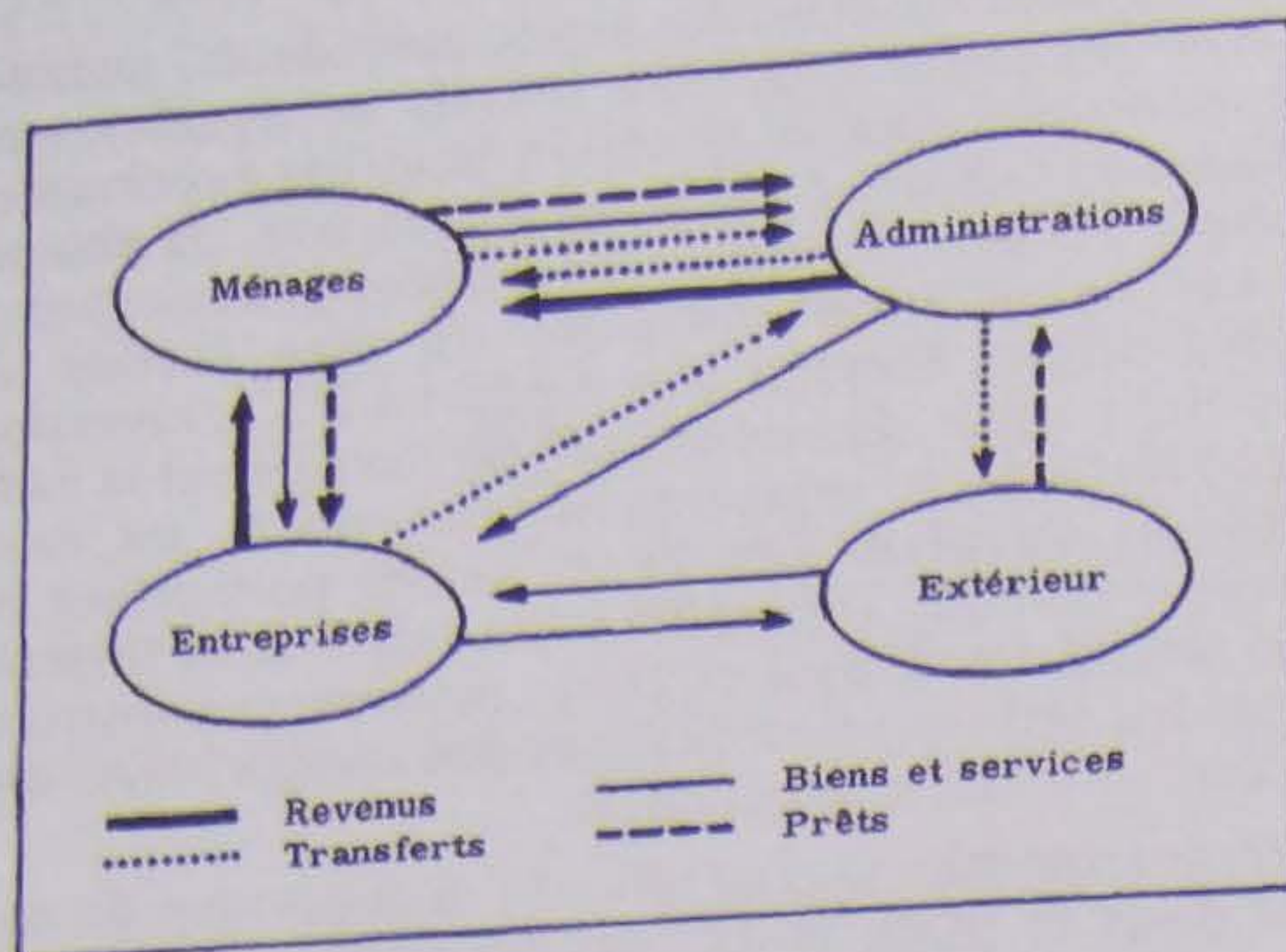
### Les transformations d'un réseau

La construction la plus efficace, la plus simple, est celle qui présente le moins de croisements non significatifs tout en conservant les groupements, oppositions ou ordres éventuels contenus dans la composante AB... En l'absence d'une procédure de calcul simple et générale qui permettrait de définir la construction et la disposition optimale des éléments d'une information donnée, il faut poser et résoudre graphiquement la plupart des problèmes.

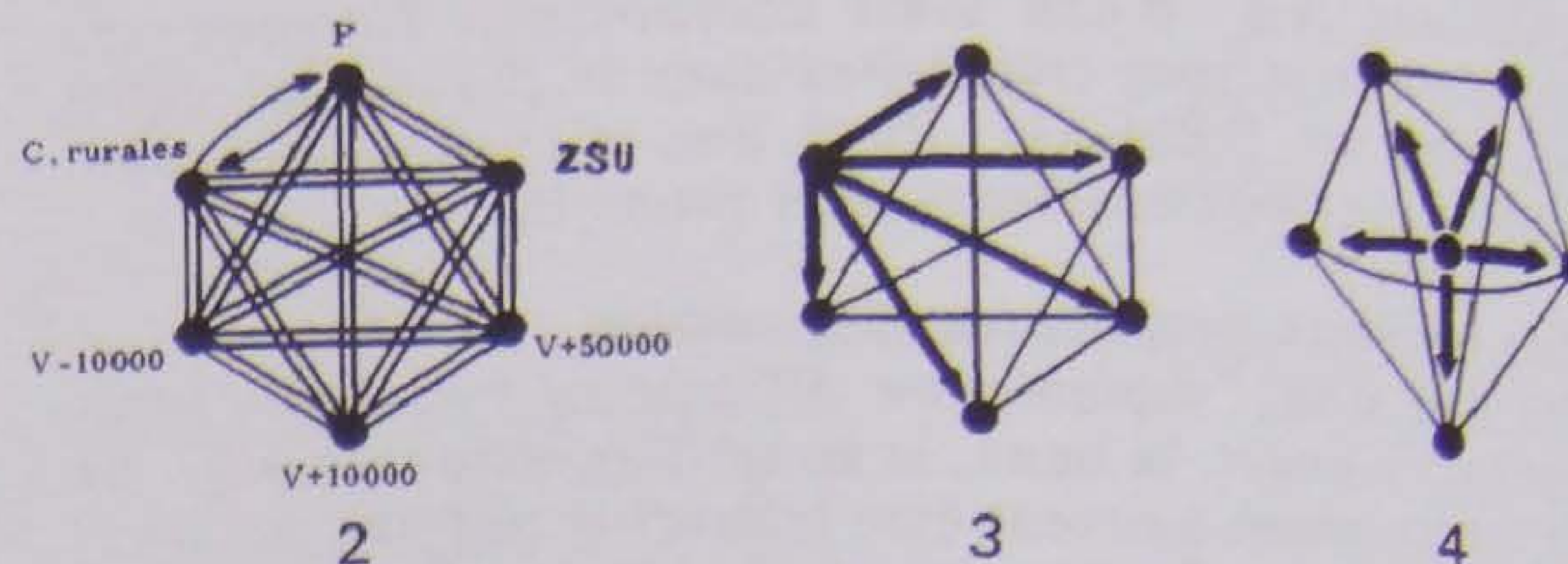
Lorsque l'information n'est pas trop complexe, l'expérience montre que c'est la construction circulaire (4) qui offre le meilleur point de départ visuel. Elle permet, par exemple, de découvrir que l'ordre ABEJKDHGFC évite tout croisement non significatif (4) ou de découvrir (3 et 4, p. 274) qu'un semis offre une réduction supérieure. Elle permet de réintroduire les relations conceptuelles contenues dans la composante AB... (5 et 6, p. 274). Lorsque l'information est très complexe, la matrice manipulable (20) offre le moyen de procéder à des simplifications préalables.







1



## EXEMPLE DE CONSTRUCTION DE BASE

Schéma de circuit économique, d'après E. MALIN-VAUD, Initiation à la comptabilité nationale, Paris.

Analyse de l'information :

≠ 4 groupes d'agents économiques (ménages, entreprises...) et de liaisons suivant

≠ 4 types de liaisons orientées.

Les groupes (éléments) sont disposés sur un cercle. Les correspondances sont représentées par des droites. Elles sont diversifiées dans une combinaison redondante valeur, forme, grain.

### 1<sup>er</sup> EXEMPLE DE TRANSFORMATION

Balance des mouvements des électeurs en 1953 d'après P. VIEILLE et P. CLEMENT "L'exode rural" - Études de comptabilité nationale n° 1, Ministère des Finances, Paris 1960.

Information :

○ 6 catégories de communes (Paris, zone de Paris...) reliées par des liaisons orientées, et suivant,

Q d'électeurs déplacés (balance entre les deux directions) qui pondèrent les liaisons.

Q d'habitants, qui pondèrent les catégories de communes.

≠ 2 catégories d'âge.

Si l'on se donne comme objet d'opposer les deux catégories d'âge, il convient de faire une image par catégorie.

La construction de base (2) permet une première approche de la distribution des liaisons pondérées (3) et conduit à centrer la population rurale (4), et à amorcer un *semis*. Il en résulte les deux images (5) et (6) qui s'opposent violemment.

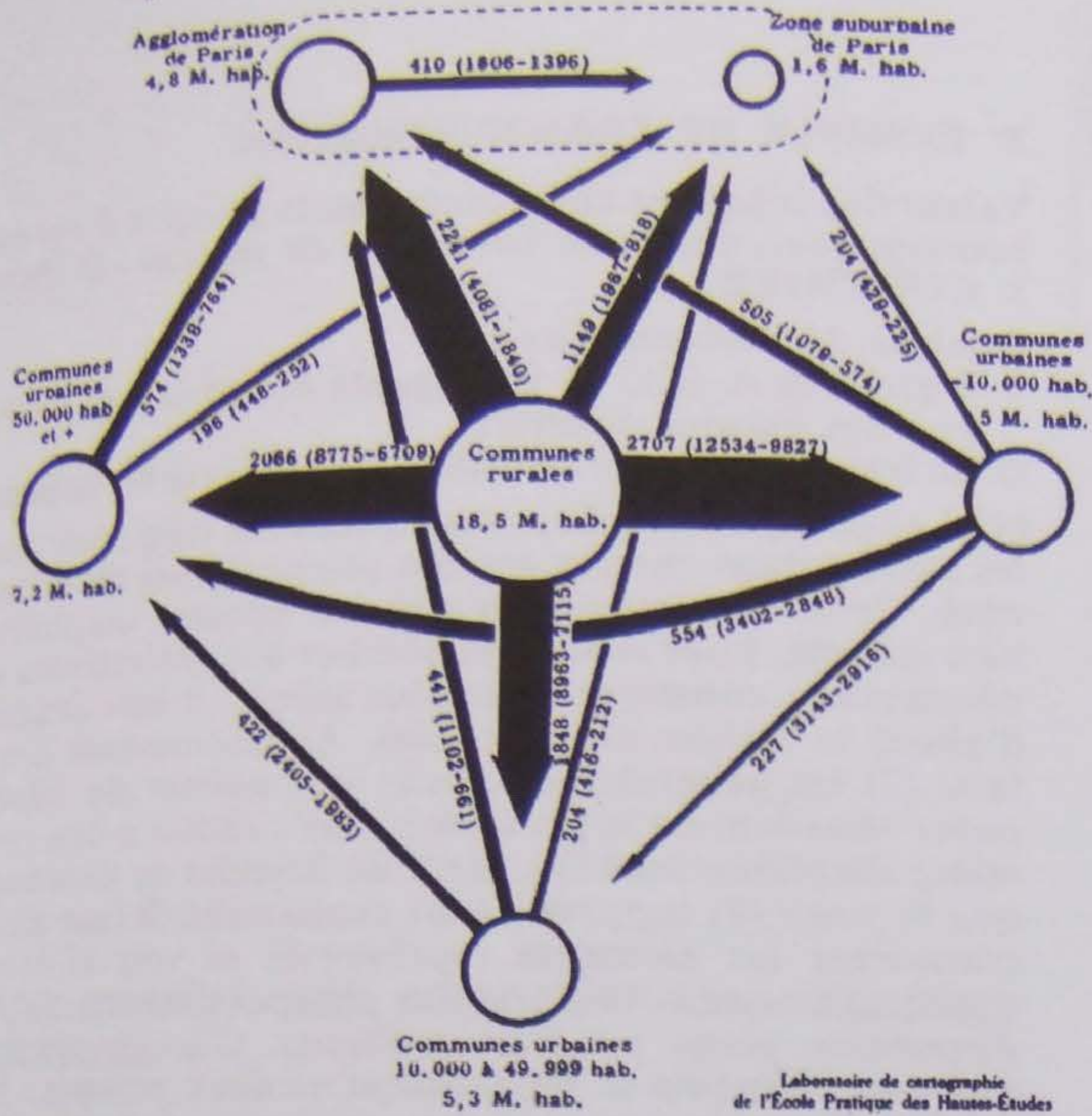
Mais le lecteur attentif n'est pas pleinement satisfait par ces constructions, car si l'on perçoit le rôle du groupe des communes rurales, sa position centrale en fait un groupe privilégié qui écrase tous les autres groupes. Le concept "catégories de commune" est, à la réflexion, un concept ordonné de la plus grande aux plus petites cellules communales et le lecteur ressent inconsciemment le besoin de comparer cet ordre à l'ordre quantitatif des déplacements, et à leur sens.

La construction linéaire (7). En ordonnant de haut en bas les catégories en fonction de la grandeur des communes (et non du total de la population représentée par chaque groupe), on donne au plan une signification. Il est alors possible de diviser les liaisons en "montantes" et "descendantes" dans cet ordre. L'opposition entre les deux images est frappante et chaque groupe de commune reçoit une qualification visuelle non plus en fonction d'une position effacée ou privilégiée dans le plan, mais fonction du contenu total de l'information. On peut par exemple constater, en (7), que pour les jeunes (21-29 ans), tous les groupes de communes, et non pas les seules communes rurales, comme il apparaît en (5) ont une balance d'émigration dirigée vers des cellules plus grandes (sauf évidemment Paris).



# BALANCE DES MOUVEMENTS DES ÉLECTEURS ÂGÉS DE 21 À 29 ANS

Migrations d'électeurs enregistrées en 1953 entre les catégories de communes (1)

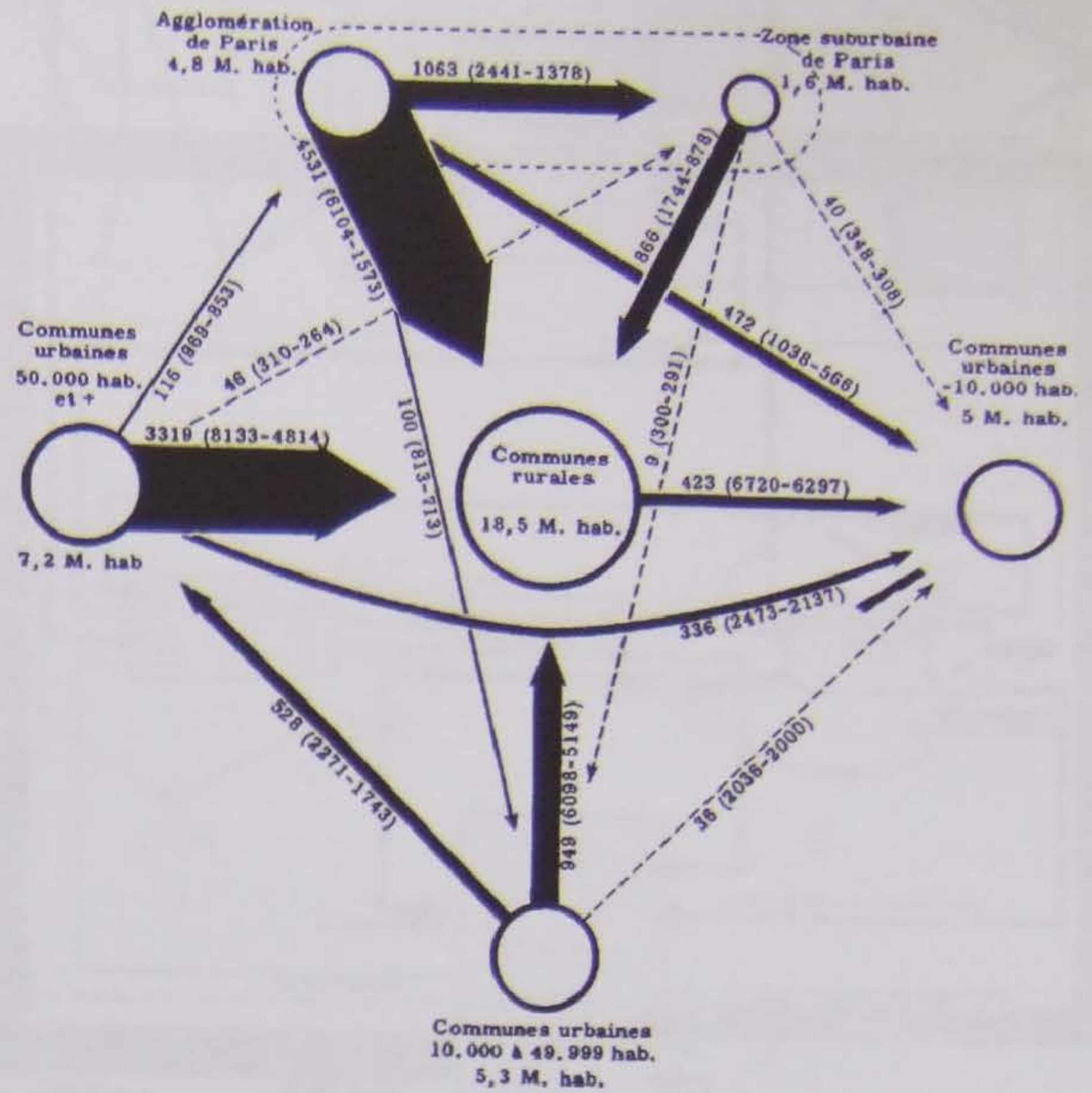


(1) La population totale donnée pour chaque catégorie de communes est la population au recensement de 1954. La répartition des communes en catégories a été faite d'après leur population au recensement de 1946.

5

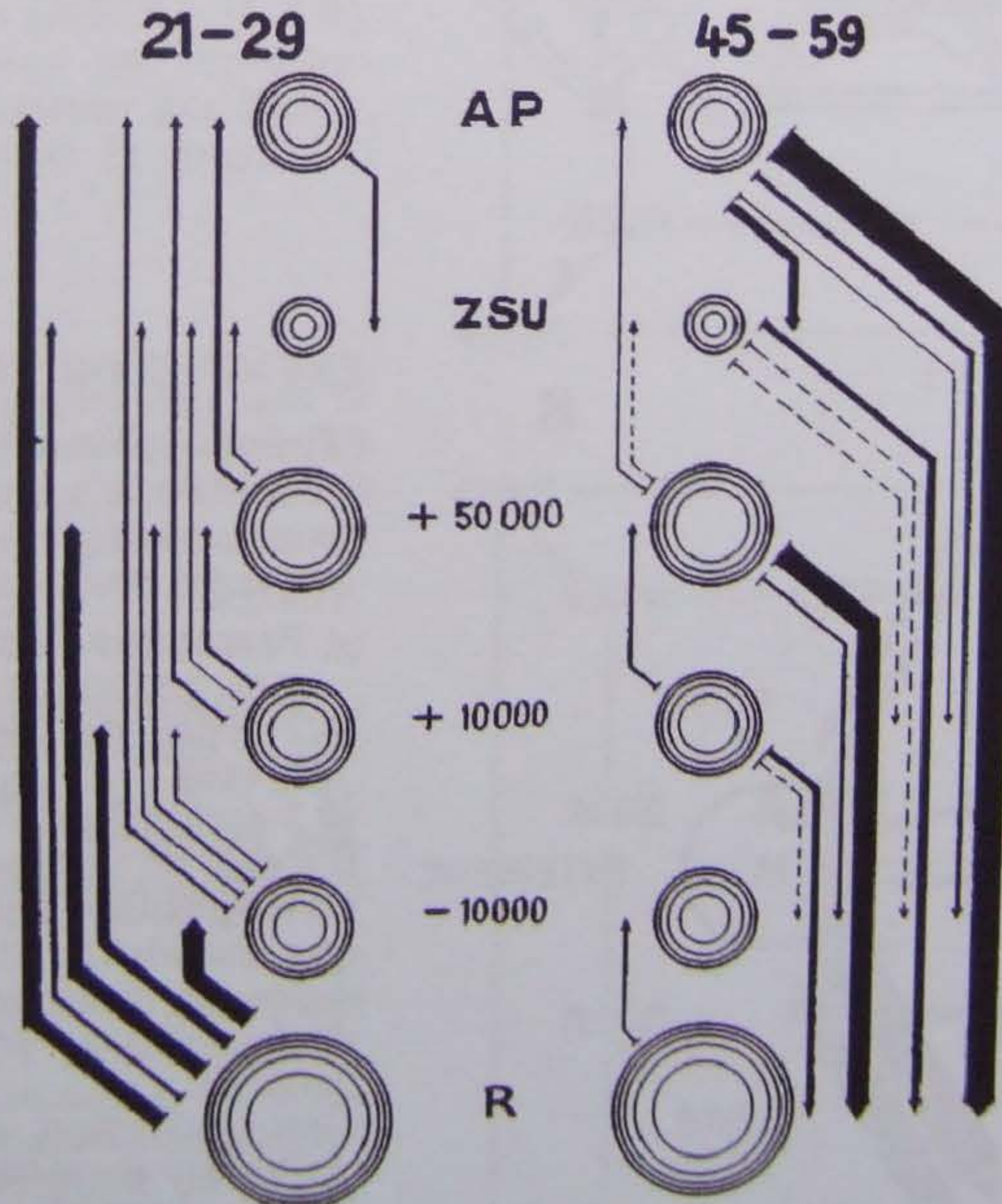
# BALANCE DES MOUVEMENTS DES ÉLECTEURS ÂGÉS DE 45 À 59 ANS

Migrations d'électeurs enregistrées en 1953 entre les catégories de communes

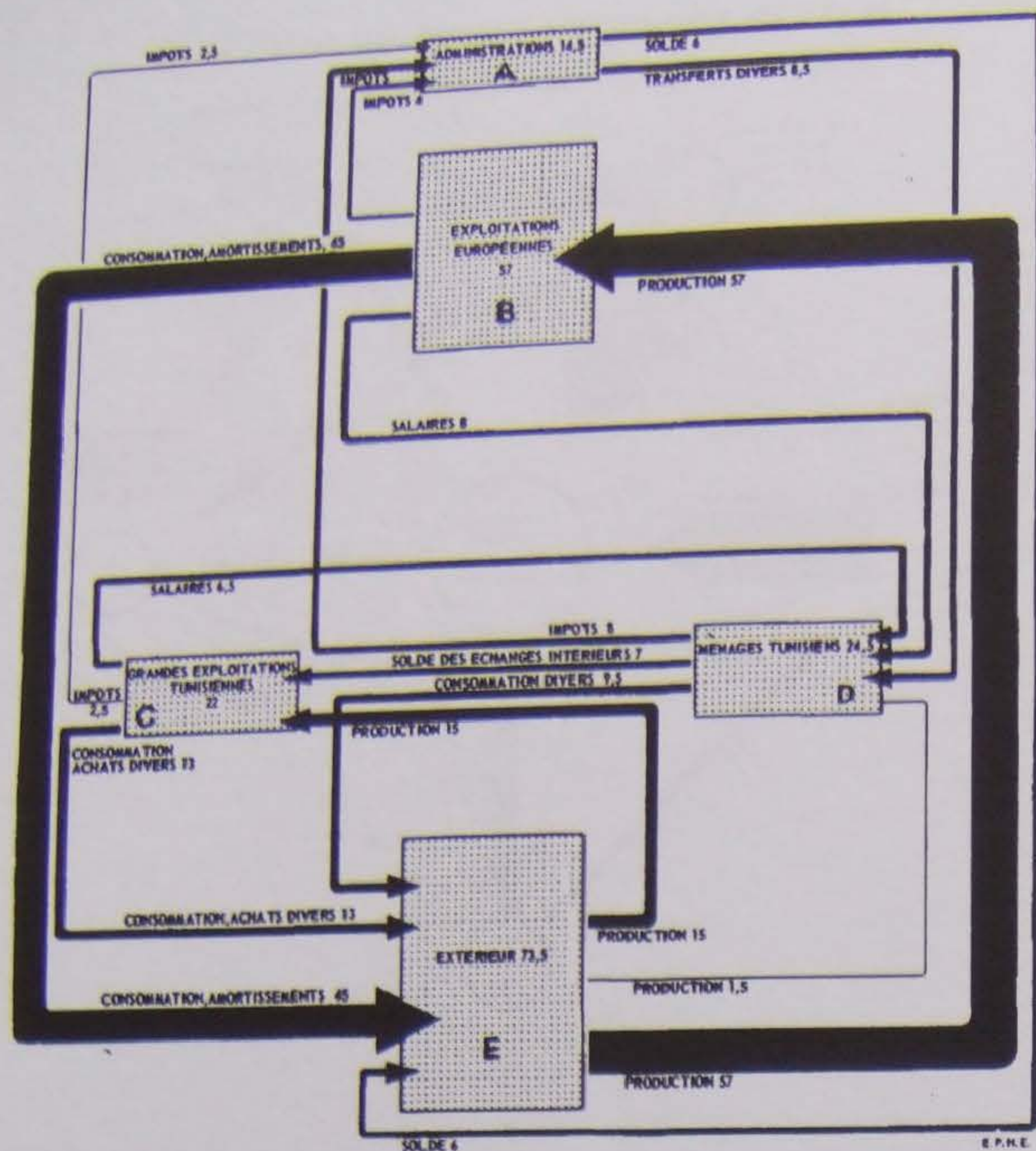


6

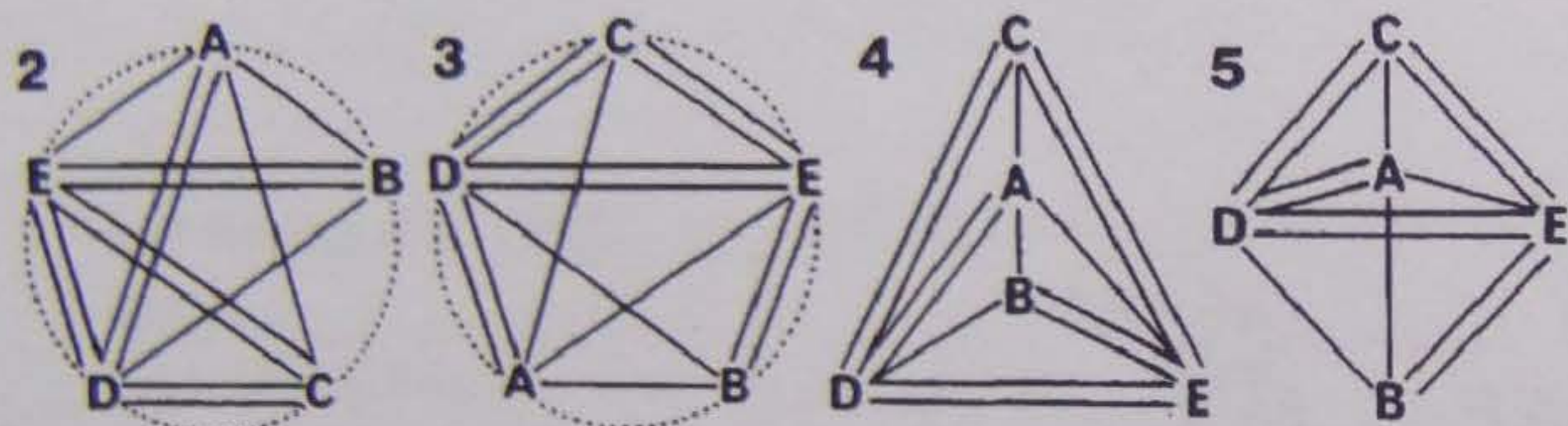
7



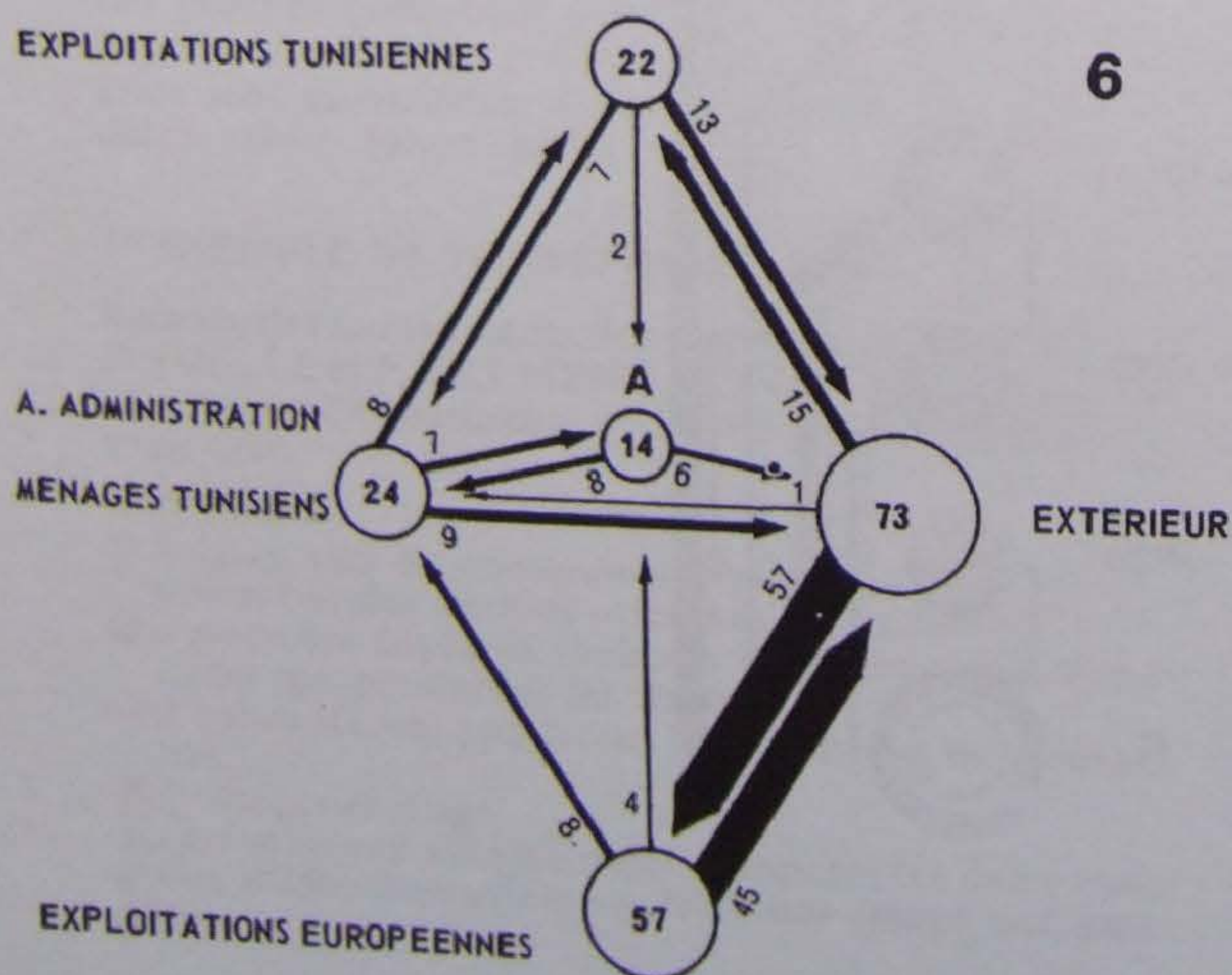




1



6



## 2° EXEMPLE DE TRANSFORMATION

Valeur des échanges entre cinq grands groupes d'agents économiques, dans une économie de marché. D'après J. CUISENIER.

Analyse de l'information :

≠ 5 groupes A B C D E d'agents économiques reliés par des liaisons orientées.

Q de francs (millions) modulant les agents et les liaisons.

(1) Les groupes sont disposés en *semis* de telle sorte que les entrées dans chaque groupe soient situées du même côté. Cette construction n'apporte aucune simplification visuelle. Pour réduire le nombre des croisements et découvrir la construction la plus simple, il faut étudier d'abord le réseau des relations. La construction circulaire (2) est généralement celle qui permet de mieux poser visuellement le problème. Elle conduit à une première simplification (3) à partir de laquelle on découvre que le *semis* (4) supprime tout croisement. Il faut alors considérer les éléments représentés et voir si leurs significations ne créent pas des groupes distincts que la disposition plane pourrait souligner. C'est le cas ici. Les cinq éléments se répartissent en deux groupes : les exploitations, les agents économiques généraux. En conséquence, et malgré deux croisements, le *semis* (5) est supérieur au *semis* (4). Il dégage les deux groupes et permet de comparer les deux types d'exploitation (6). Le *semis* (4), en mélangeant les éléments des deux groupes, en ne permettant pas d'opposer clairement les deux types d'exploitation, est d'un accès beaucoup plus complexe bien qu'il ne comporte aucun croisement non significatif.

## EXEMPLE DE SEMIS.

(7) Escadrille à bon moral (A) et escadrille à mauvais moral (B), d'après J.G. JENKINS, *Leadership and isolation*, 1945.

Analyse :

≠ Personnes hiérarchisées (commandant, second, hommes, individus extérieurs à l'escadrille).

≠ 2 types de liaison (amitié : trait noir, antipathie : tireté).

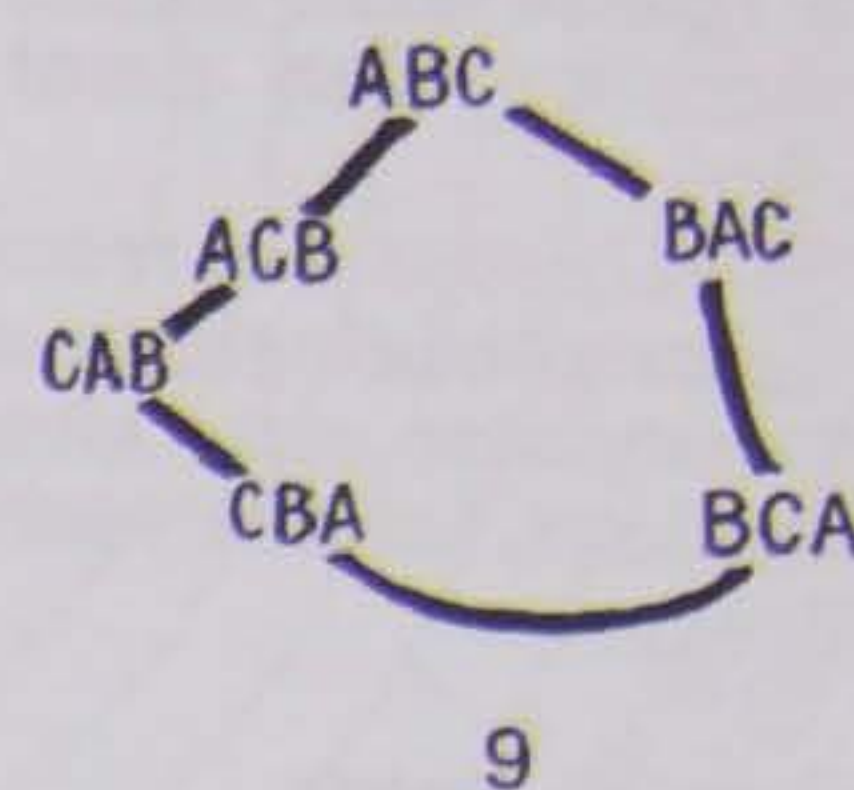
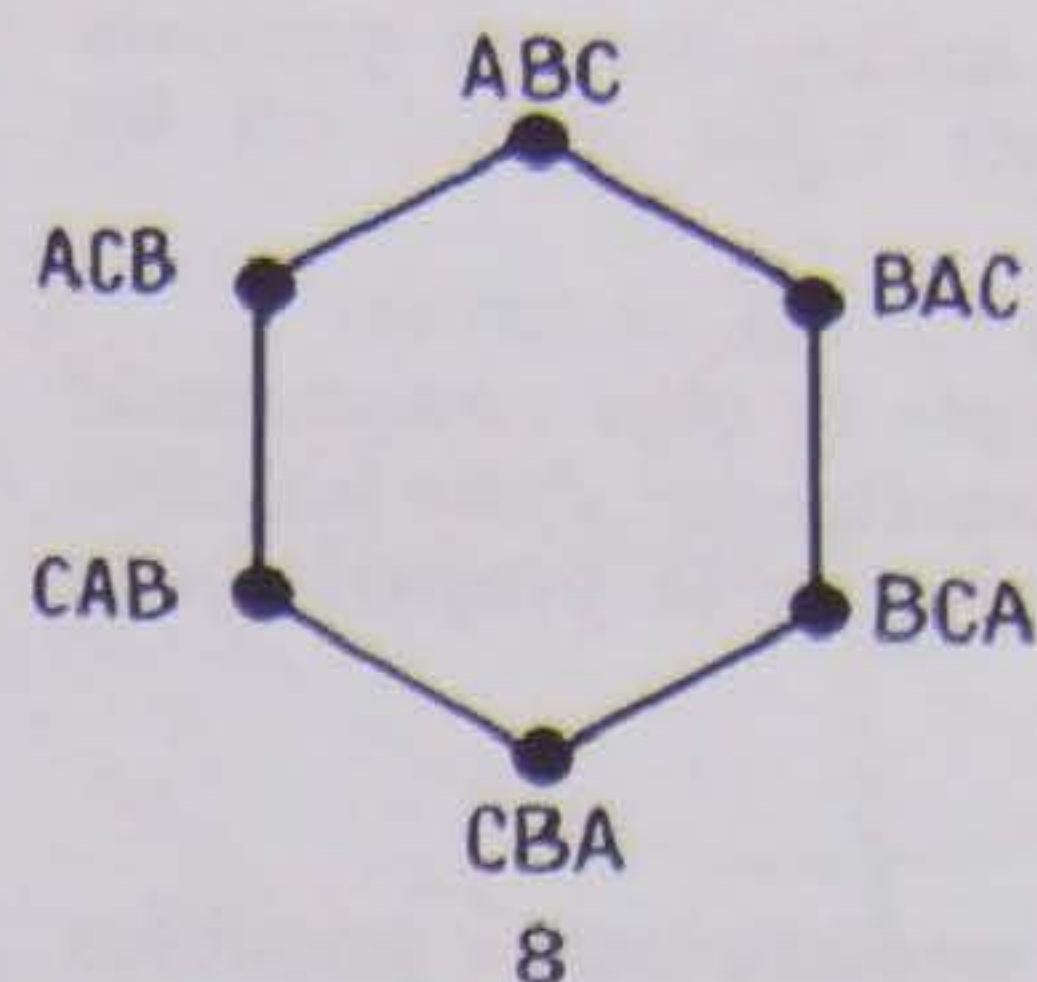
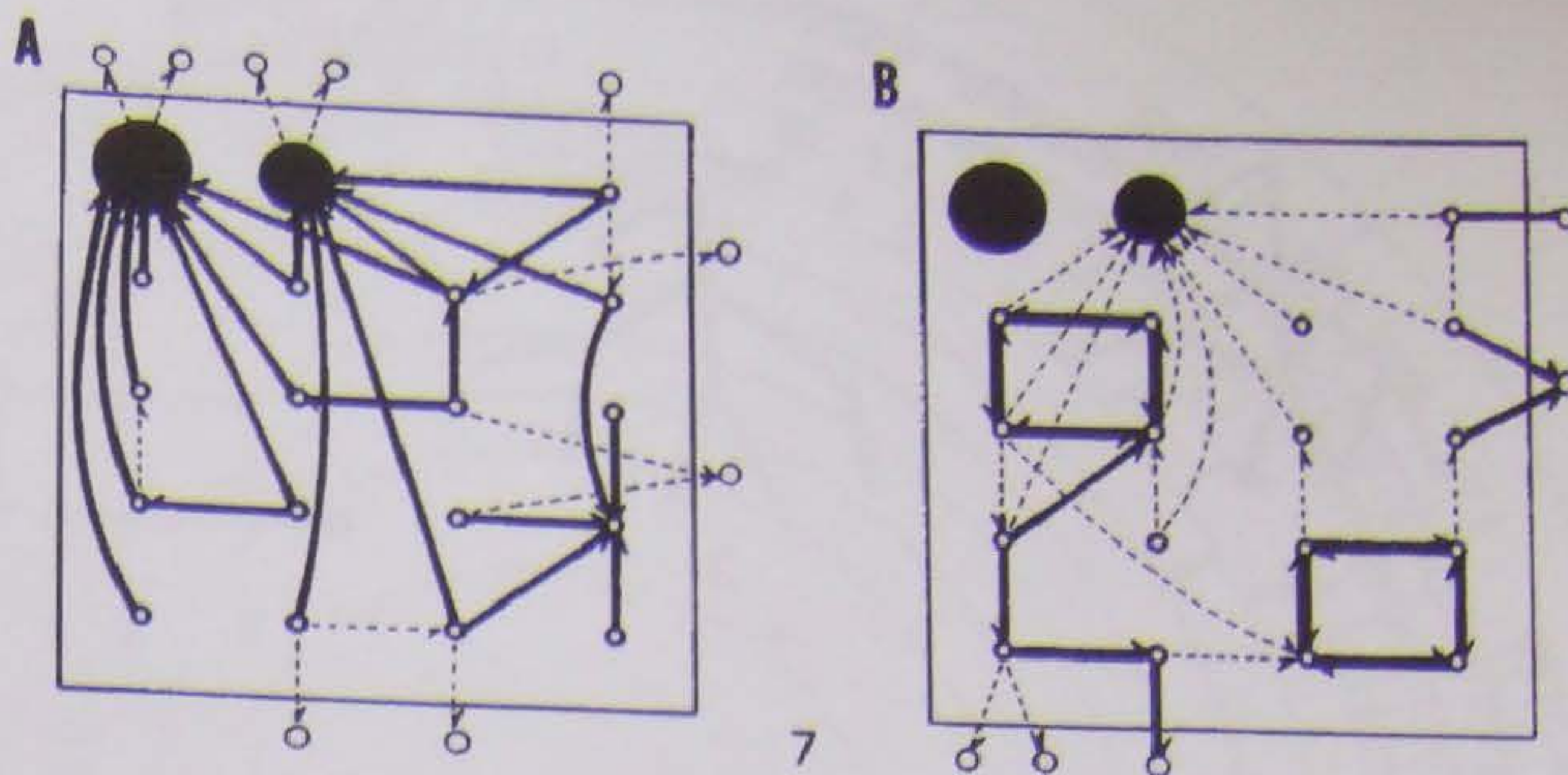
≠ 2 escadrilles.

Il s'agit de comparer les deux réseaux de liaisons. La disposition des personnages est semblable dans chaque escadrille et mobilise tout le plan. L'opposition entre les deux escadrilles n'est sensible qu'à condition de pouvoir séparer les réseaux d'amitié des réseaux d'antipathie.

Cette sélection visuelle est obtenue par une différence rétinienne de valeur.

L'opposition des réseaux d'amitié est frappante et souligne la dissociation de l'escadrille B. On peut ensuite constater une opposition non moins sensible entre les réseaux d'antipathie.





## APPLICATION DES RÉSEAUX AUX CLASSIFICATIONS.

On a vu, p. 248, que la distance entre deux rangements était définie par le nombre de leurs désaccords. On peut visualiser les distances entre  $n$  rangements différents par un réseau dans lequel chaque rangement est représenté par un point, et les distances par des lignes, une ligne représentant la distance 1, deux lignes (bout à bout) représentant la distance 2...

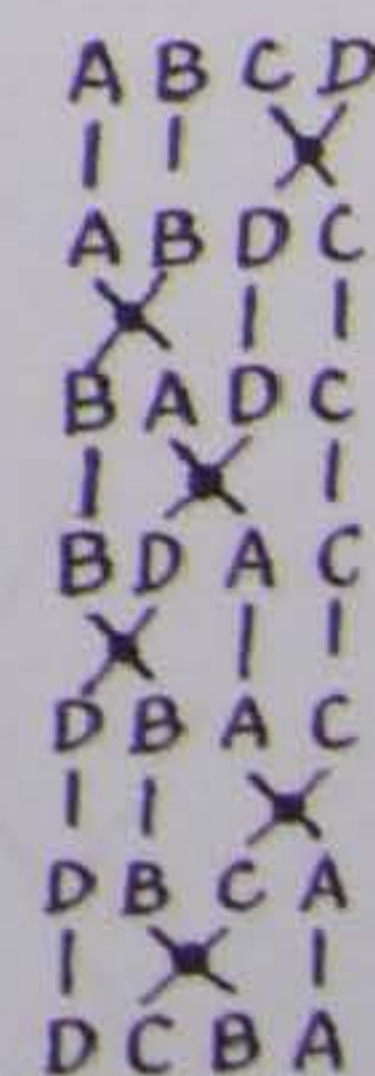
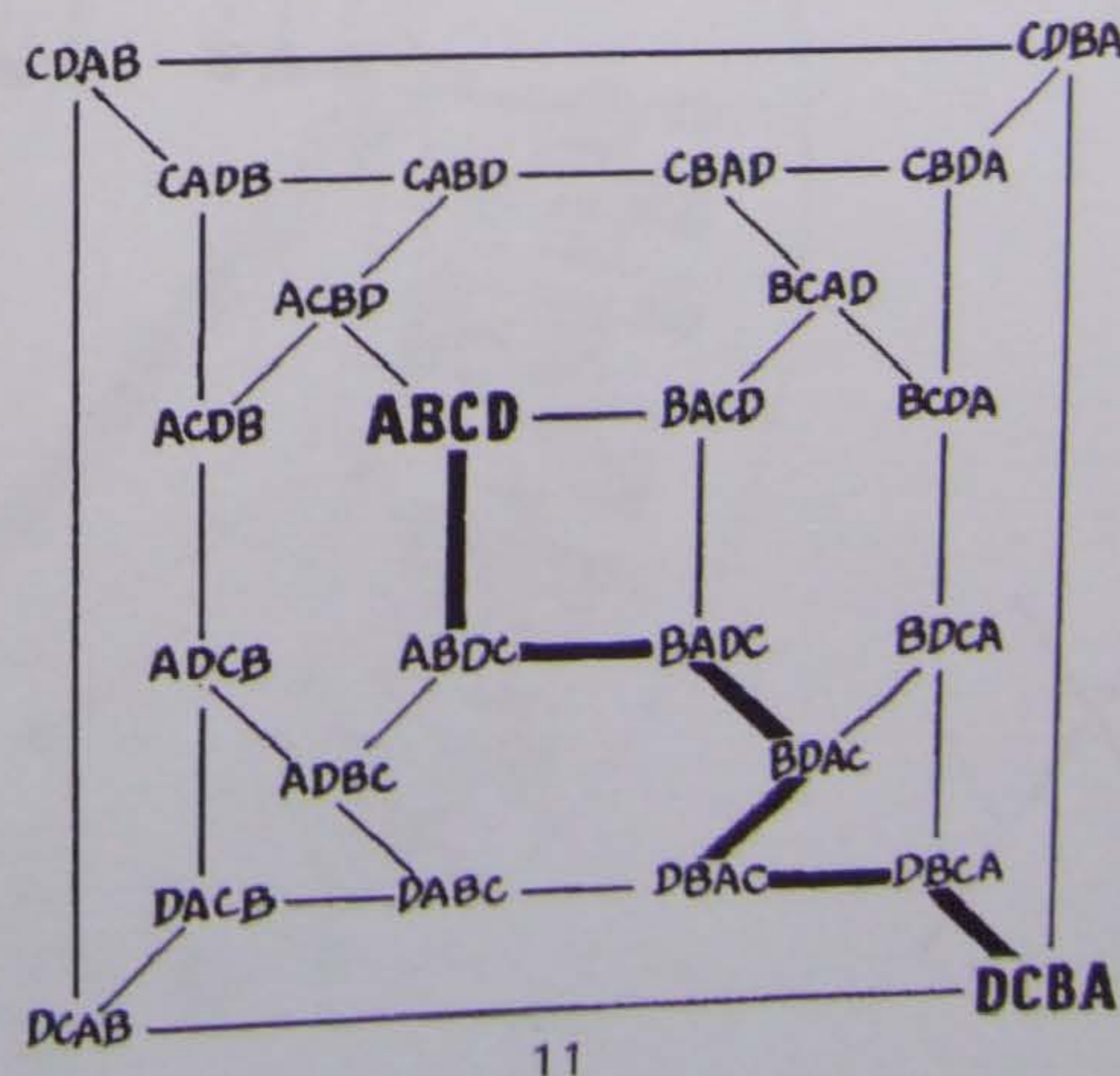
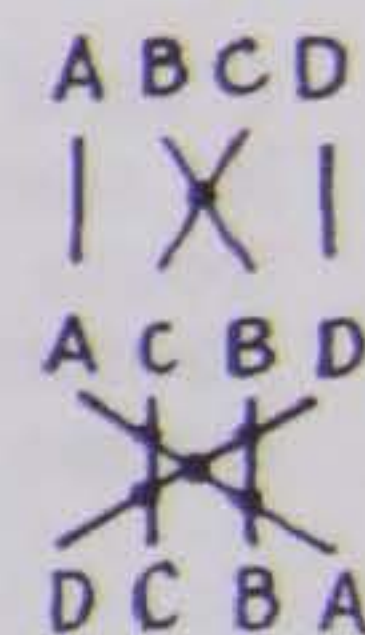
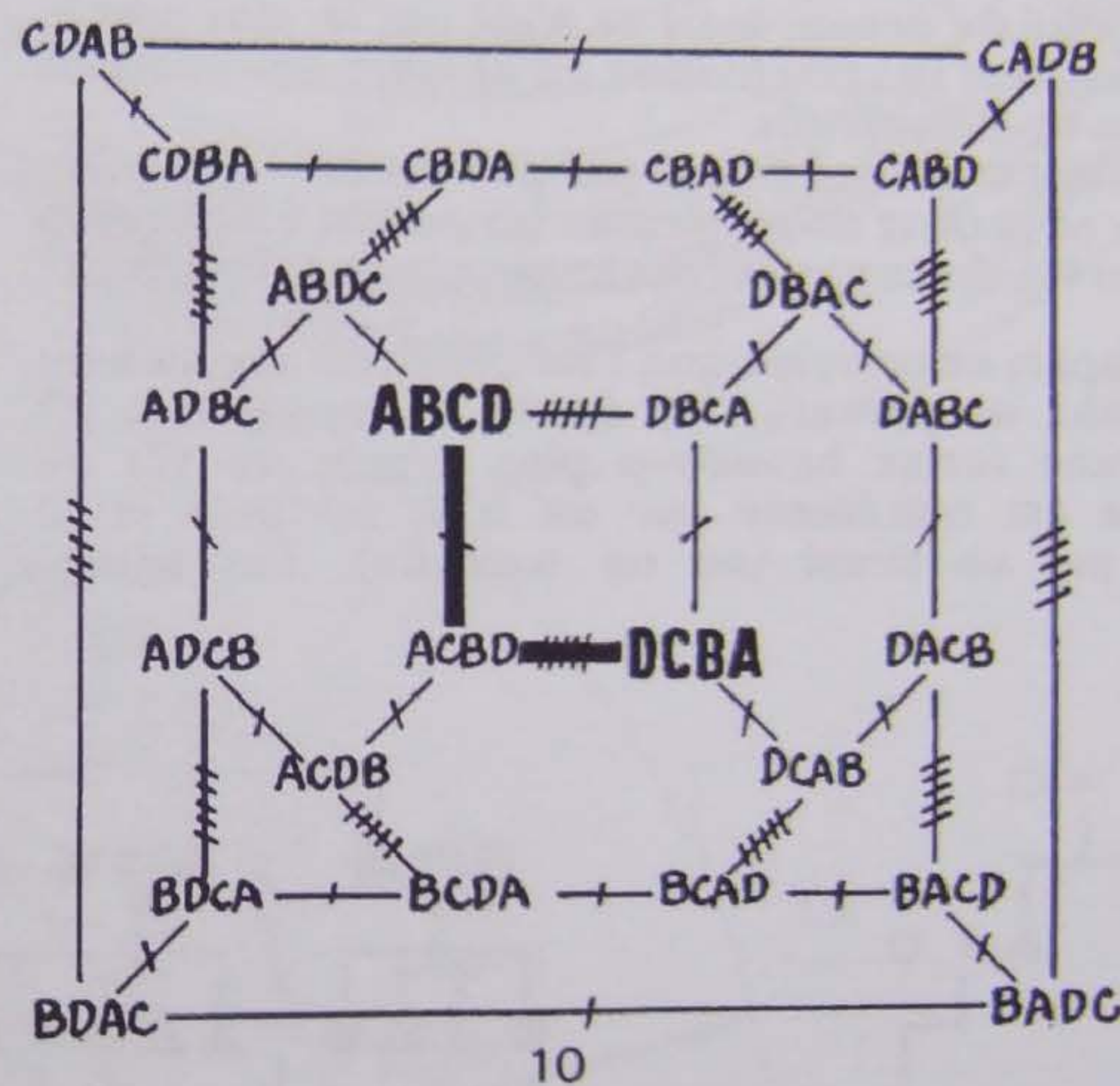
Voici par exemple le réseau des six rangements de trois objets (8). Les distances s'ajoutent: de (ABC) à (CAB), la distance est 2. Attention, la distance est représentée par le nombre de liaisons. La longueur des lignes, leur forme, n'ont pas de signification, et le dessin (9) a la même signification que (8).

### Lecture d'un réseau :

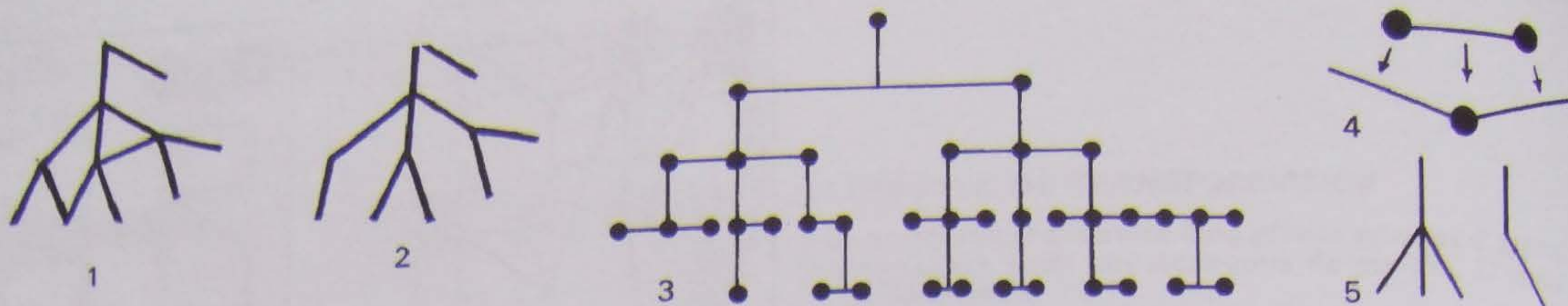
Cet exemple forme une image simple, mais dès que le nombre des objets à ranger dépasse trois, la figure ne peut plus être interprétée au niveau de l'ensemble. Il devient nécessaire de la lire au niveau élémentaire, de suivre point par point le chemin le plus court pour passer d'un rangement à un autre.

La construction de tels réseaux requiert en conséquence quelques précautions, car il est facile d'aboutir à des figures erronées. Par exemple, 4 objets A, B, C, D, fournissent 24 rangements possibles. Représentés suivant (10), certaines lignes joignent des rangements distants de 5 différences !

Pour construire la représentation correcte (11), on peut adopter la méthode suivante : prendre un rangement, placer ses trois voisins immédiats à distance 1, puis les voisins immédiats de ceux-ci, etc... les distances s'ajoutent sur le parcours le plus court à condition de considérer que la distance entre deux rangements est représentée par le nombre de liaisons sur une chaîne minimale (quant aux nombres de chaînons) entre deux rangements.







## LES ARBRES.

Un réseau dans lequel il n'y a qu'un chemin possible pour aller d'un point (sommets) à un autre, est un *Arbre*.

(1) et (2) sont des réseaux, mais (2) est un arbre.

L'arbre généalogique est l'exemple le plus connu, mais on rencontre cette situation géométrique dans les classifications, les analyses structurales de la propriété, du langage...

### Points et lignes.

On a vu, p. 270 les principales constructions possibles d'un arbre. La construction classique (3) a l'avantage de la simplicité de dessin, mais ce n'est pas la plus simple visuellement et l'augmentation du nombre des relations en limite les possibilités.

Le remplacement des points par des lignes (4) simplifie la figure et permet de supprimer les points à condition de limiter les lignes par des changements de direction (5).

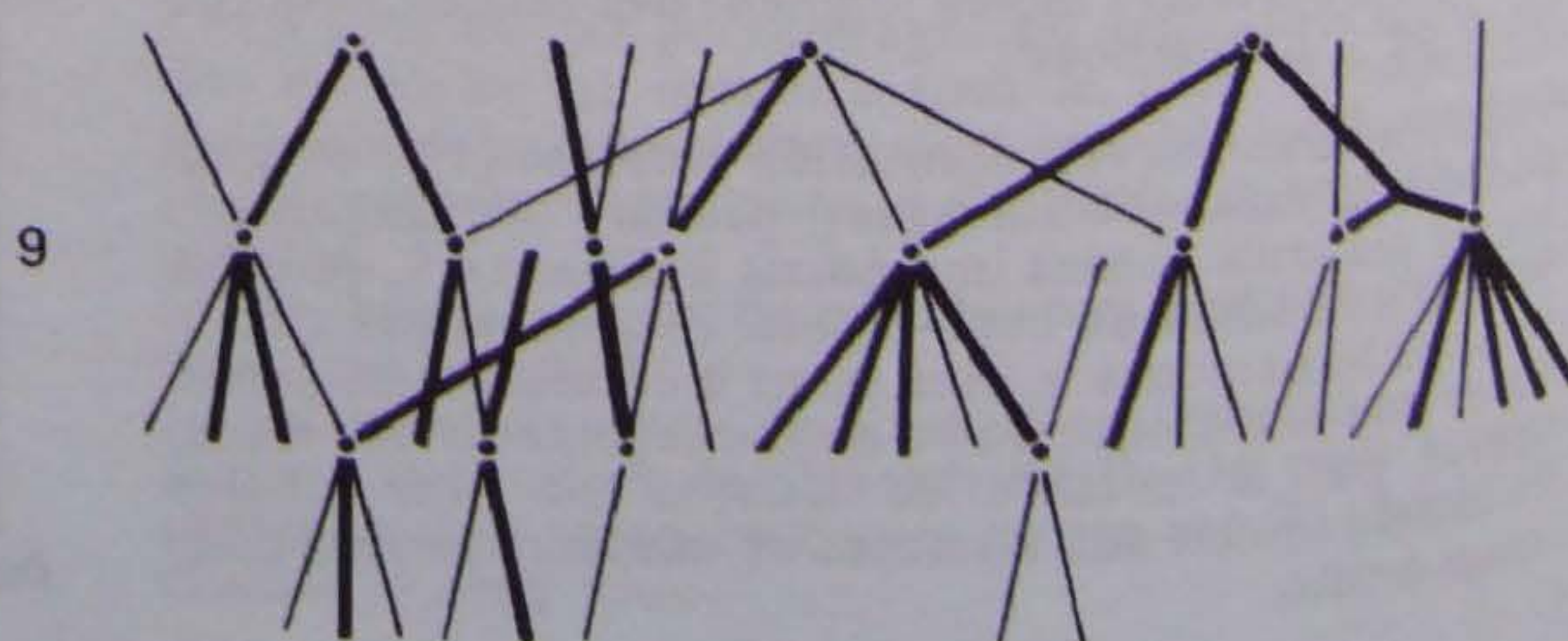
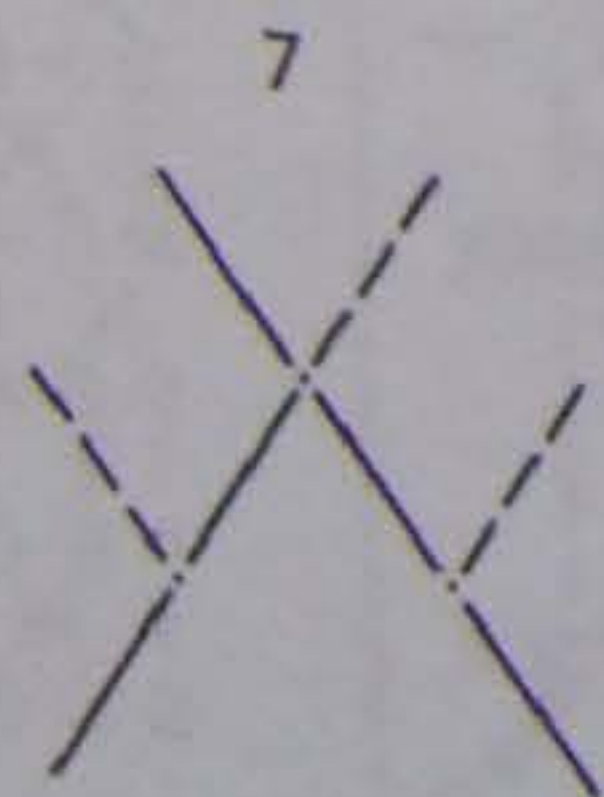
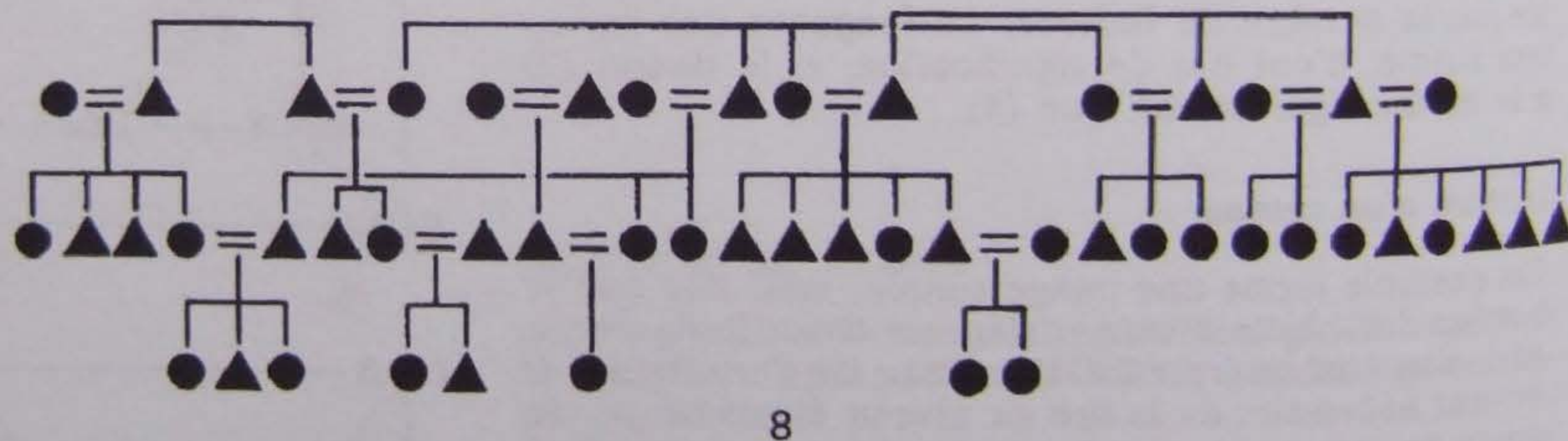
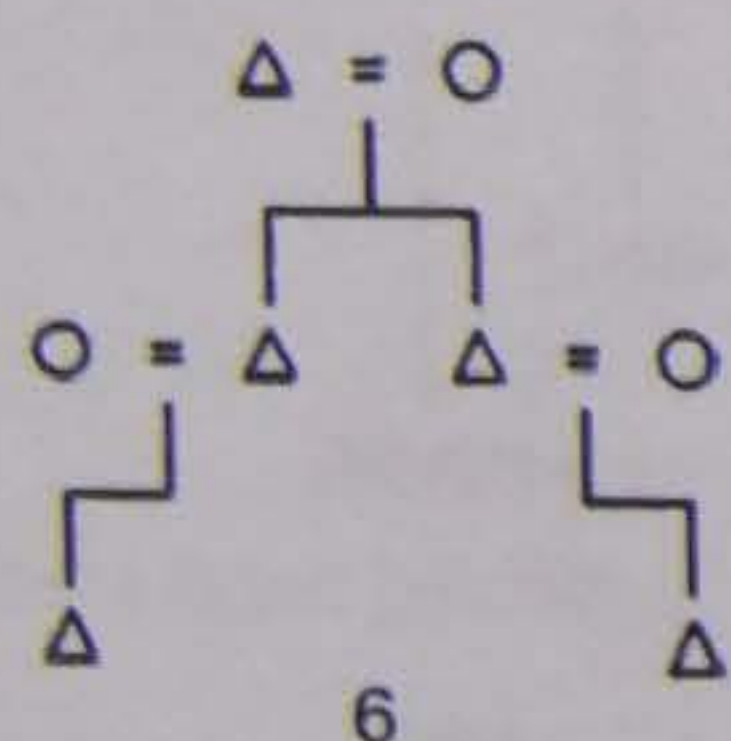
C'est d'après ce principe que l'on construit maintenant les réseaux de parenté. Le dessin conventionnel (6) trouve une forme beaucoup plus simple en (7) où l'homme est représenté par un trait renforcé et la femme par un tireté (ou un trait fin). Les figures

complexes telles que (8) deviennent enfin lisibles (9). (d'après J. CUISENIER, "Utilisation des calculatrices dans l'étude des réseaux de parenté").

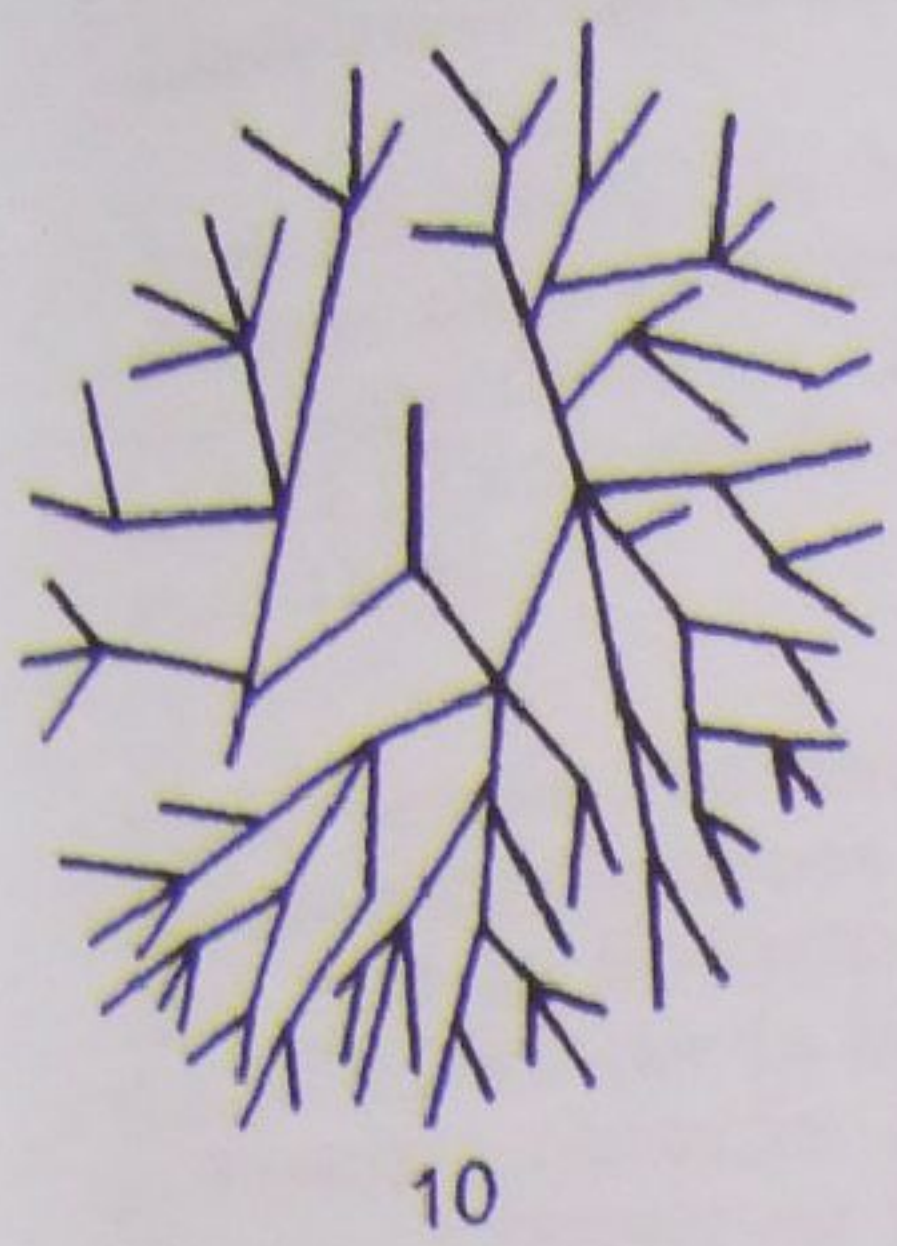
### Arbres circulaires.

La multiplication des relations conduit à un arbre étalé dans toutes les directions du plan (10), mais il a l'inconvénient de ne pas rendre sensible les divers étages de l'arbre. Une première mise en ordre est fournie par la construction (11) qui dessine une trame circulaire ordonnée. Appliquée par exemple à l'arbre généalogique de GENGIS KHAN et à sa descendance, (d'après M. TOPTCHIBACHY, "Rachid-ud-Din, La réunion des chroniques", *en préparation*), elle permet de comparer la formule (3), construite sur un cercle (12) et dans laquelle règne la plus grande confusion visuelle, à la construction (11) qui fournit (13), dans lequel l'enchaînement généalogique est visible. Les figures (12) et (13) sont la réduction de dessins originaux de 90 cm de diamètre, qui comportent l'identification de 1230 personnages. Gengis Khan est souligné par un point cerclé.

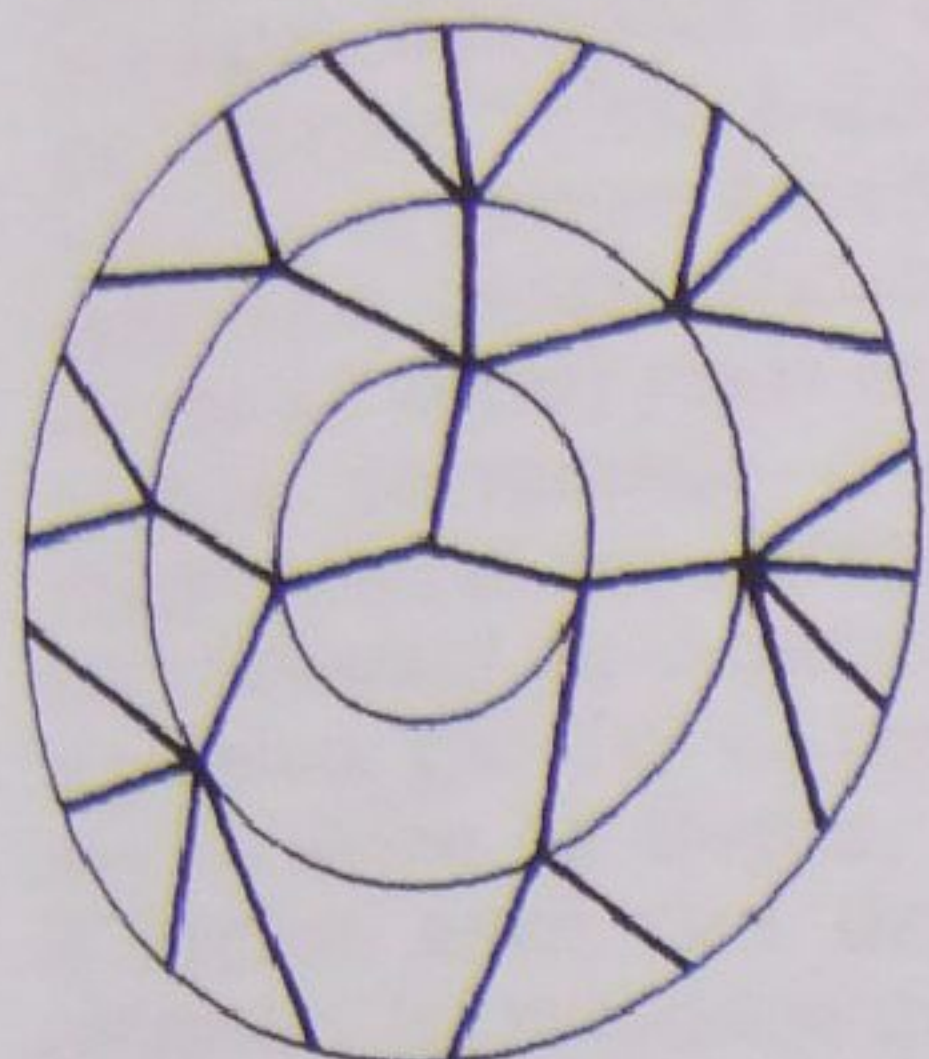
Mais l'ordre des générations n'est lisible qu'au niveau élémentaire de lecture (et par exemple il est difficile de situer le père, les frères de Gengis Khan).



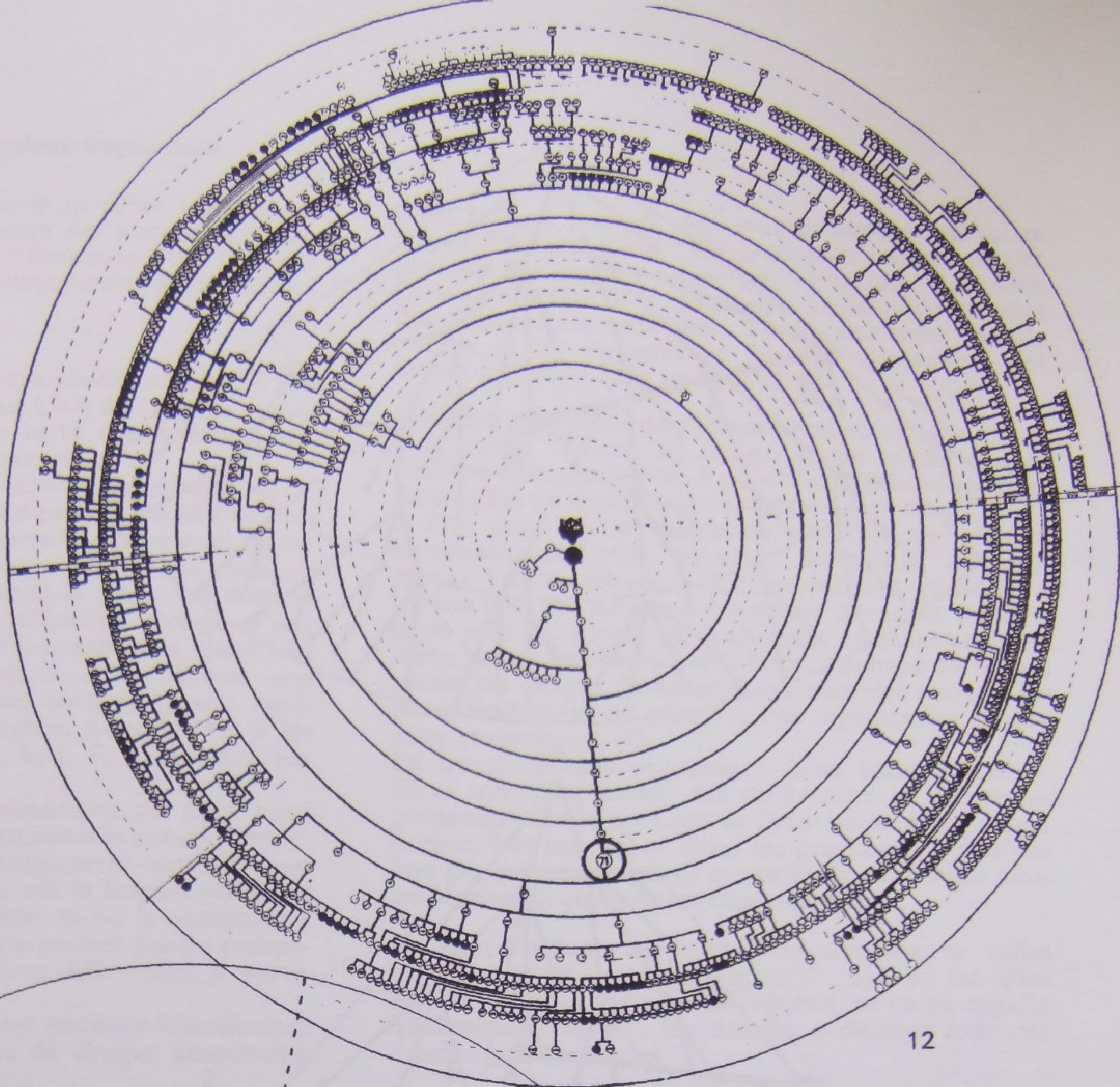




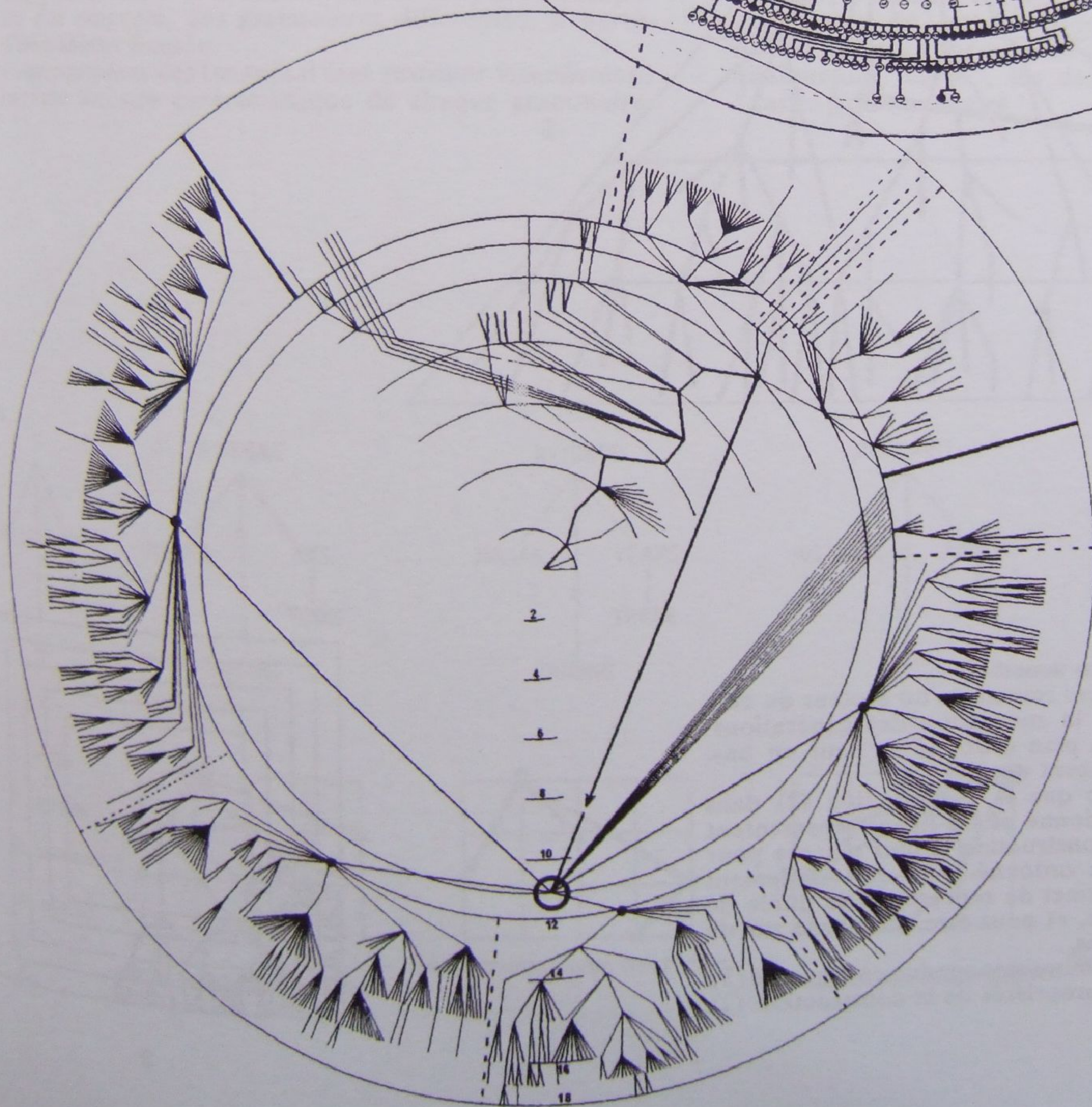
10



11

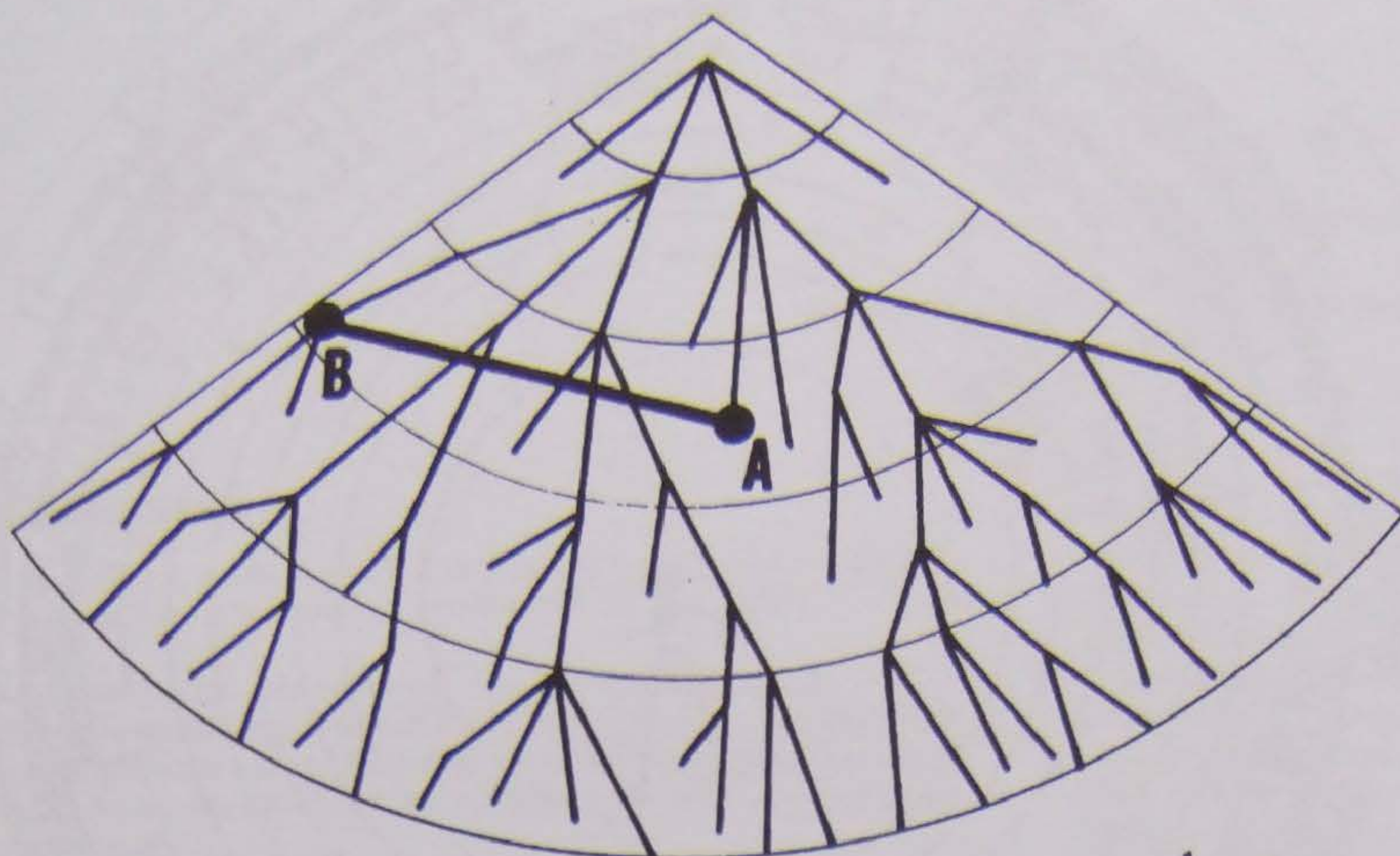


12

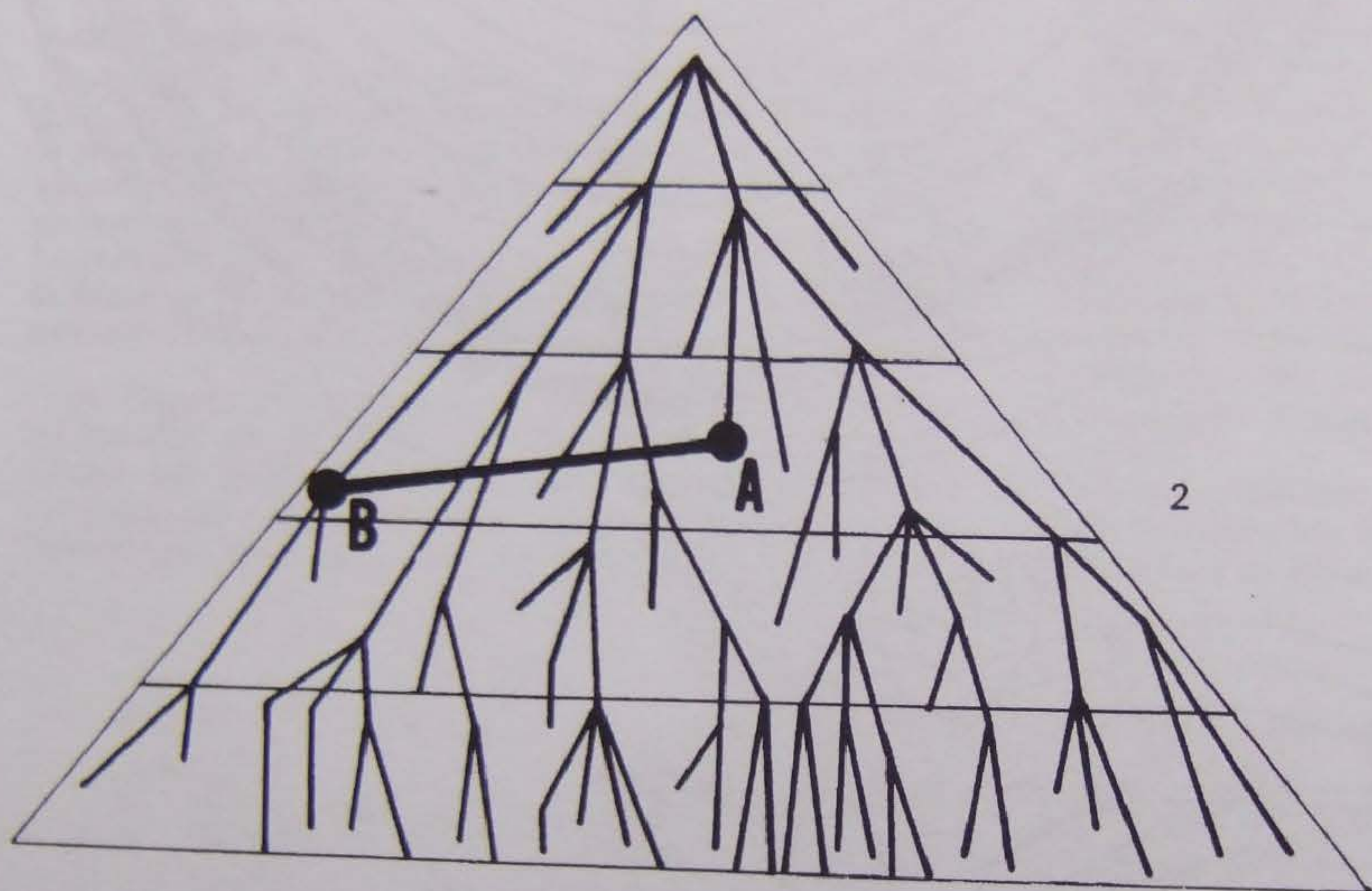


13





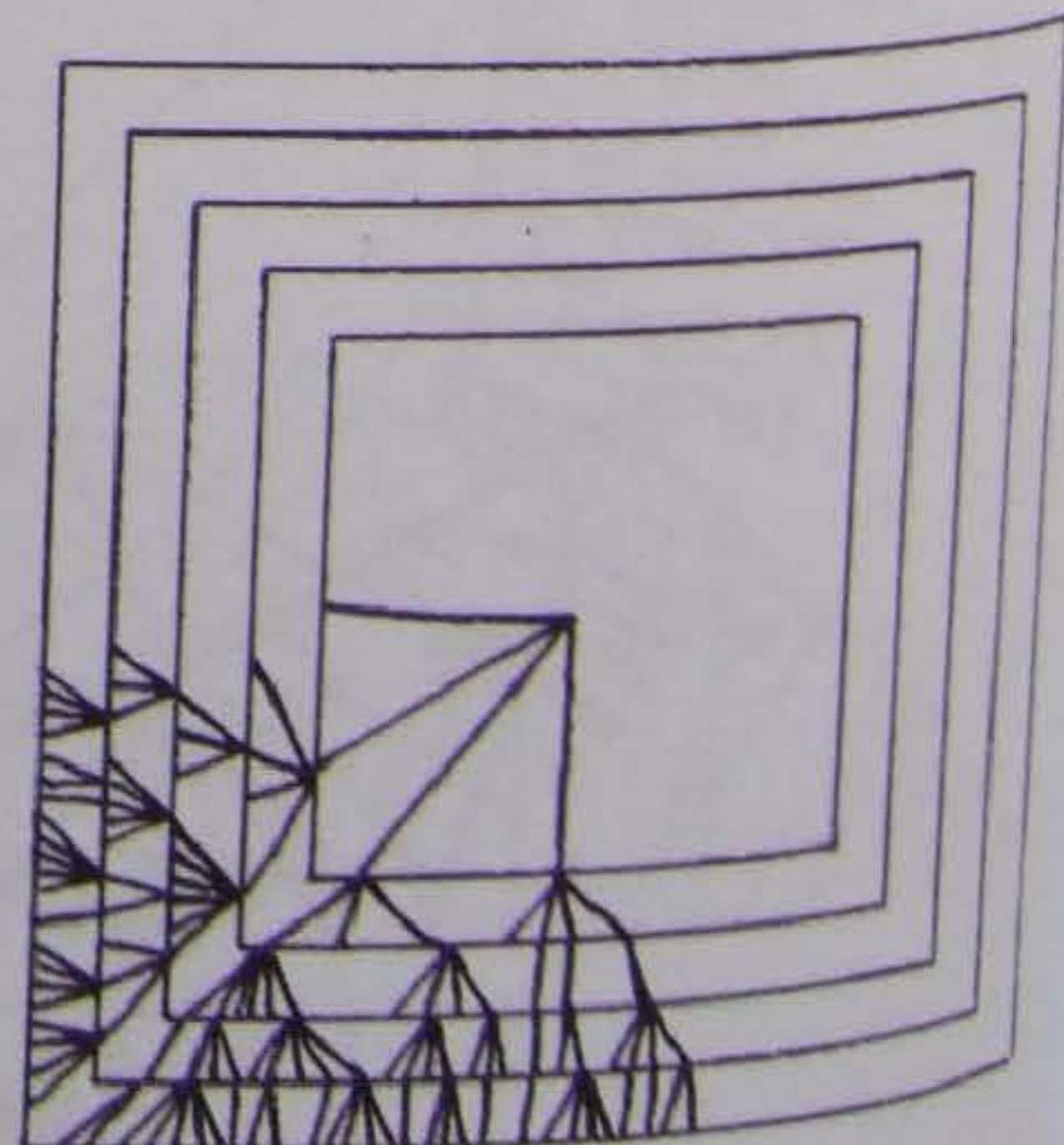
1



2

### La recherche d'un ordre sensible.

La construction (1) qui ne retient qu'un secteur du cercle, rend plus sensible la succession des générations. Elle se rapproche d'un plan ordonné de haut en bas. Mais A y paraît plus récent que B ! Il semble en définitive que la construction (2) dans laquelle le plan est ordonné et les lignes représentent les individus, offre la construction la plus efficace pour un arbre généalogique ordonné (A y est visiblement antérieur à B). Elle permet de représenter la durée de vie de chaque individu, et peut être prolongée sur de nombreuses générations. Les populations très nombreuses conduisent au carré (3). Il conserve toutes les propriétés de la construction (2).



3



## Application des arbres à l'analyse linguistique.

Nous retrouvons la recherche d'un arbre visiblement ordonné dans l'évolution récente des méthodes d'analyse linguistique et dans les "Stemmas" de L. TESNIÈRE (Éléments de syntaxe structurale - Klincksieck - Paris 1958).

Toute pensée est multidimensionnelle et résulte du concours de plusieurs concepts. L'art du langage verbal tient dans la linéarisation de cette concourance, qui doit s'inscrire sur la ligne du temps.

L. Tesnière cherche à faire éclater la linéarité de la phrase et à retrouver le fond de pensée quelle que soit la langue. Il propose de construire la phrase sous forme de "Stemma" c'est-à-dire suivant un Arbre qui souligne non plus la phrase entendue dans le temps (et dont la succession grammaticale des éléments change d'une langue à l'autre) mais les concepts exprimés, dans leur relation universelle d'attribution. Il se donne une composante  $\neq$  qui catégorise les mots en quatre espèces : Substantifs, Adjectifs, Verbes, Adverbes, et il les représente par des signes : O, A, I, E, c'est-à-dire par une variation de forme.

Il dispose ainsi des deux dimensions du plan pour construire les relations qui constituent la pensée à exprimer. Le Stemma sera donc pratiquement constant pour une pensée donnée, quelle que soit la langue, (4). C'est un moyen d'analyser une pensée, et de la comparer à une pensée différente mais il ne permet pas de comparer des langages, des grammaires différentes, à partir d'une même pensée.

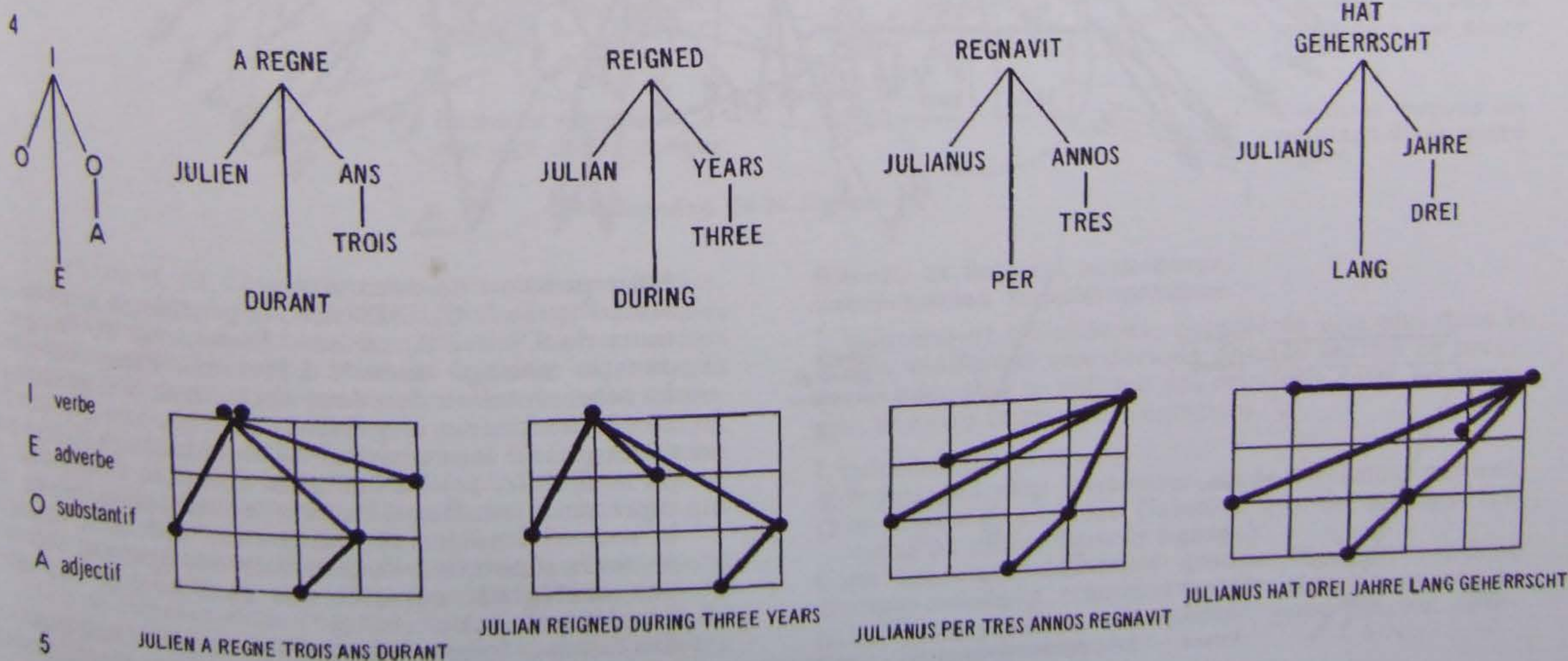
Pour comparer des langues il faut restituer visuellement la règle linéaire caractéristique de chaque grammaire.

C'est à quoi tendent des études comme celles de Y. LECERF et P. IHM "Éléments pour une grammaire générale des langues projectives" Euratom, Bruxelles. Ceux-ci donnent à la dimension horizontale du plan une signification ordonnée : l'ordre des mots dans la phrase, et les stemmas de Tesnière deviennent des arbres ordonnés dans une dimension.

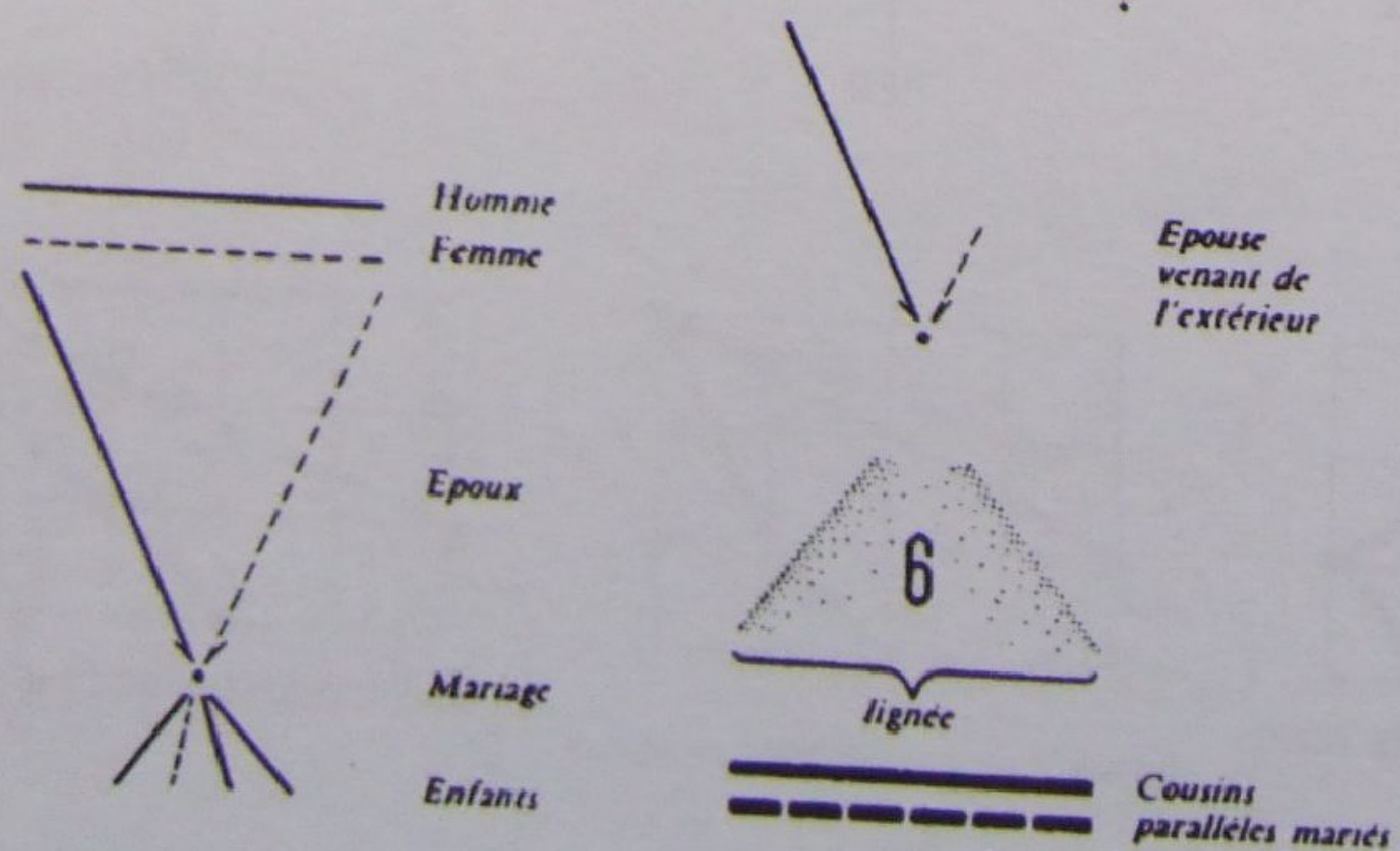
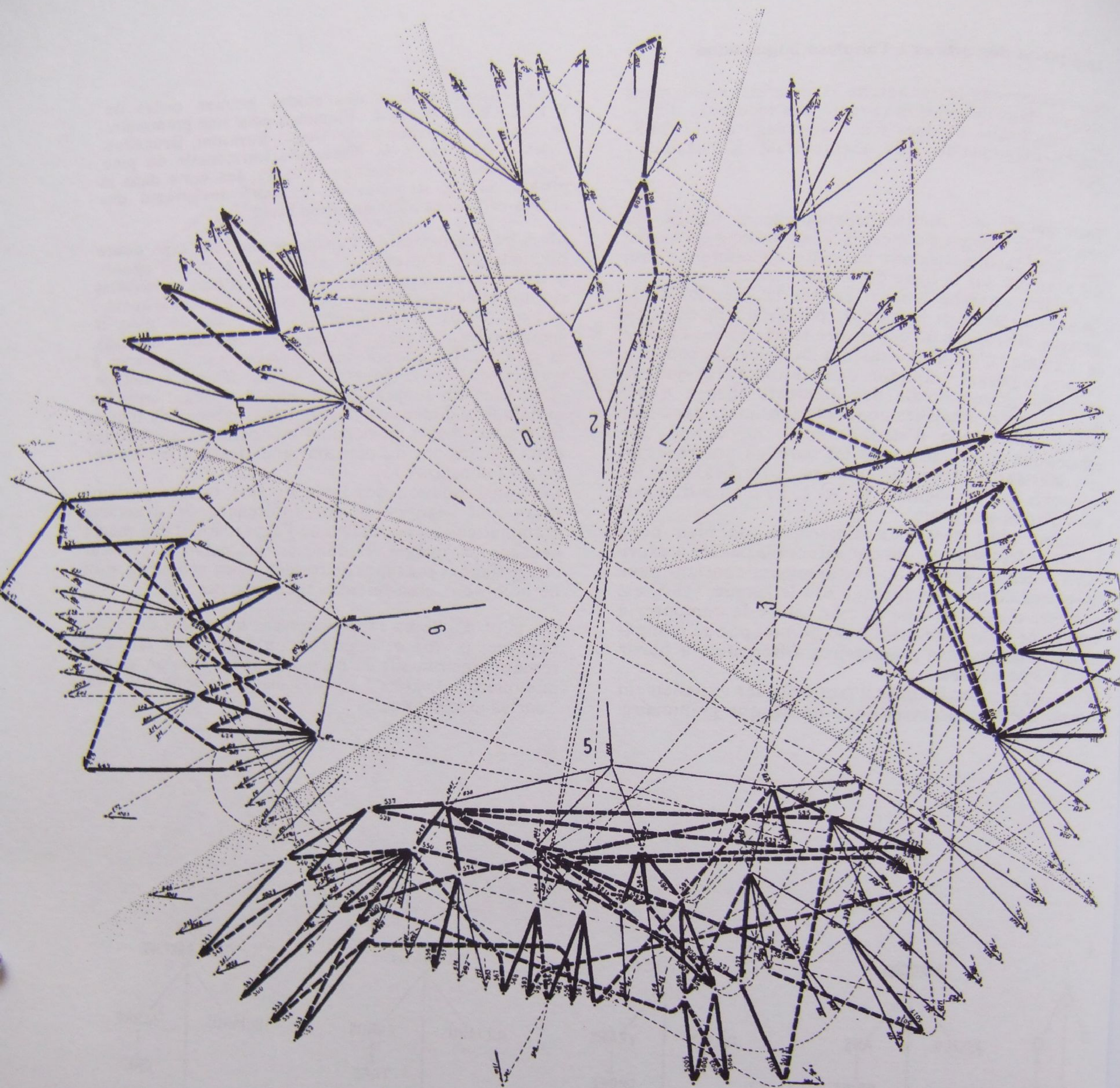
Mais les propriétés de l'image permettent sans doute plus encore. Toutes les images d'une même pensée peuvent être comparées, à condition d'être construites sur un plan de signification constante. Par conséquent : si l'on donne à la dimension verticale du plan la signification  $\neq$  (Verbe, adverbe, Substantif, adjectif), et que l'ordre adopté verticalement soit conservé à travers tous les langages, les signes devenant inutiles, si, de plus, on adopte un écartement constant entre les mots, sur la dimension horizontale ordonnée du temps, toutes les images deviennent comparables puisque les deux dimensions du plan ont une signification homogène et constante (5).

La transformation des images, leurs formes particulières sont l'expression des différences de structures grammaticales à l'occasion de l'expression d'une même pensée. Les images, et donc les grammaires, peuvent être groupées par types de ressemblance et fournir ainsi de nombreux classements expérimentaux.

On peut d'ailleurs rapprocher ces méthodes de celles exposées p. 262 et constater qu'il s'agit en fait d'un réseau construit sur un plan ordonné, ce qu'on appelle quelquefois "carte", les dessins ci-dessous sont des "cartes grammaticales".



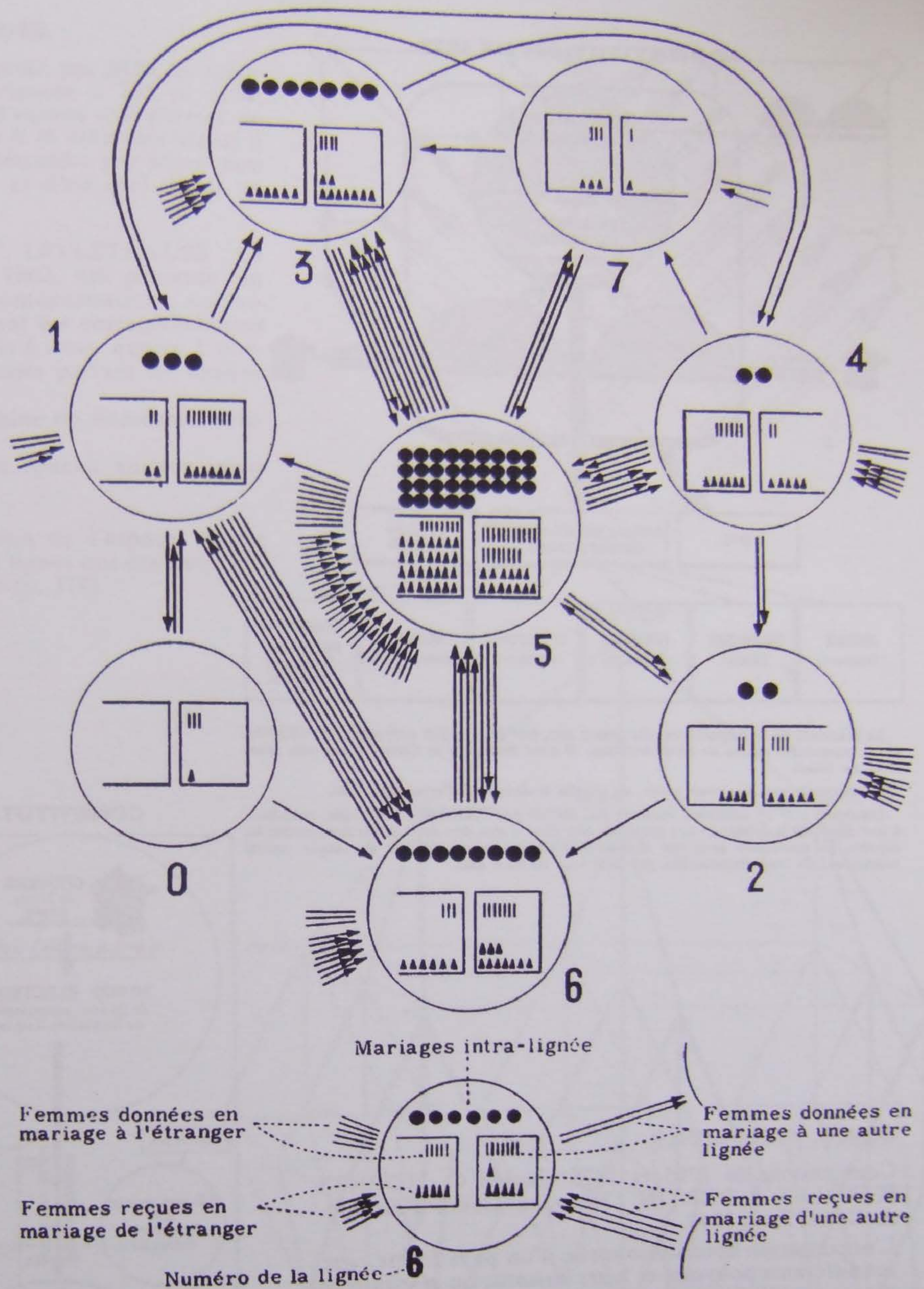




### Superposition de deux arbres.

Soit, d'après J. CUISENIER, la généalogie des populations du Djebel Ansarine. "Endogamie et Exogamie dans le mariage arabe", L'Homme, Paris, mai 1962. La représentation des deux sexes dans une généalogie met le dessinateur en présence de deux arbres. Pour les superposer il faut construire l'un et traduire l'autre par un treillis. Ici (1) l'arbre mâle constitue la base de la représentation. Il suit en cela la conception tribale de la société étudiée, et souligne ses différents lignages (noter la séparation visuelle entre les lignages, obtenue par un dégradé qui crée une zone et non une ligne supplémentaire). Les femmes forment un treillis complexe qui, pour ne pas être source de confusion, doit être sélectionné





visuellement, en s'inscrivant dans une valeur discrète. Malgré sa complexité, cet arbre permet, par exemple, de souligner l'importance des alliances entre cousins parallèles, (soulignées par les traits de valeur supérieure) qui caractérisent le régime matrimonial de cette population, et l'oppose par exemple au régime esquimau, révélé par J. MALAURIE (généalogie de la population de Thulé). Ainsi, l'objet des arbres généalogiques peut et doit déborder le niveau élémentaire de lecture qui en fait un inventaire de toutes les parentés. L'arbre devient avec l'image d'ensemble, un instrument de comparaison de structures parentales qui peuvent être différentes dans l'espace, dans le temps, ou de comparaison de structures parentales et de structures socio-économiques fondées sur la possession des biens.

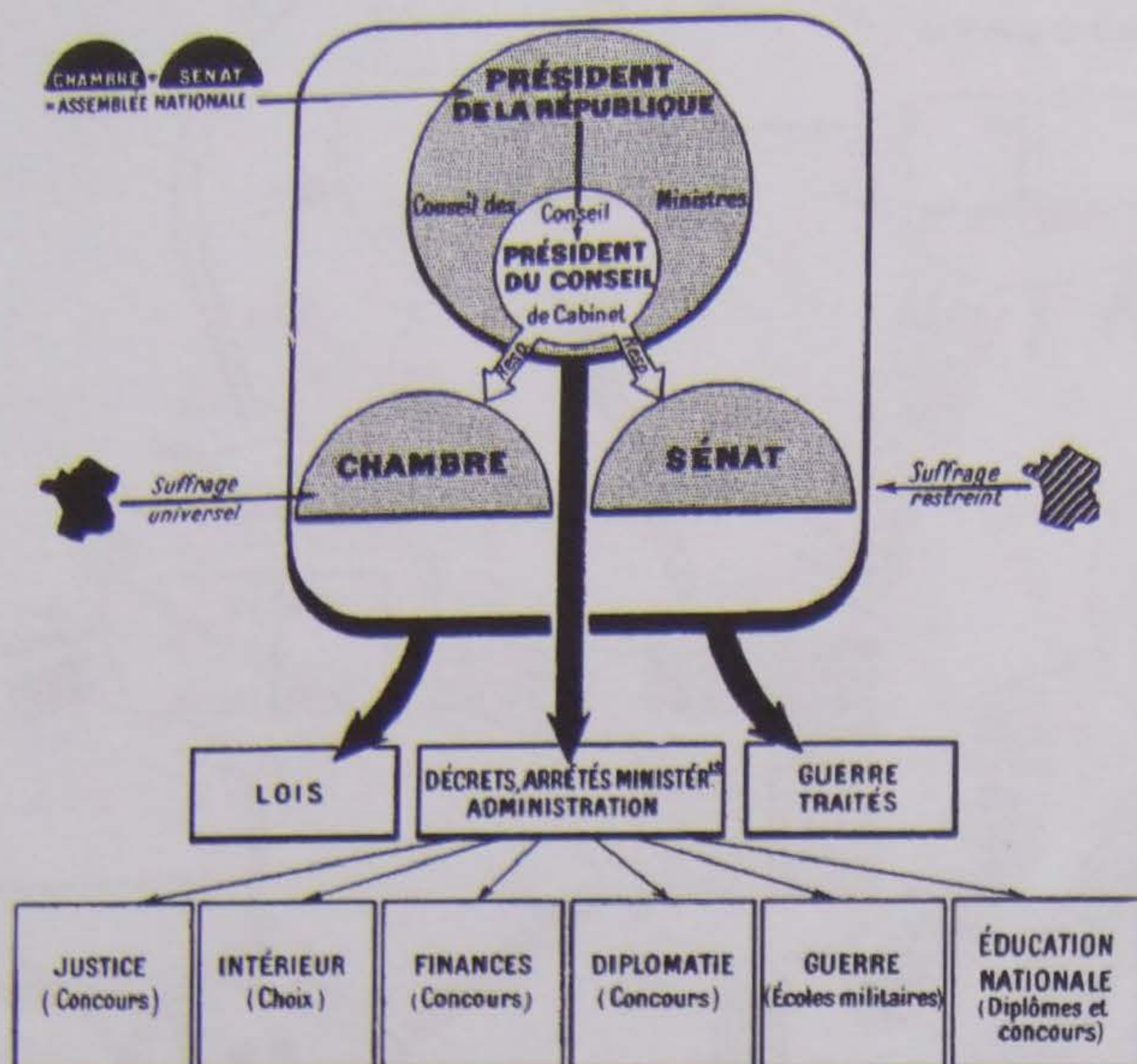
#### Réseau et liaisons extérieures, composantes supplémentaires.

L'information précédente, considérée non plus dans le temps, mais pour une période donnée permet de préciser la nature et le volume des relations entre les lignages, et entre ceux-ci et l'extérieur.

L'information devient :  
 ≠ 8 lignages plus l'extérieur et des liaisons, suivant, Q de liaisons orientées (femmes que le mariage fait sortir ou entrer dans le lignage).  
 C'est un réseau. Chaque groupe (lignage) contient diverses notations, traduites par des signes conventionnels. Elles rappellent et totalisent, pour chacun, différents aspects des liaisons.



## CONSTITUTION DE 1875



Le Président de la République, élu pour 7 ans, par l'Assemblée nationale, est rééligible. Il est responsable en cas de haute trahison. Il peut dissoudre la Chambre sur avis favorable du Sénat.

Les députés sont élus pour 4 ans, au scrutin uninominal d'arrondissement.

Sénateurs : 1° 75 sénateurs inamovibles, choisis par l'Assemblée nationale, remplacés à leur décès par le Sénat; 2° 225 sénateurs élus pour 9 ans, par des collèges comprenant les députés, les conseillers généraux et d'arrondissement, et un délégué de chaque conseil municipal: ils sont renouvelables par tiers tous les trois ans.

1

### ZONES, INCLUSIONS.

Constitutions de 1795 et 1875 d'après C. MORAZE, P. WOLFF, J. BERTIN "Nouveau Cours d'histoire" A. Colin, Paris 1948.

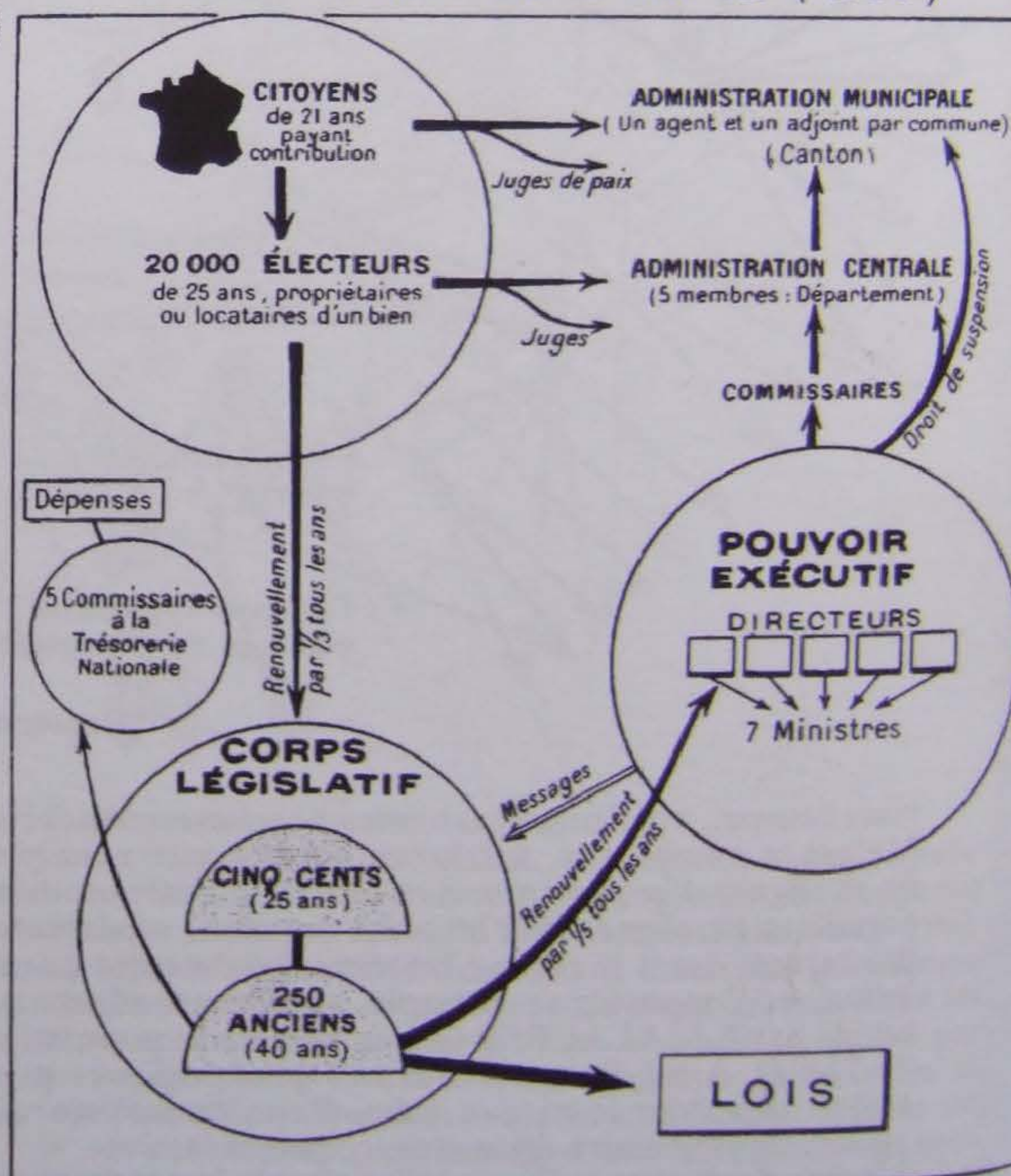
L'organisation constitutionnelle d'un pays forme, avec ses différents pouvoirs et leurs liaisons, un réseau complexe de relations d'incidence, d'inclusion, plus ou moins hiérarchisé.

La représentation graphique permet d'en souligner les traits caractéristiques, en combinant des inclusions d'éléments dans des zones et des liaisons orientées.

La constitution de 1875 apparaît homogène et hiérarchisée. Sans qu'il soit besoin de le préciser, le plan revêt une signification ordonnée de haut en bas, et en même temps développe horizontalement des catégories dans des niveaux d'égalité.

En regard, la constitution de 1795 souligne la politique du "laisser faire" qui caractérise le Directoire. Cet exemple montre que le plan peut revêtir visiblement une signification de "non organisation", de désordre.

## CONSTITUTION DE L'AN III (1795)



Pour chaque poste de Directeur ou de Commissaire de la Trésorerie, les Cinq Cents proposent 10 candidats aux Anciens. Les Anciens peuvent transférer hors de Paris le gouvernement et les Assemblées. Les grandes villes (Paris, Lyon, Marseille, Bordeaux) sont divisées en plusieurs municipalités avec un bureau central.



## RÉSEAUX STÉRÉOGRAPHIQUES.

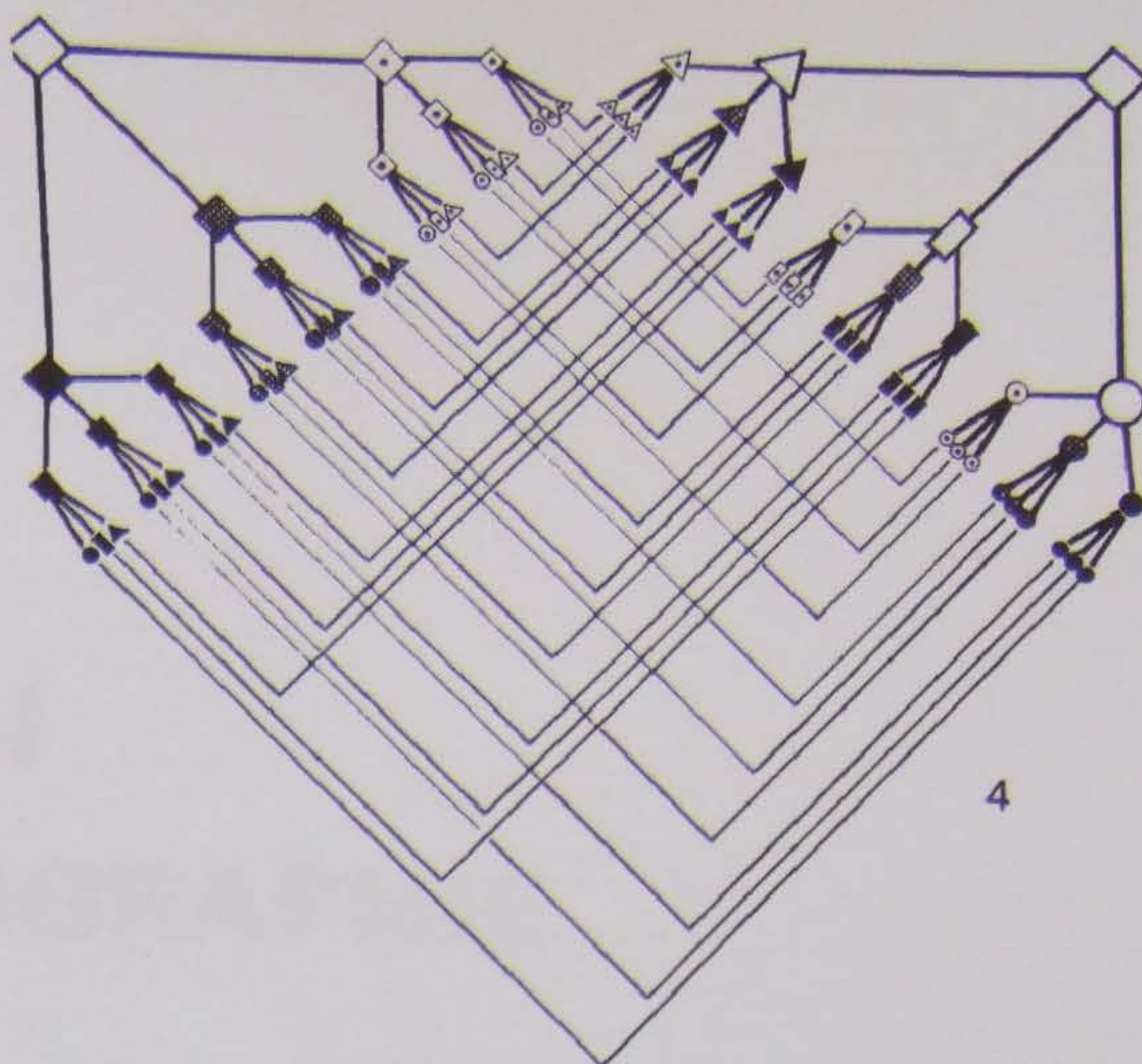
La résille des tétraèdres, présentée par Mlle G. GUILLET (C. R. Académie des Sciences 5 235 p. 1274, nov. 1952), est une figure de l'espace qui permet de passer d'un tétraèdre du genre 0 (6 éléments aigus) à n'importe quel autre genre de tétraèdre par adjonction successive d'un élément obtus et d'un seul. C'est un réseau à trois dimensions (3).

L' "opérateur totémique" de C. LEVI-STRAUSS "La Pensée sauvage" Plon, Paris 1962, qui présente un microcosme du problème des catégorisations, correspond à deux arbres opposés dont les correspondances se croisent deux à deux (ou trois à trois, quatre à quatre, suivant le nombre de chemins partant de chaque sommet).

Inscrit dans le plan (4) il détermine de nombreux croisements non significatifs.

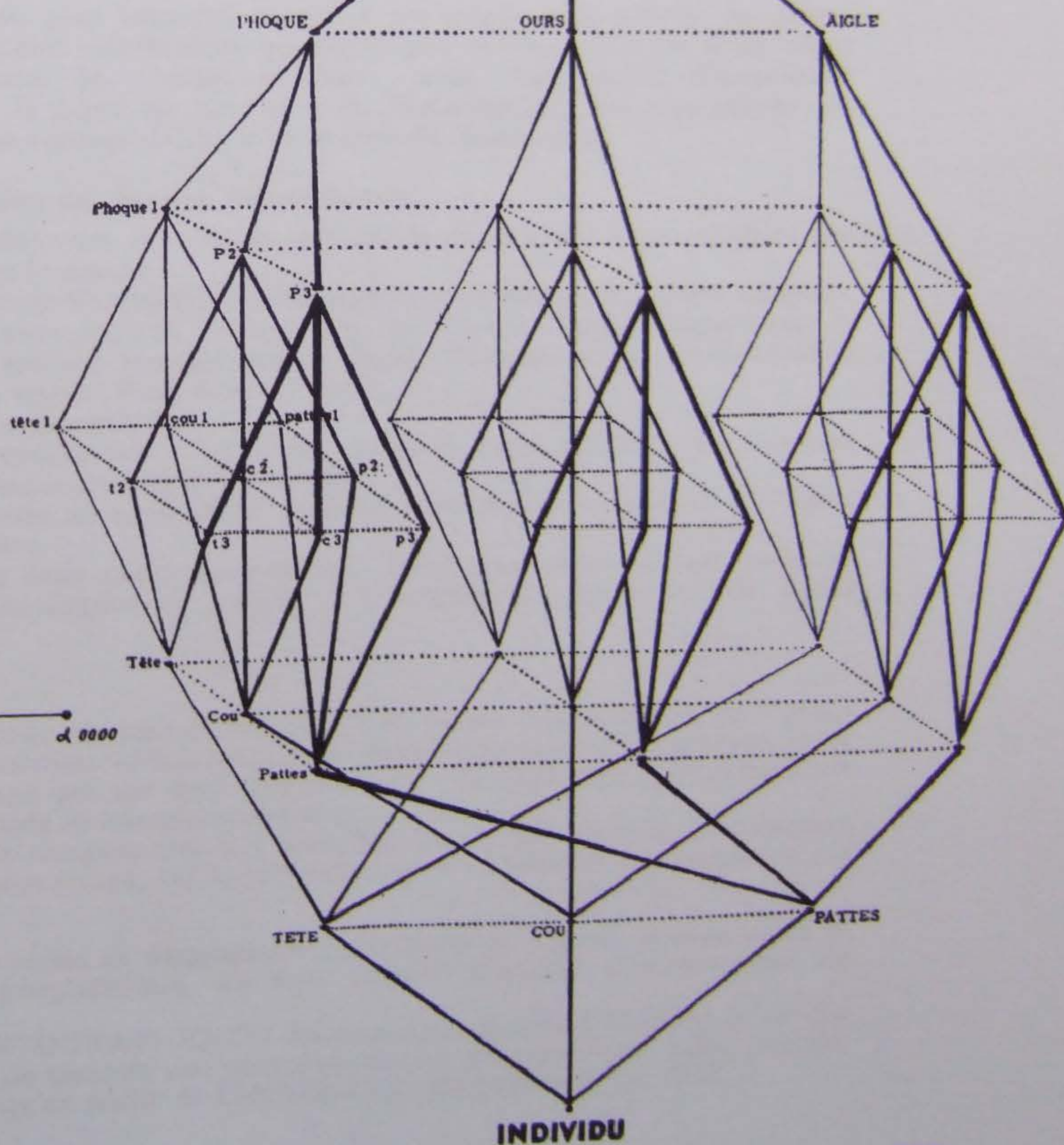
Imaginé dans l'espace (5) il ne fournit aucune intersection.

Dans les deux cas, la suggestion de l'espace résulte d'une variation de grosseur des lignes qui crée une différence de plans en profondeur (p. 378).



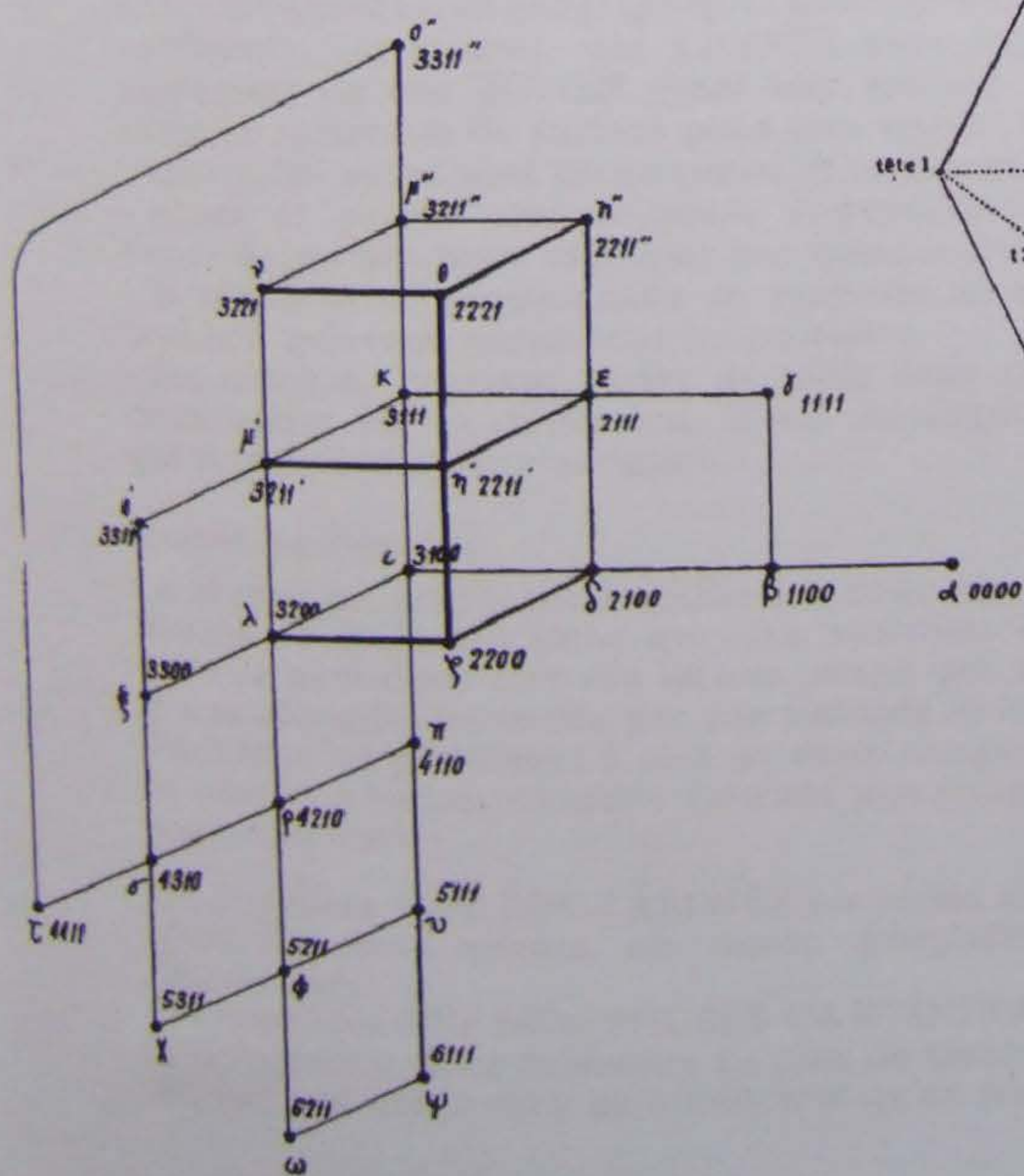
ESPÈCE

5



3

### Résille généalogique des tétraèdres





# III

## LA CARTOGRAPHIE

### Définition

La construction est une carte géographique lorsque les correspondances dans le plan s'établissent entre les éléments d'une composante géographique, disposés suivant l'ordre géographique observé. Rappelons qu'une composante géographique peut toujours être construite de manière linéaire et s'inscrire dans un diagramme (p. 51).

L'espace géographique étant continu, on peut toujours imaginer un relevé plus précis, un affinement de l'inventaire, et il est clair qu'une information géographique résulte toujours d'un choix humain. Il ne peut donc être question de "cartes exactes", mais d'un degré d'exactitude cartographique. Il est à deux niveaux : le degré de précision de l'information, du topographe, de l'enquêteur et le degré de précision de la représentation c'est-à-dire du dessinateur.

### Processus de construction et signification des figures élémentaires.

La carte est un réseau ordonné. Il suffit, soit de relever cet ordre (Géodésie, Topographie) soit de reproduire les relevés pour construire le réseau.

Les correspondances géographiques peuvent être des POINTS sans surface (points géodésiques, sommets, confluent, carrefours), des LIGNES sans surface (côtes, axe de rivière, limites naturelles ou humaines) ou des ZONES ayant une surface sensible (villes, lacs). Comme toute représentation exige un minimum de surface pour être visible, il est évident que :

- seules, les zones sont théoriquement représentables.
- lignes et points sont toujours conventionnels. Signifiant position sans surface, ils peuvent varier de surface pour exprimer une composante de 3<sup>e</sup> dimension.
- la signification positionnelle se rapporte naturellement au centre du point, à l'axe de la ligne, seul lieu universel parmi tous les possibles.
- les zones ne peuvent varier de taille sans varier en position. Pour leur affecter une variation quantitative en 3<sup>e</sup> dimension, il est nécessaire de remplir leur espace de points ou de lignes qui supporteront cette variation.

### L'unité de l'image.

Le réseau géographique mobilise les deux dimensions du plan. Les autres composantes de l'information ne disposent donc que des variables rétinienne pour leur transcription graphique. Une carte ne peut donc être vue en une image que sur deux composantes : la composante géographique et une seconde, transcrite par une variable rétinienne ordonnée.

Dans tous les problèmes à plus de deux composantes il y aura lieu de choisir entre la construction de plusieurs cartes, chacune formant une image, ou la superposition de plusieurs composantes sur une même carte.

On appellera CARTOGRAMMES les séries de diagrammes (constructions à deux composantes et plus) disposées suivant un réseau géographique. Ils sont formés d'autant d'images que de diagrammes.

On appellera ANAMORPHOSES CARTOGRAPHIQUES les constructions qui déforment le réseau géographique, pour permettre au plan de traduire une composante non géographique. Elles peuvent former une image mais ne bénéficient qu'en partie de l'identification géographique (p. 121).



## CARACTÈRES DE LA COMPOSANTE GÉOGRAPHIQUE.

### La lecture d'une carte.

La nature irrégulière des tracés géographiques révèle au premier coup d'œil le fait cartographique. Sans lire le titre, le lecteur sait qu'il est devant une carte. Mais pour prendre connaissance de son contenu, il doit reconnaître les composantes de l'information et IDENTIFIER :

- l'espace représenté : de quelle région s'agit-il?
  - l'invariant : que représente chaque ligne, chaque point?
  - les composantes de 3<sup>e</sup> dimension : quelle différence y a-t-il entre les lignes rouges et les lignes noires?
- Dans un diagramme, ce sont les MOTS du titre et les termes portés sur les composantes du plan qui fournissent ces identifications.

Dans une carte, titre et légende permettent d'identifier l'invariant et les composantes de 3<sup>e</sup> dimension, et l'on peut en définir une disposition et une formulation types (p. 19).

Mais il faut aussi identifier l'ordre géographique représenté par le plan.

### L'ordre géographique.

Transcrites suivant une droite (diagrammes, tableaux) les catégories géographiques n'ont aucune propriété particulière. Comme les autres, la composante géographique se caractérise par son niveau d'organisation et sa longueur. Elle se prête aux classements, à la diagonalisation et participe à la réduction des composantes.

Transcrites suivant l'ordre géographique, les catégories géographiques dessinent une carte, c'est-à-dire un réseau ordonné.

La cartographie, traduction plane de l'ordre géographique, est l'unique moyen de réduire la composante géographique en fonction des relations de proximité spatiale. Il n'y a pas d'autre système pour opérer la régionalisation de l'espace.

### Les propriétés de l'ordre géographique.

Parmi les concepts ordonnés sur lesquels se fonde la connaissance, l'ordre géographique a des propriétés toutes particulières :

Il est visible et c'est par le même sens, la vue, qu'on le perçoit et qu'on perçoit son expression graphique. De ce fait, la transcription d'un espace (géographique) sur un espace (feuille de papier, support) apparaît la plus simple, la plus compréhensible (et la plus ancienne) des transcriptions graphiques.

Il est à deux dimensions et pour cette raison, il nous fournit la composante la plus pratiquement divisible,

celle dans laquelle l'homme est capable d'identifier le plus grand nombre de catégories sans devoir faire intervenir des appareils ou des définitions complexes. Le temps par exemple, nous offre, au niveau le plus élémentaire trois catégories non ambiguës : avant, pendant, après. A ce même niveau l'espace-plan nous en offre cinq : devant, au milieu, derrière, à gauche, à droite.

Il est constant à l'échelle du temps humain. Cette propriété, liée à la précédente, fait de l'ordre géographique la composante qui nous offre le plus de repères pratiques constants. Il est universel c'est-à-dire que toute identification fondée sur ses repères, quel qu'en soit son auteur, aboutit à la même forme visuelle.

Quel que soit le nombre de diagrammes observés dans la vie, il faudra chaque fois procéder à une identification complète en face de chacun d'eux.

Par contre les observations cartographiques, en se répétant toujours semblables à elles-mêmes, en s'emboîtant dans une structure universelle, facilitent progressivement l'effort d'identification et construisent dans l'esprit un unique ensemble homogène et ordonné : la référence géographique.

Aussi, chaque fois que se posent des problèmes de mémorisation, l'ordre géographique reste l'ordre privilégié, bien qu'en première analyse la proximité spatiale apparaisse, particulièrement dans les contacts humains, moins significative que la proximité d'âge, la proximité sociale ou professionnelle.

Les propriétés d'identification font de l'ordre géographique l'ordre privilégié des problèmes de "communication visuelle".

Les expériences les plus récentes semblent montrer, grâce à l'automatisation de la rédaction et surtout de la documentation graphique que le traitement graphique est au moins aussi efficace que le traitement purement mathématique dès que le nombre des concepts se multiplie et que l'on cherche à introduire dans le problème traité toute l'information connue s'y rapportant. La cartographie tend à devenir la base de comparaison la plus pratique pour intégrer et réduire l'ensemble de l'information moderne.

Si le géographe cherche à définir un domaine en termes d'espace et découvre des "régions", si l'historien cherche à définir un domaine en termes d'espace et de temps et découvre des "civilisations", le cartographe se sert de l'espace pour instruire l'homme dans tous les domaines concevables. C'est le "mathématicien" d'un système de signes non mathématique.



# A. L'identification géographique externe

*L'identification externe est le premier stade de la lecture et une carte n'est utile qu'à partir du moment où le lecteur a situé l'espace qu'elle représente dans le champ de ses connaissances géographiques.*

*De quel espace s'agit-il? Cette question comporte deux réponses : une situation, une dimension.*

## L'IDENTIFICATION EN SITUATION LES PROJECTIONS

L'identification en situation permet de pointer mentalement le centre de la carte par rapport à une forme géographique connue.

Nous y parvenons grâce à plusieurs indications :

**Le mot.** - C'est un nom figurant dans le titre. Il peut caractériser une ville, un fleuve, une région, une mer. Pour le lecteur, les mots se situent à des degrés très variables de familiarité : France, Amérique, Dakar, Setchouan, Sidobre... et les index géographiques permettent de rapporter le mot non "situé" dans notre esprit, à une forme (région) déjà identifiée.

**Le système des méridiens et parallèles.** - C'est une convention universelle maintenant bien connue du lecteur moyen. Elle permet toujours de rapporter un point à une région plus vaste, déjà identifiée.

**L'identification au centième.** - Le système est basé sur les coordonnées géographiques, mais, dans le cadre d'une recherche documentaire, il permet de repérer la situation d'un document d'une manière plus simple et plus rapide. Il est analogue dans son principe aux quadrillages d'identification que les militaires ont portés sur les cartes topographiques.

La sphère terrestre est découpée en 432 surfaces de 10° de latitude et 15° de longitude. Ces surfaces sont numérotées en latitude 1 à 9 dans l'hémisphère Nord, de 01 à 09 dans l'hémisphère Sud. En longitude elles sont identifiées de A (30° Ouest Greenwich) à X. Chacune des 432 surfaces est donc identifiée par deux signes (Exemple 7B) ou par trois signes dans l'hémisphère S. (Exemple 07E.).

Deux nouveaux chiffres peuvent préciser un rectangle correspondant au centième d'une de ces surfaces. Exemple : 7B - 28.

Deux autres chiffres peuvent encore préciser le centième du rectangle précédent - Exemple : 7B - 28 - 44. Deux chiffres de plus permettraient de situer un point à un km près!

Dans la pratique, le centre d'un document donné concernant l'hémisphère Nord peut être situé sur une carte

au 1/5 M par exemple, dans un rectangle dont le côté moyen sera d'environ :

22 cm pour une identification à deux signes,

2 cm pour une identification à quatre signes,

2 mm pour une identification à six signes.

C'est le système le plus commode pour situer rapidement avec le degré de précision requis par l'échelle, la grande diversité des documents résultant de la recherche moderne et dont l'identification correcte exige actuellement de posséder sa collection topographique mondiale!

Une table de correspondance (ou une simple carte) permet éventuellement de passer du système des coordonnées géographiques classiques à l'identification au centième.

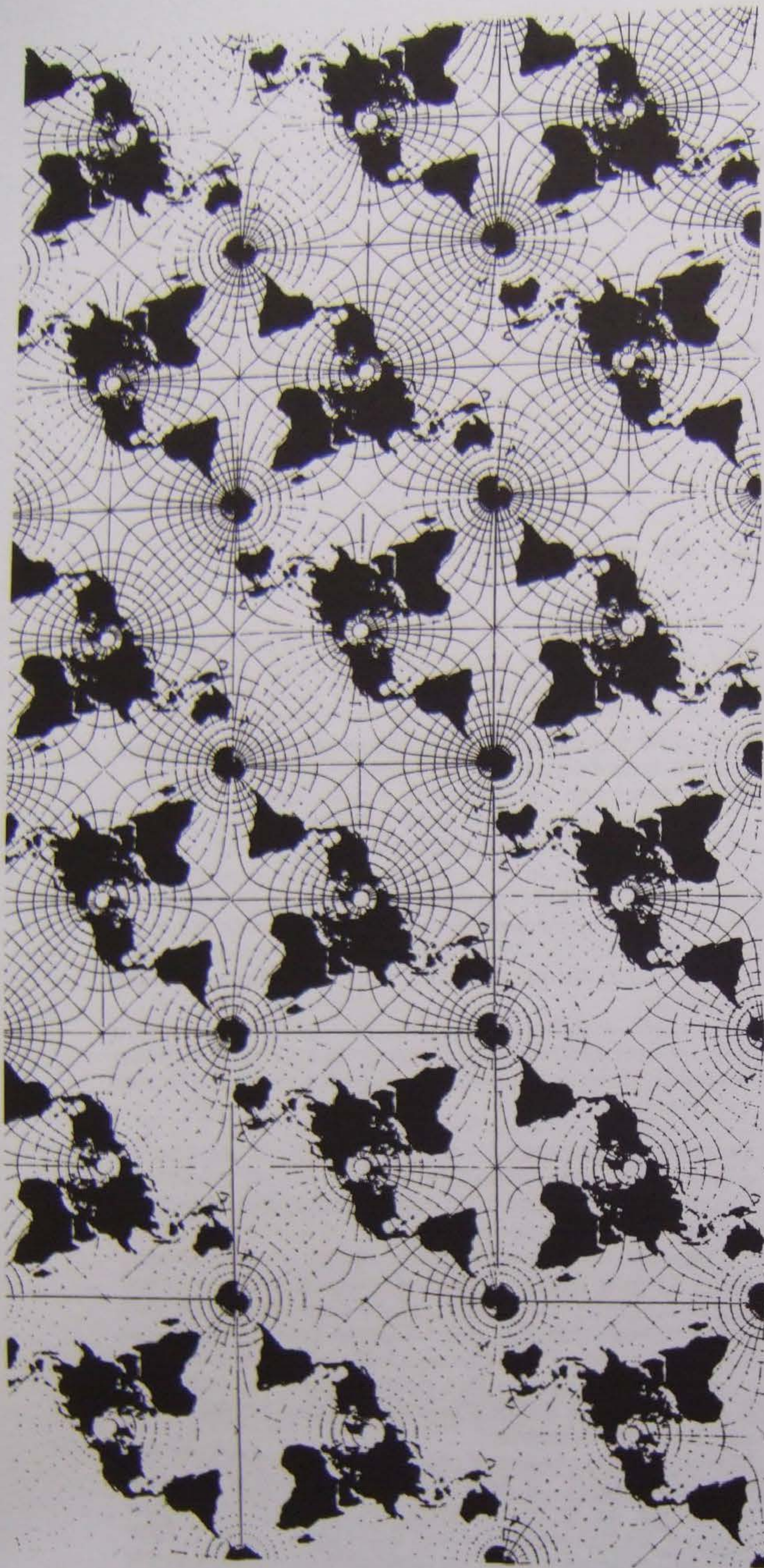
**La carte de situation.** - C'est une carte à plus petite échelle que le document lui-même, et qui montre sa situation par rapport à un espace aisément reconnaissable.

**La forme.** - C'est en définitive à une reconnaissance formelle que revient toute identification proprement cartographique. Certaines formes caractéristiques sont suffisamment connues pour fournir à elles seules tous les éléments de l'identification. Des images familières telles que la carte des Iles Britanniques, du Japon, de la France ont un degré d'universalisation qui les hausse au niveau du symbole.

Mais les formes connues par le lecteur moyen sont très peu nombreuses, et plus l'espace représenté est petit et éloigné de la région familière, plus les renseignements d'identification externe doivent être précis. Rappelons simplement que l'on rencontre encore des cartes de travail, et quelquefois des publications dans lesquelles l'identification en situation est impossible. Le document est perdu pour l'"information".

Par contre, plus l'espace est grand, plus il semble que la forme extérieure de la carte suffise à son identification. Le plus grand espace, l'ultime forme de référence reste le planisphère. Malheureusement la transformation plane d'un globe n'a pas de solution unique, ce n'est qu'un compromis toujours critiquable, et le planisphère est la seule carte qui ne nous offrira jamais une image de forme constante et universelle. L'étude succincte des projections et du planisphère apparaît donc indispensable.





Projection périodique de PEIRGE

## LES PROJECTIONS.

L'application d'une surface plane sur une sphère est impossible sans pliage ou déchirure, et la représentation plane d'une surface sphérique conduira toujours à une *déformation* de la disposition relative des points de cette surface. L'étude de cette déformation, de sa nature, de sa réduction, est du domaine de la cartographie mathématique.

Mais cette déformation peut être la source d'erreurs dans l'interprétation des images géographiques. Il est bon d'en être prévenu et de connaître les principes d'un choix éventuel entre plusieurs projections, par exemple entre plusieurs planisphères, en fonction des types d'utilisation.

### La déformation.

Elle se résume en trois propositions :

Soit un plan tangent en un point P à une sphère (1). Hors de ce point, tout cercle de très petite dimension sur la sphère :

- 1°) Peut être représenté sur le plan par un cercle, mais de surface plus grande ;
- 2°) Peut être représenté par une surface équivalente, mais de forme elliptique ;
- 3°) Tout cercle de grande dimension (hors de ceux centrés sur P) sera déformé sur le plan.

Un système répondant à la première proposition est dit "*conforme*" et en un point de la carte, les angles sont semblables à leurs correspondants sur la sphère. Mais les déformations de surface sont considérables. Dans ces cartes, les méridiens et parallèles se coupent à angle droit (cette circonstance peut exister aussi dans des systèmes non conformes et par exemple : 10, p. 294).

Un système répondant à la deuxième proposition est dit "*équivalent*" et toute surface du plan est équivalente à la surface sphérique correspondante, mais les déformations d'angle sont considérables.



Un système qui établit une balance entre les déformations de surface et d'angle est dit "*compensé*" (ou aphyllactique).

Mais dans tous les cas, dès que l'on envisage une partie notable de la sphère, il y a toujours déformation des *directions* et des *distances* (hors de celles définies à partir de P, et qu'il est possible de conserver).

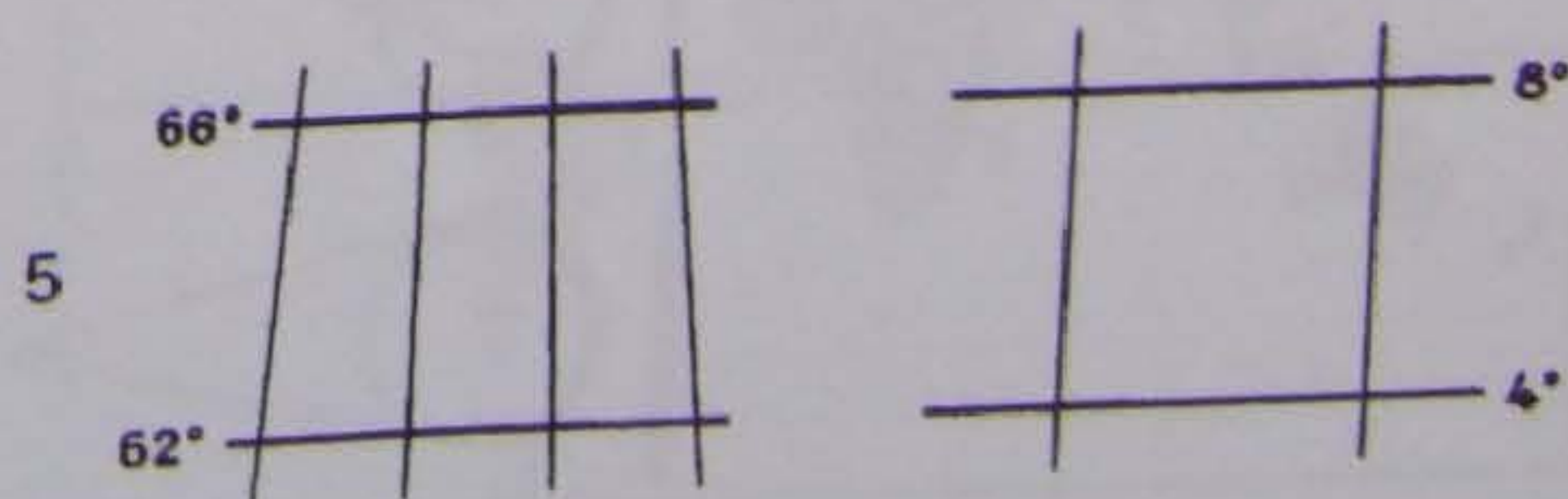
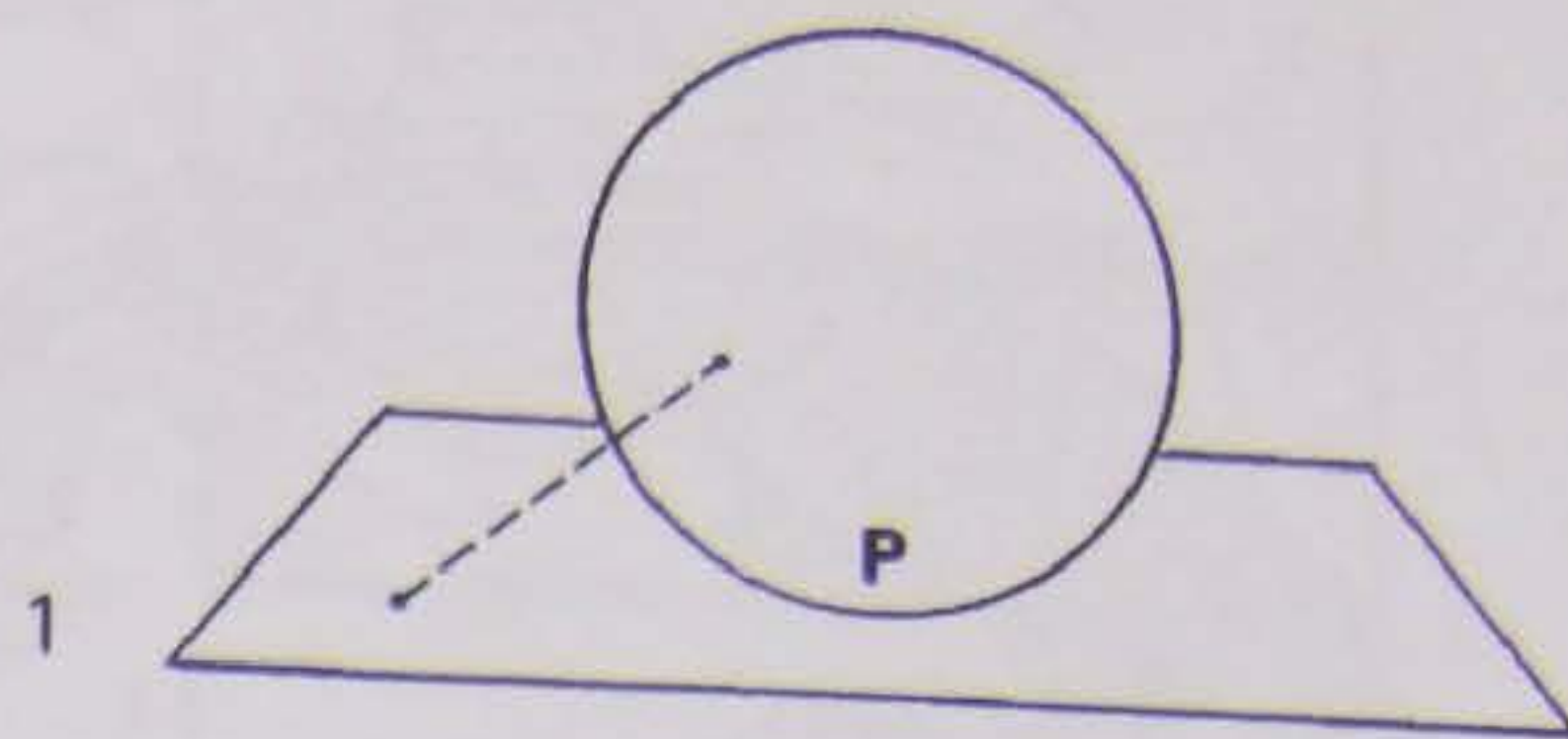
#### Les conséquences pour de petites surfaces sphériques.

Pour les plans, cartes régionales par exemple, ces déformations ne sont sensibles que dans un inventaire précis de positions, en géodésie par exemple. Elles sont sans importance dans la comparaison d'images, lorsque ces comparaisons portent sur la même région. Il suffit que les projections soient de même nature et à la même échelle. Pour des régions de moyenne grandeur, deux systèmes différents peuvent rendre les comparaisons délicates. Exemple : projection de Mercator et Cônique (2). Les comparaisons de régions différentes sur une même carte peuvent être impossibles en raison des déformations de certains systèmes : Cameroun, Allemagne Fédérale, Finlande sur une carte de Mercator par exemple (3) sont en réalité de dimensions voisines, et se classent en ordre différent (4).

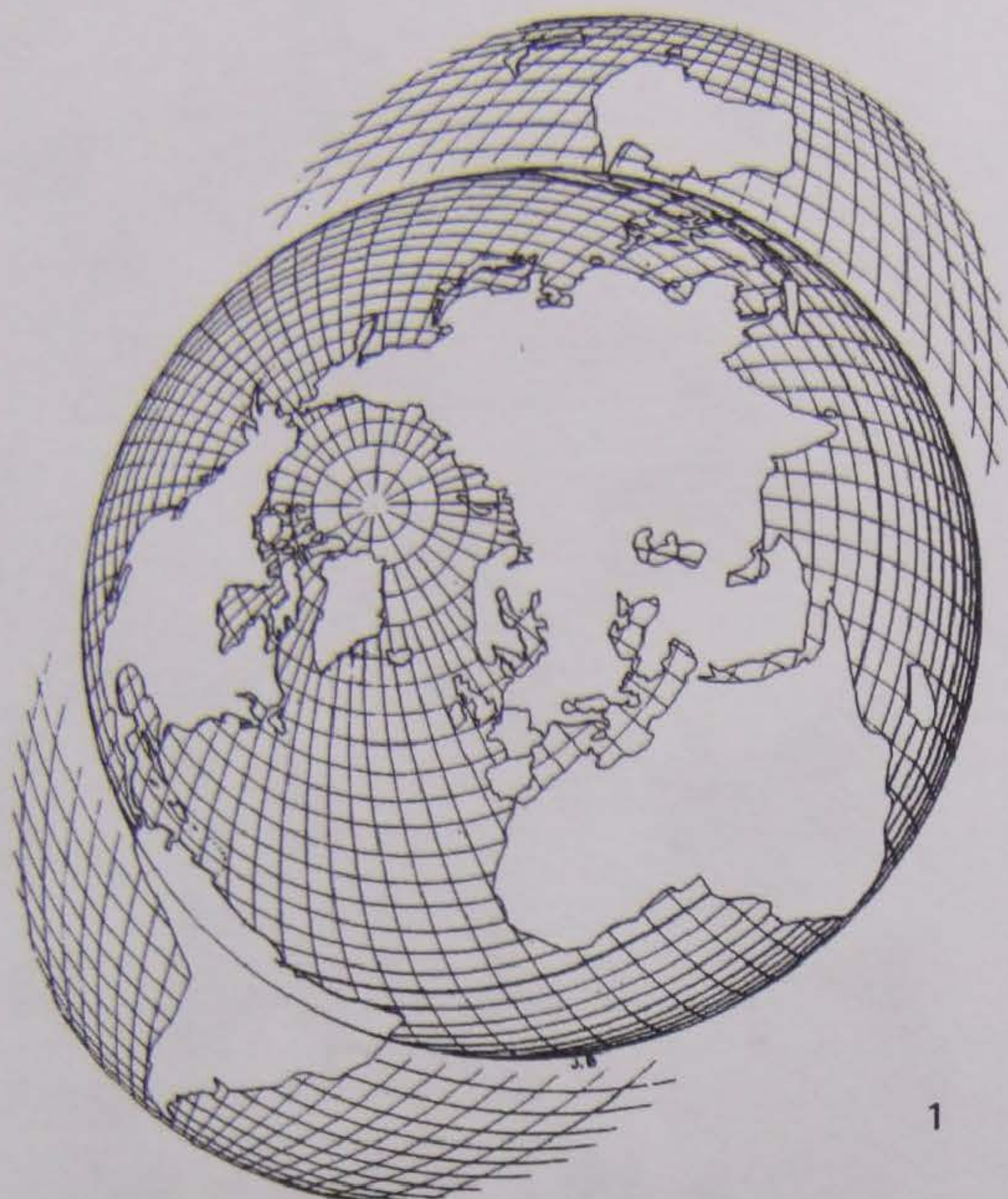
Pour contrôler l'égalité d'échelle entre deux régions, il suffit de mesurer la distance entre deux parallèles. Une différence de 4° de latitude par exemple, doit avoir la même longueur dans chaque région (5). En effet en tout point du globe :

1° de latitude = 111,11 km (40 000 km/360);  
1° de latitude = 1 852 m (111,1/60). C'est le nautical mile ou mille marin,

(à ne pas confondre avec le statute mile ou mille terrestre qui vaut 1 609 m).







1

### Pour de vastes régions.

Pour un continent, un océan, un hémisphère, les déformations deviennent très appréciables, et un inventaire géographique précis demande une étude de ce problème. Suivant l'objet de la carte, on pourra choisir, soit de conserver les angles (navigation maritime, aérienne, ondes radio de repérages "Loran" ou "Decca" etc.) soit de conserver les surfaces (inventaires de "populations" diverses, ponctuelles ou zonales). Mais les problèmes linéaires, problèmes de distance, de circulation, n'auront pas de solution satisfaisante et emprunteront un compromis soit aux systèmes compensés, soit aux **projections perspectives**.

On sait en effet que l'œil restitue la normalité des formes vues en perspective, à condition d'en percevoir les lois, c'est-à-dire à condition que cette perspective soit naturelle et sensible.

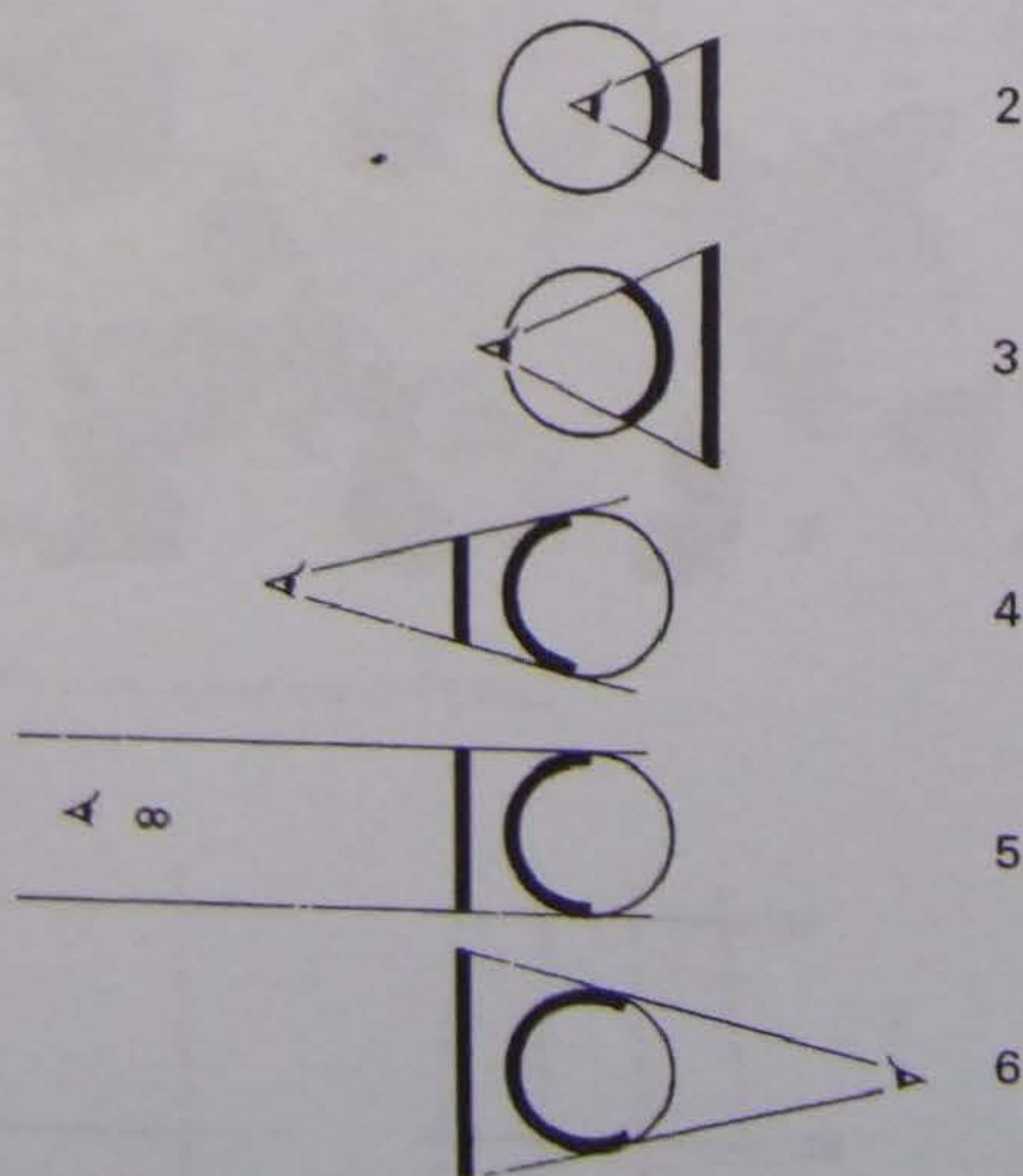
Une perspective correcte peut donc restituer un grand ensemble sphérique, en donner une perception acceptable (quoique non mesurable) quant aux distances et aux formes. Mais les conditions techniques requises, construction, ombrage, reproduction sont délicates à remplir (1).

En se déplaçant, le point de vue peut prendre des positions remarquables et définir des systèmes intéressants sans cependant remplir les conditions de la perception perspective naturelle.

- Placé au centre du globe (2) le point de vue définit la projection *gnomonique*, dans laquelle tout arc de grand cercle est représenté par une droite.
- Placé sur le globe (3), il définit la projection *stéréographique* qui est conforme.

Quand le point de vue est extérieur à la sphère, les perspectives deviennent naturelles, "photographiques" (4). La perspective est orthogonale quand le point de vue est rejeté à l'infini : vue de la lune (5).

Pour dépasser la demi-sphère, on peut employer un globe transparent et procéder comme en (6). L'œil étant placé à l'inverse de la face observée, il suffit que les formes géographiques soient inversées sur le globe, pour être vues de façon normale. Le globe transparent permet de tracer très rapidement le canevas de toutes ces perspectives, quel qu'en soit le centre géographique (1).





### La forme des régions.

Si la région à représenter est de forme allongée, comme le continent américain par exemple, ou l'itinéraire d'un avion, on profite de ce que le plan peut, sans déchirure, être transformé en un cône ou un cylindre. Le point P (7) devient une ligne, le long de laquelle il n'y a aucune déformation (8) et (9).

Les systèmes construits sur le principe du point sont dits *azimutaux* (on dit aussi "zenithaux") (7). Toutes les perspectives sont azimuthales.

Construits sur le principe du cône, ils sont dits *coniques* (9).

Construits sur le principe du cylindre, ils sont dits *cylindriques* (8).

La tangence peut faire place à la séquence et fournir deux lignes de contact pour les deux derniers. Dans ce cas les systèmes précédents sont en plus qualifiés de "sécants" (14) et (15).

Bien entendu, ces lignes sont indépendantes de la position des pôles et de l'équateur et toutes ces constructions peuvent être soit conformes, soit équivalentes, soit compensées.

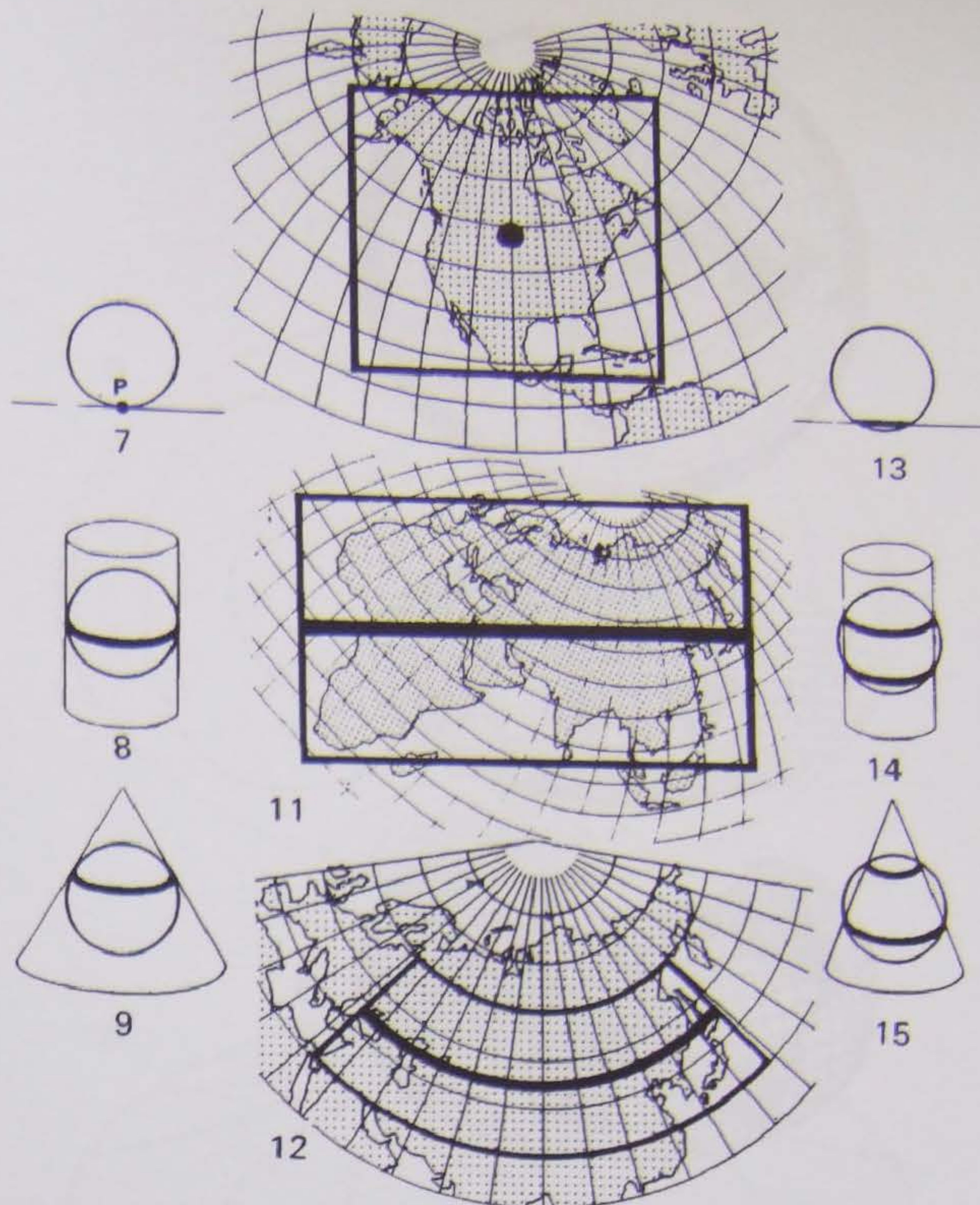
Ainsi, suivant la forme de la région envisagée, on peut choisir un système différent.

Une région inscriptible dans un cercle ou un carré conduit à un système *azimuthal*. C'est le cas des cartes représentant de vastes ensembles, dans les atlas par exemple (10).

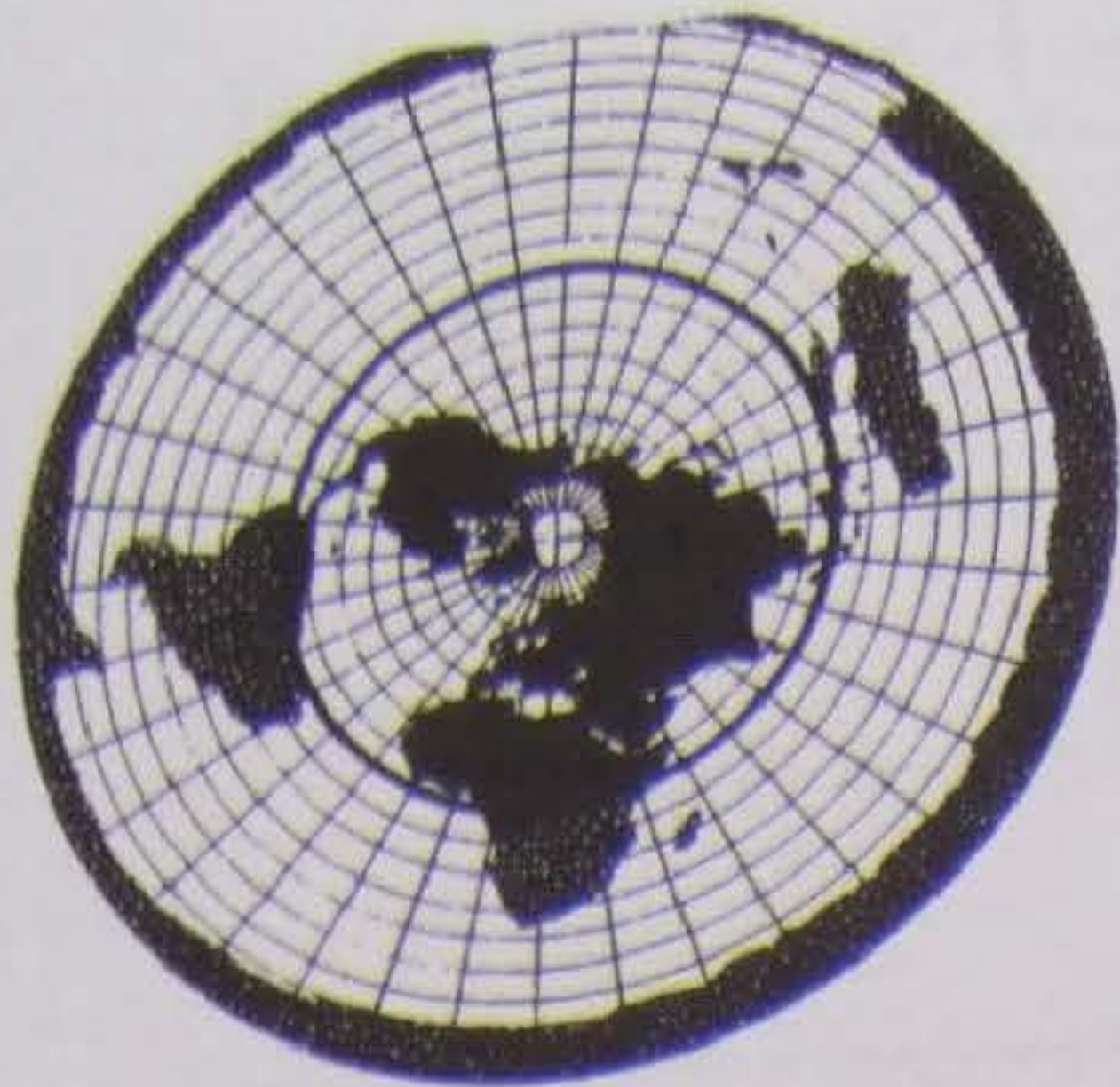
Lorsque la ligne d'intérêt est un arc de grand cercle les systèmes *cylindriques* sont les mieux adaptés. Le système de projection de Mercator par exemple, cylindrique et conforme convient à l'itinéraire aérien (16) (carte de Kahn), au continent américain (17), à la carte du pacifique (18) (d'après L. Strohl) ou à la zone circulaire de civilisation classique (19). Mais ce système, qui rejette les pôles à l'infini, ne peut pas représenter la sphère entière et en toute logique la carte de Mercator n'a jamais été un "planisphère".

C'est un système cylindrique que l'on empruntera pour la carte de l'ancien monde (11), en imaginant un cylindre "sécant" et quelques compensations dans les régions marginales.

Lorsque la ligne d'intérêt se rapproche d'un petit cercle (zone) les systèmes *coniques* sont généralement retenus. Ils forment par exemple la base de nombreuses cartes topographiques des pays de la zone tempérée et on les retrouve dans les cartes d'atlas qui en sont déduites (12).







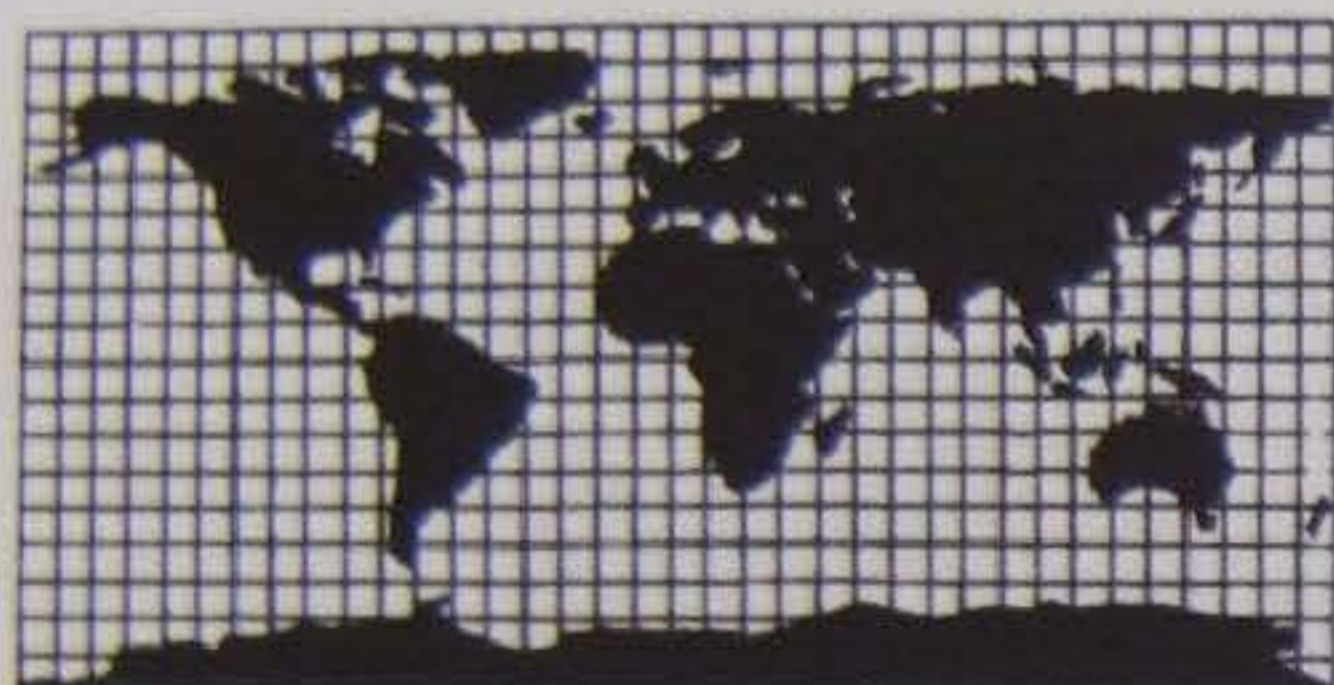
1



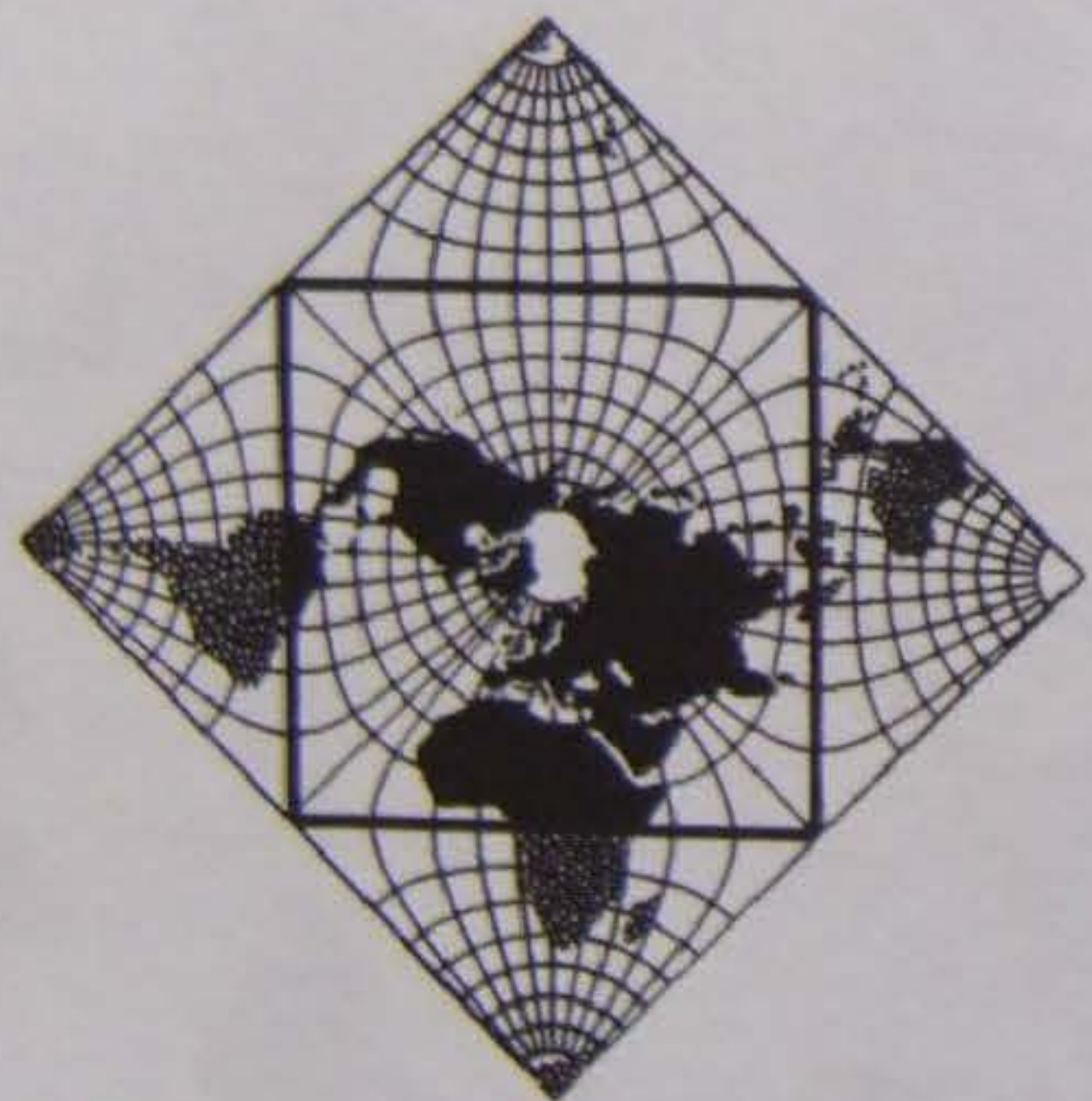
2



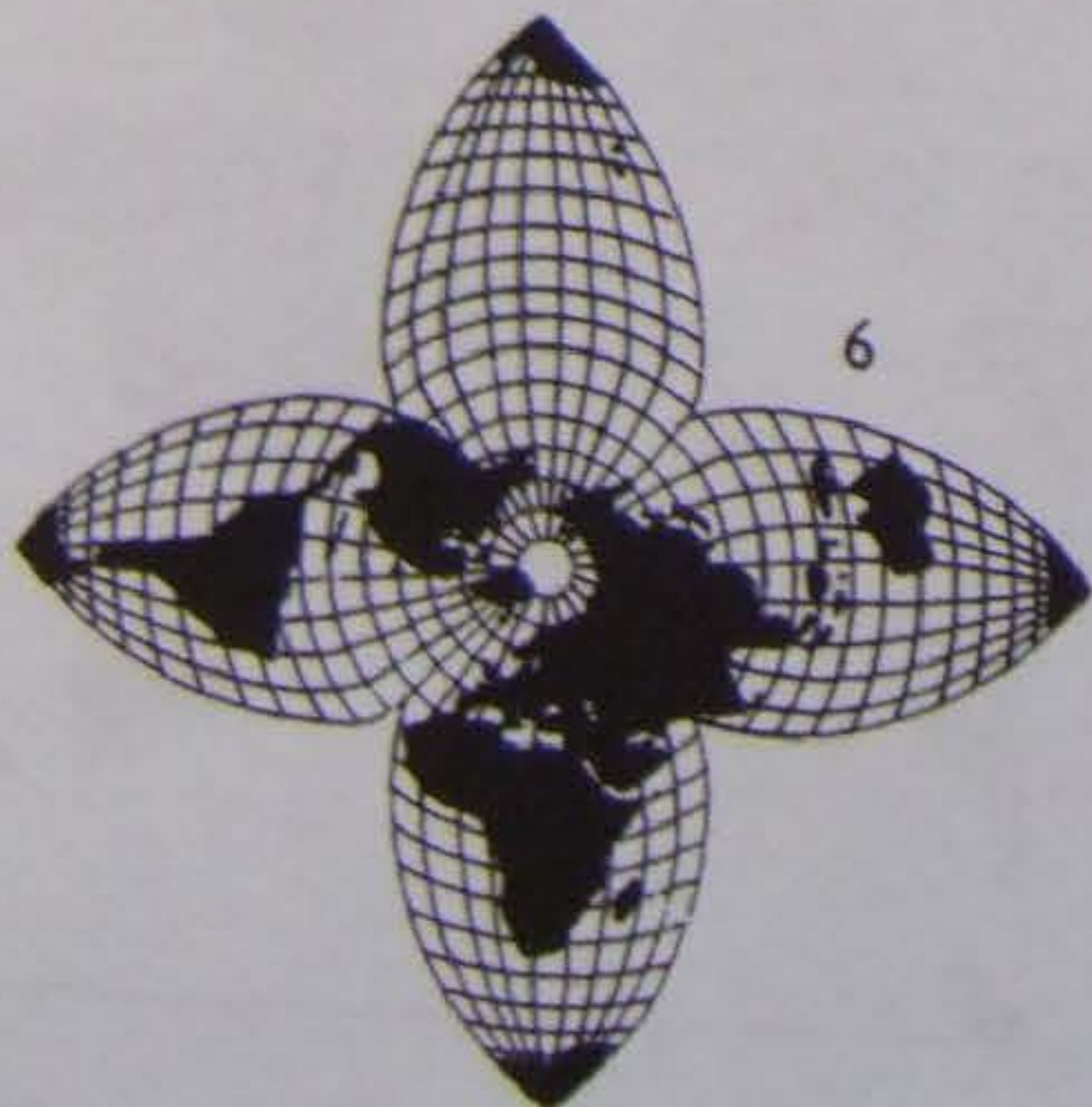
3



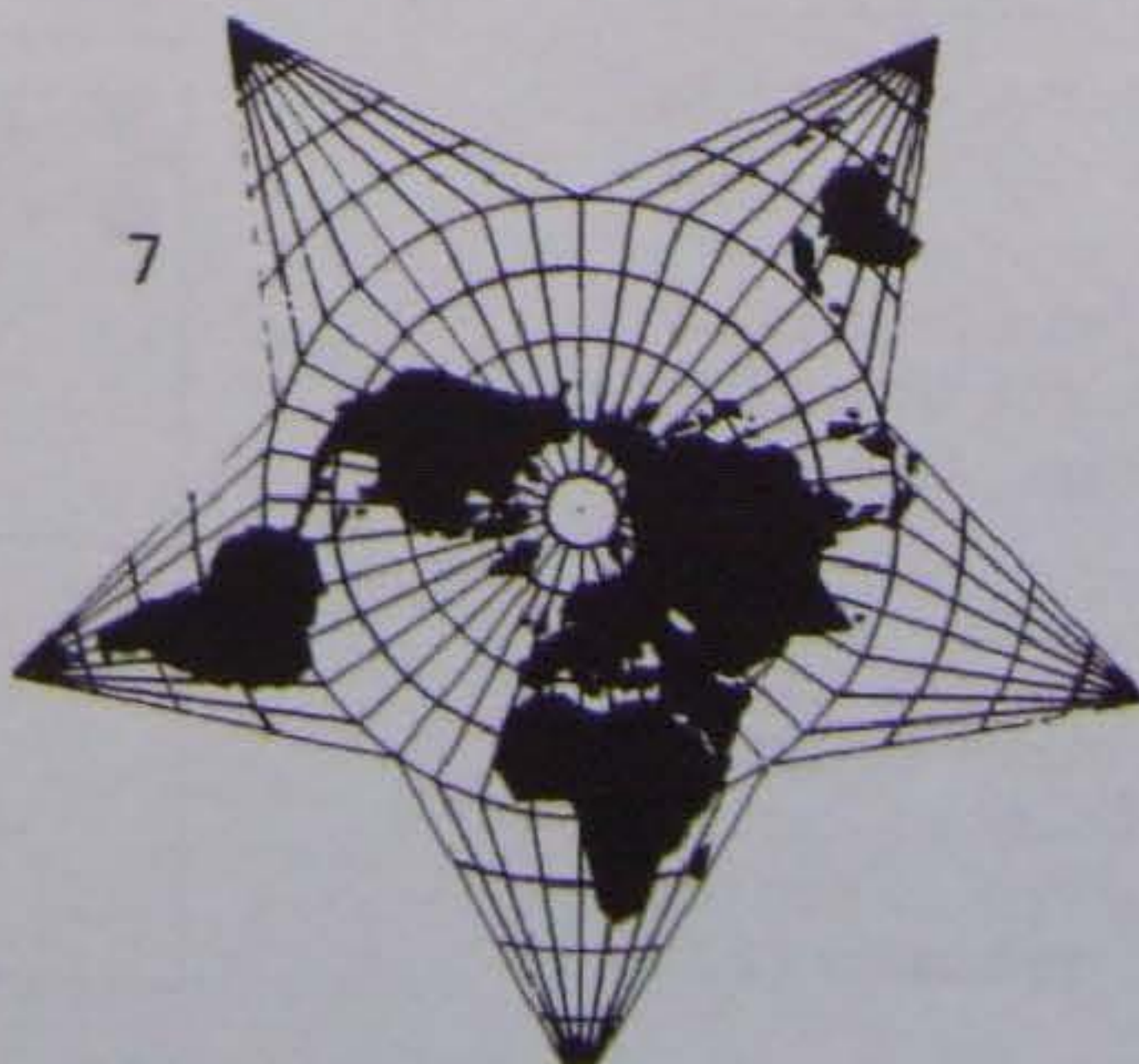
4



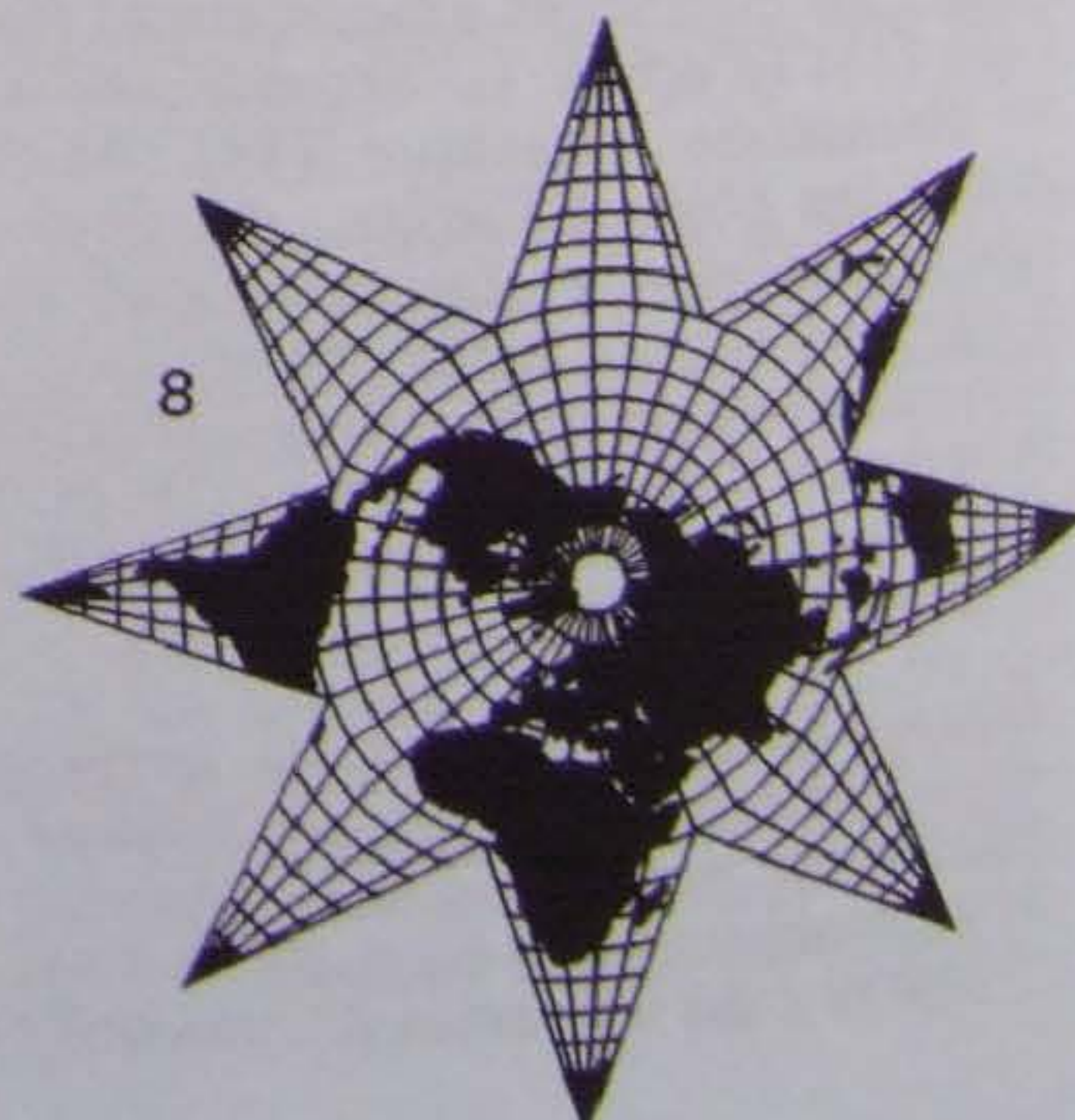
5



6



7



8

### La représentation du globe entier.

Lorsque le champ d'observation porte sur la totalité du globe, le choix de la projection devient primordial si l'on veut représenter tout le globe en une seule image\*.

Un planisphère est une pure construction mathématique, qui n'emprunte rien à la perception normale. Cette construction procédera par exemple de l'extension géométrique, aux deux hémisphères, d'un système conçu pour un hémisphère : (1), (2) et (5).

Un planisphère pourra être soit conforme, soit équivalent, soit compensé et posséder éventuellement des propriétés de conservation des directions ou des distances autour d'un point (projections équidistantes). Les lois de conformité, ou d'équivalence, ou de compensation sont, avec la fonction mathématique décrivant la forme extérieure, les paramètres de chaque système. On peut y ajouter des contraintes supplémentaires telles que parallèles rectilignes, ou équidistance d'un point.

La forme extérieure d'un planisphère pouvant être quelconque, on voit que les constructions possibles sont en nombre infini. Du cercle à l'étoile on notera quelques exemples caractéristiques :

(3) la projection de E. RAISZ ou "écorce d'orange", qui introduit une sensation de volume;

(4) la projection à canevas carré;

(5) la projection périodique de PEIRCE qui est développée en tête du chapitre;

(6), (7) et (8) quelques-unes des multiples projections étoilées.

\* Les programmes de cartes régionales, devant couvrir le monde entier à la même échelle, ne sont jamais des planisphères, et les cartes ne sont assemblables que pour des surfaces réduites. La projection adoptée pour la carte internationale du monde au 1/1 000 000 est une cônique, construite zone par zone (poly-cônique). La projection de la carte mondiale au 1/5 000 000 de l'U.S. AIR FORCE est une zénithale régionale, non assemblable, mais avec de larges bandes de recouvrement d'une carte à l'autre.



## La région favorisée.

Les déformations diverses s'accroissent du lieu central vers l'extérieur, pour atteindre un maximum à la limite de l'image. Il est facile de calculer pour chaque système ces déformations et de représenter leur accroissement progressif.

Voici par exemple les déformations de surface du système conforme de GOUGENHEIM (9), et les déformations angulaires du système équivalent de MOLLWEIDE (10) (d'après A. ROBINSON).

Il était donc normal de chercher à faire coïncider le point inévitable de déformation maximale avec la situation géographique la moins gênante, ou si l'on préfère, de réserver la zone de moindre déformation à une situation géographique plus particulièrement intéressée par l'objet de la représentation.

Évidemment ce sont les régions peuplées qui fournissent le plus souvent le centre d'intérêt de la cartographie. Aussi a-t-on cherché à faire coïncider les zones de moindre déformation avec les régions les plus continentales et à profiter de l'immense vide du Pacifique pour y affecter les plus grandes déformations (12).

Il en résulte deux générations de planisphères :

- les planisphères classiques, dans lesquels on fait coïncider les axes mathématiques de la projection avec le système géographique des coordonnées, l'équateur terrestre (ou le pôle) étant considéré comme un lieu privilégié. Exemple, la projection de MOLLWEIDE (11). Suivant le cas, ces projections sont dites *polaires* ou *équatoriales*.

- les planisphères de la deuxième génération dans lesquels on fait coïncider les zones de moindre déformation avec les régions continentales ou avec toute région du globe appropriée à l'objet de la carte. Exemple, la projection de BRISEMEISTER (12). Ces projections sont dites *obliques*.

Évidemment l'obliquité d'une projection est indépendante de sa formule mathématique, c'est-à-dire de son système. Et tout système peut donner lieu à une projection classique (équatoriale ou polaire) ou à une projection oblique. En résumé :

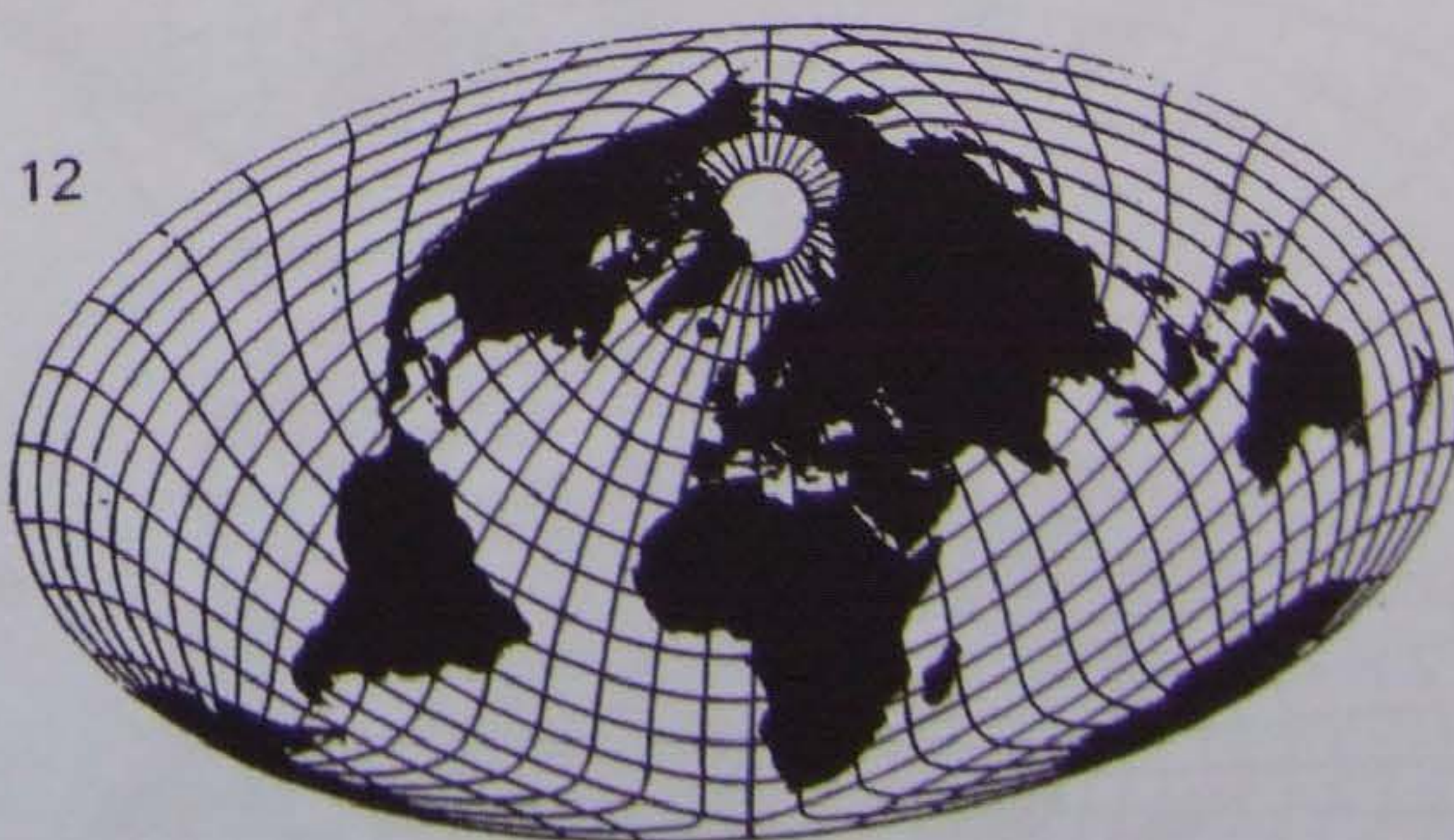
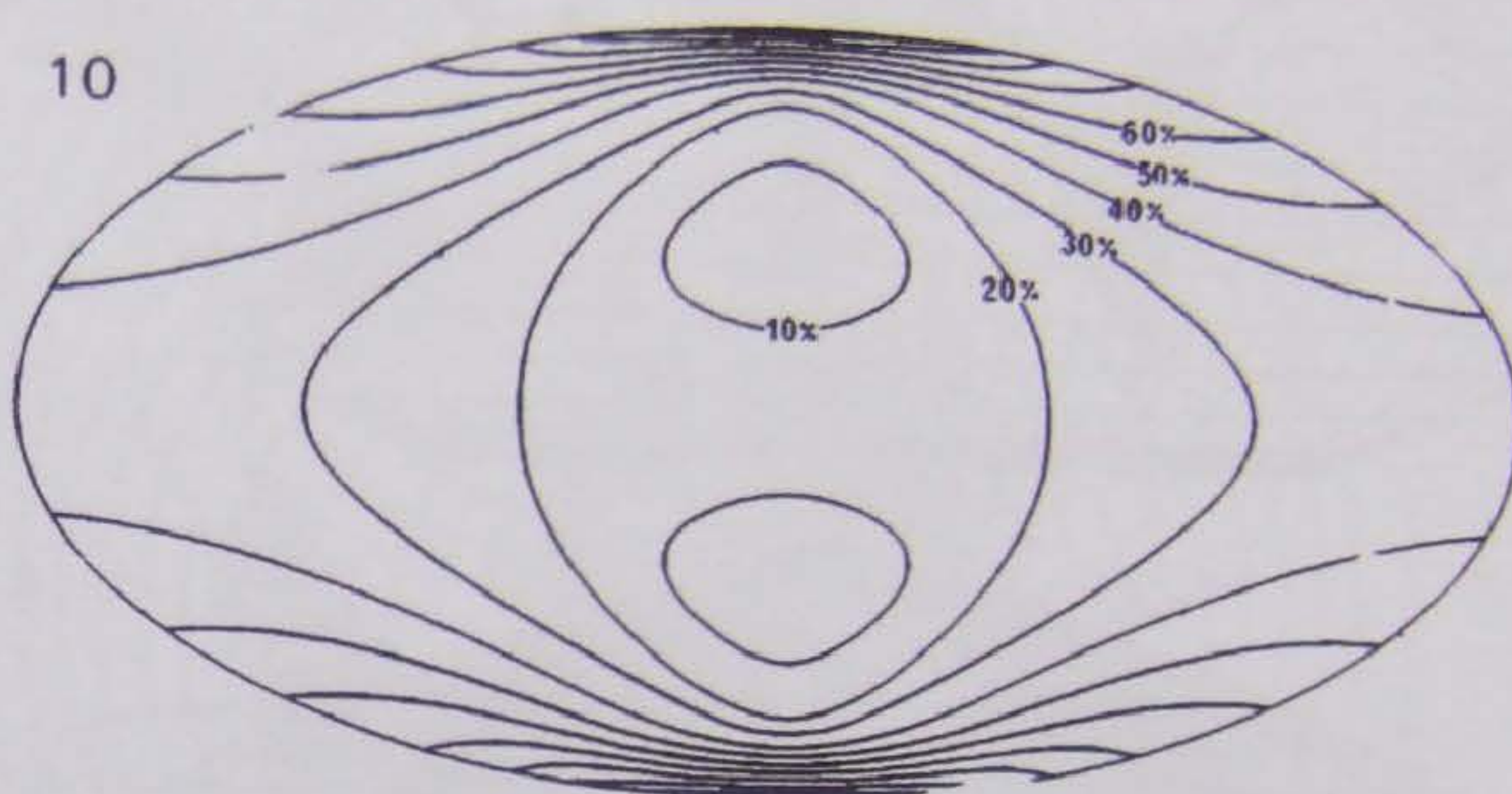
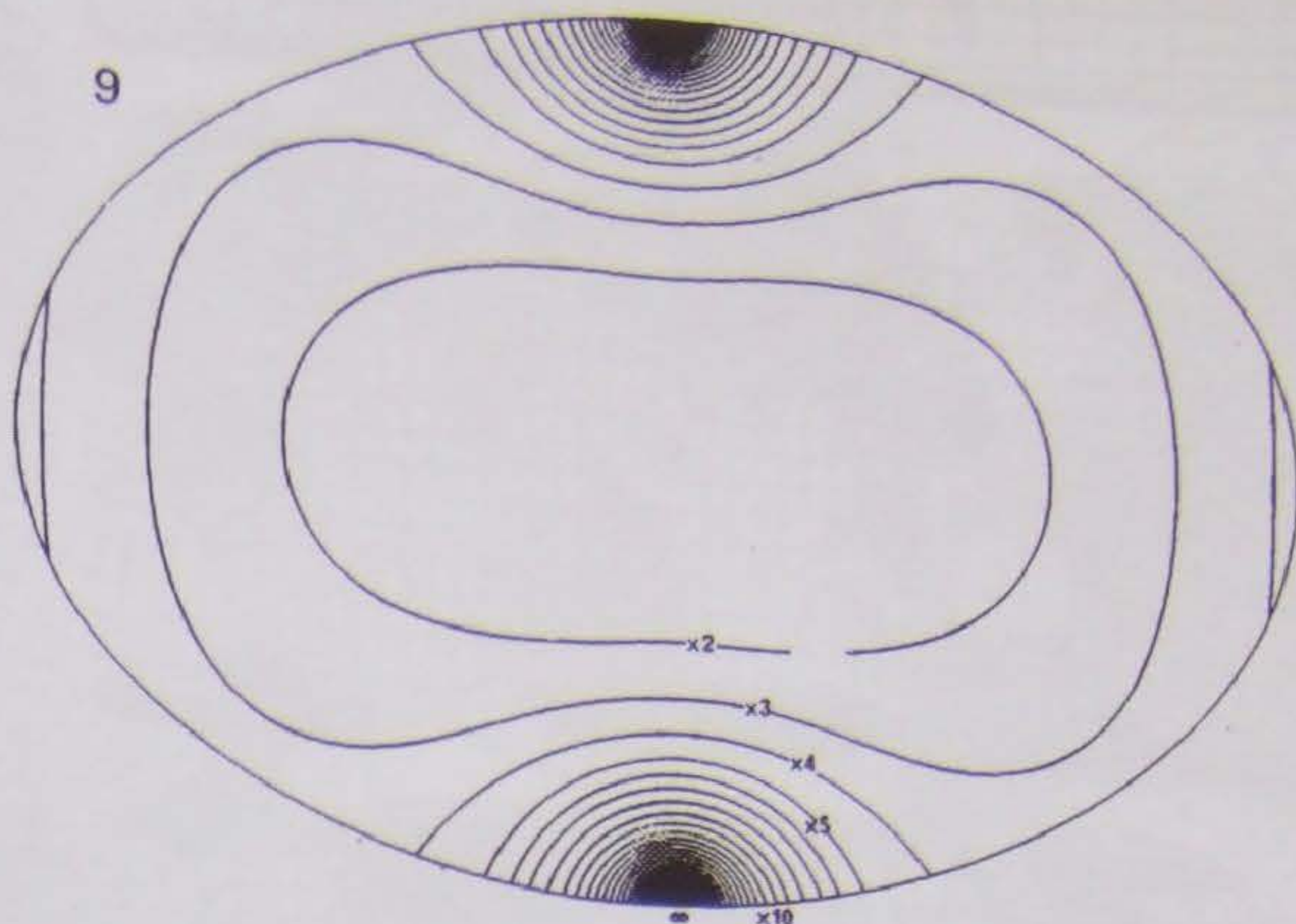
Conditions de conservation	Forme de la région à représenter	Forme extérieure de la carte (planisphère)
conforme équivalent compensé	azimuthal conique cylindrique	
	tangence ou sécance	

déterminent le **SYSTEME** mathématique

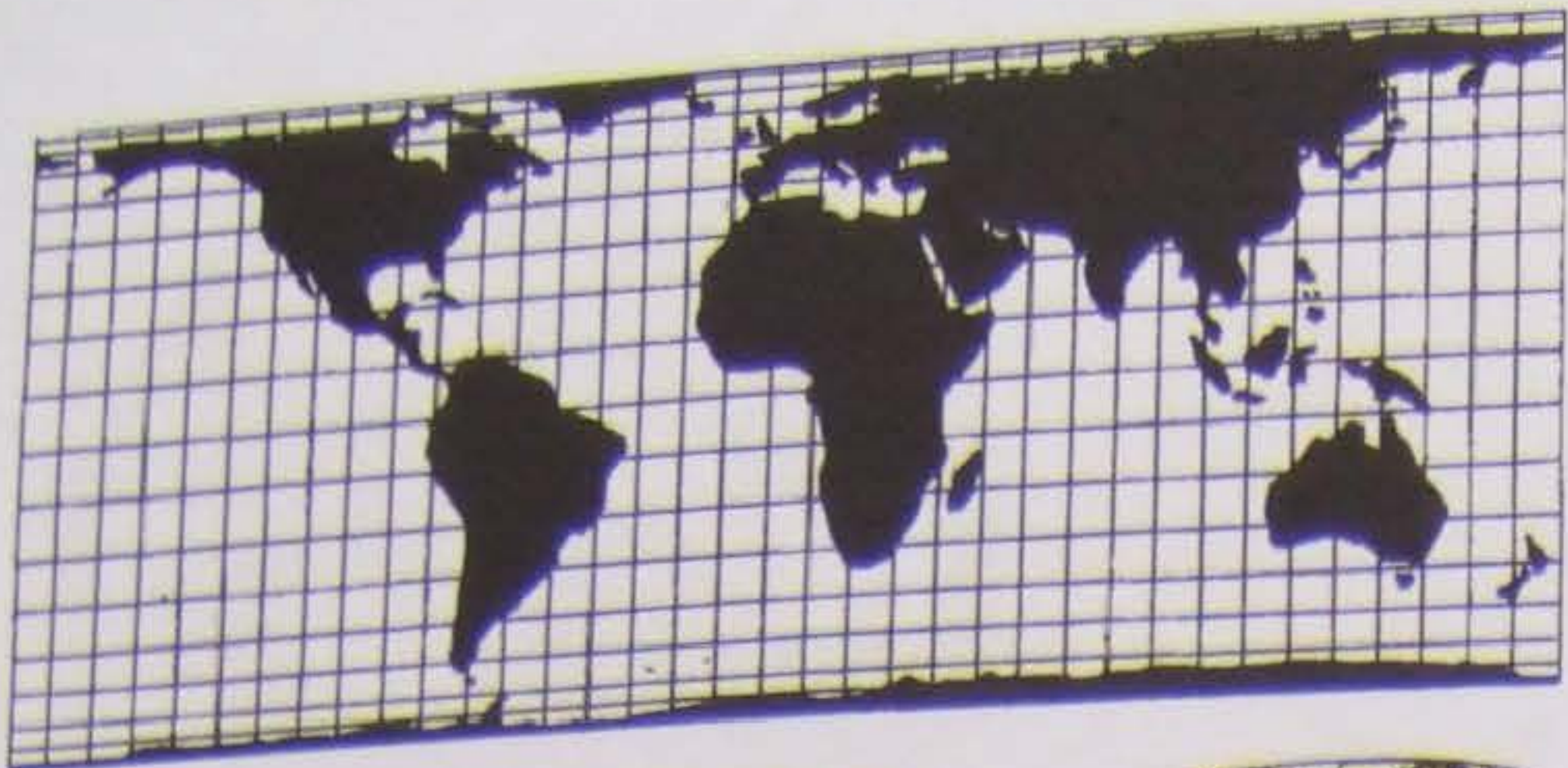


le point d'application du système sur la Terre  
polaire  
équatorial  
oblique

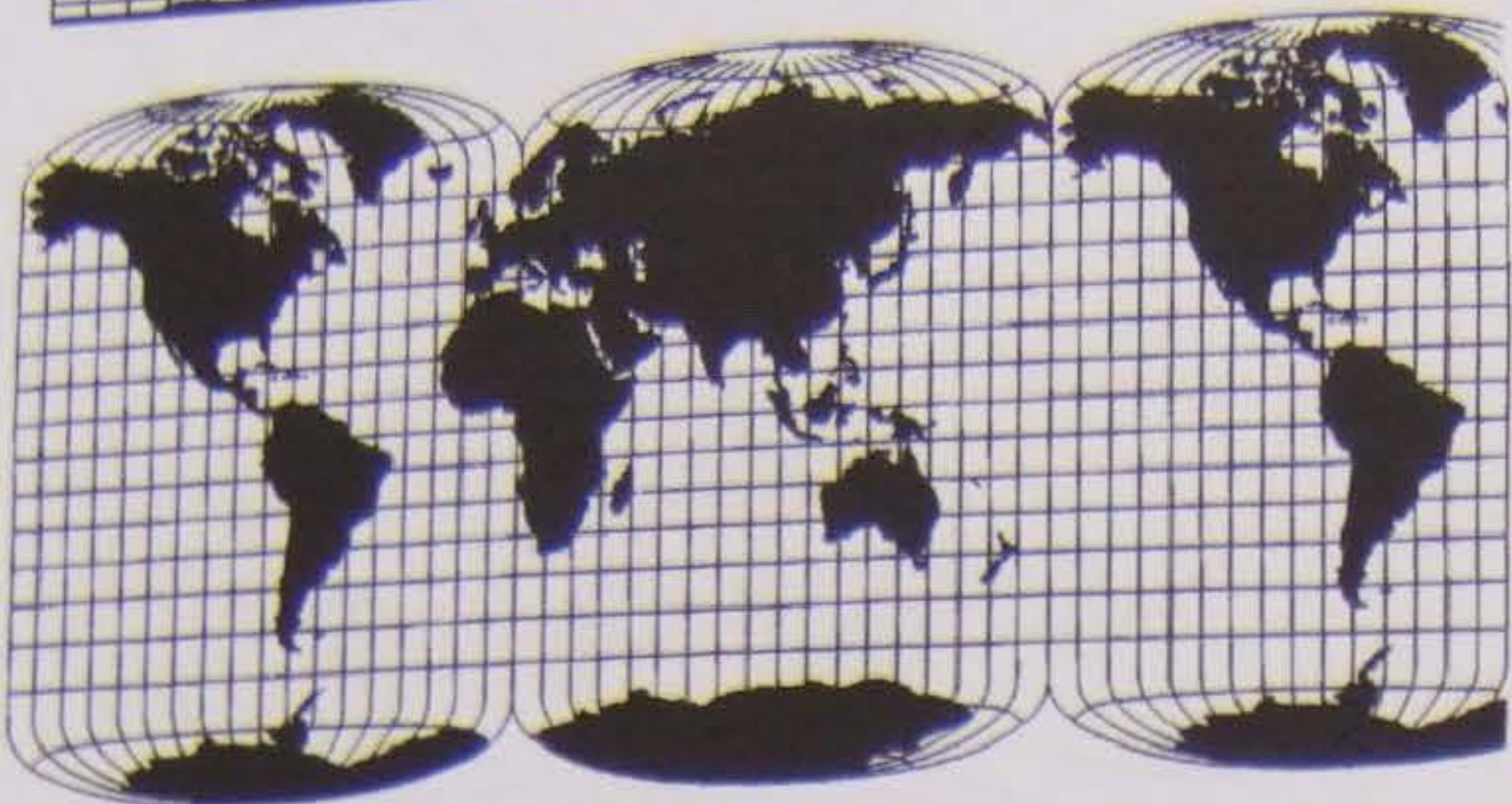
détermine la **PROJECTION** (dessin)







1



2



3



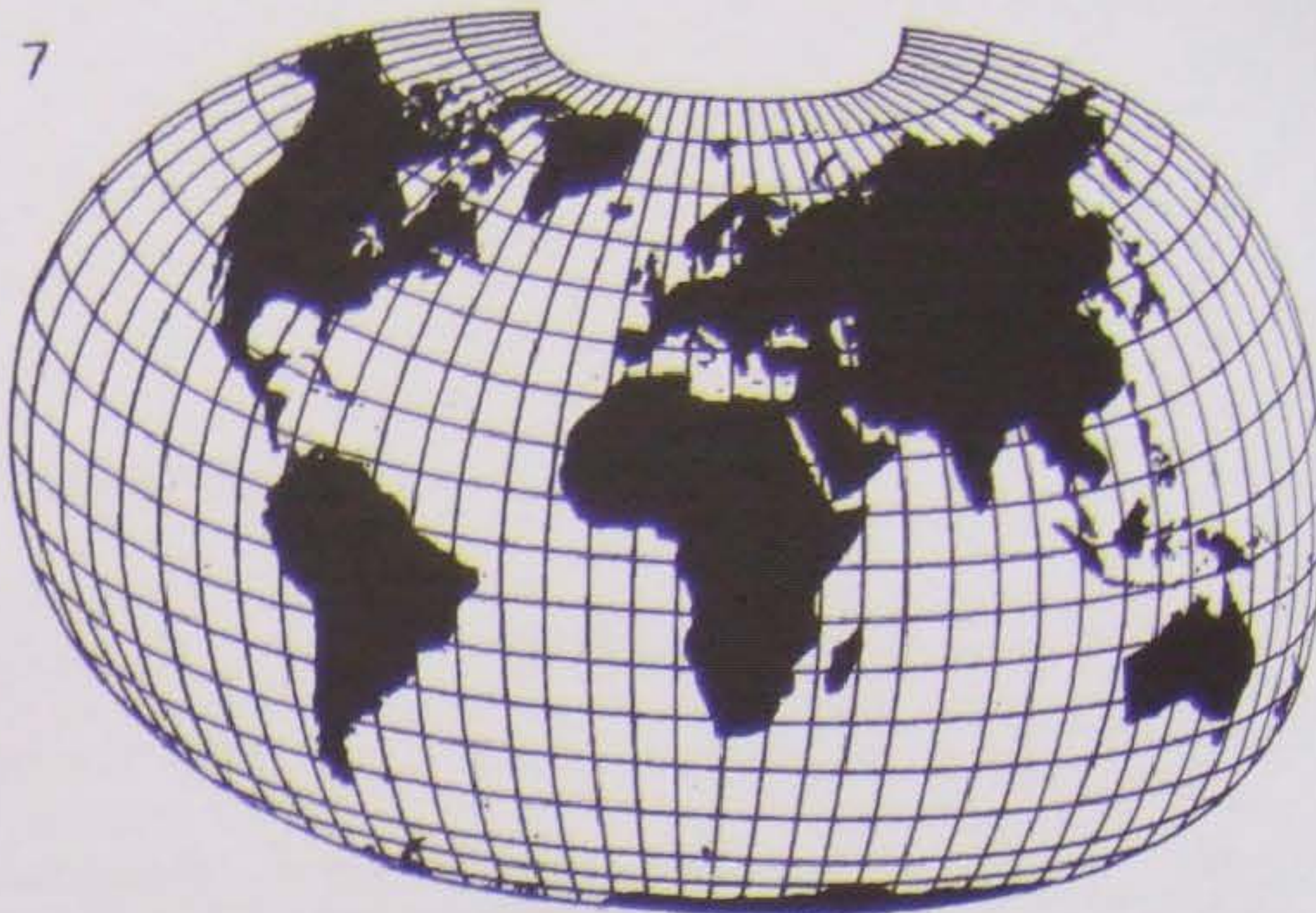
4



5



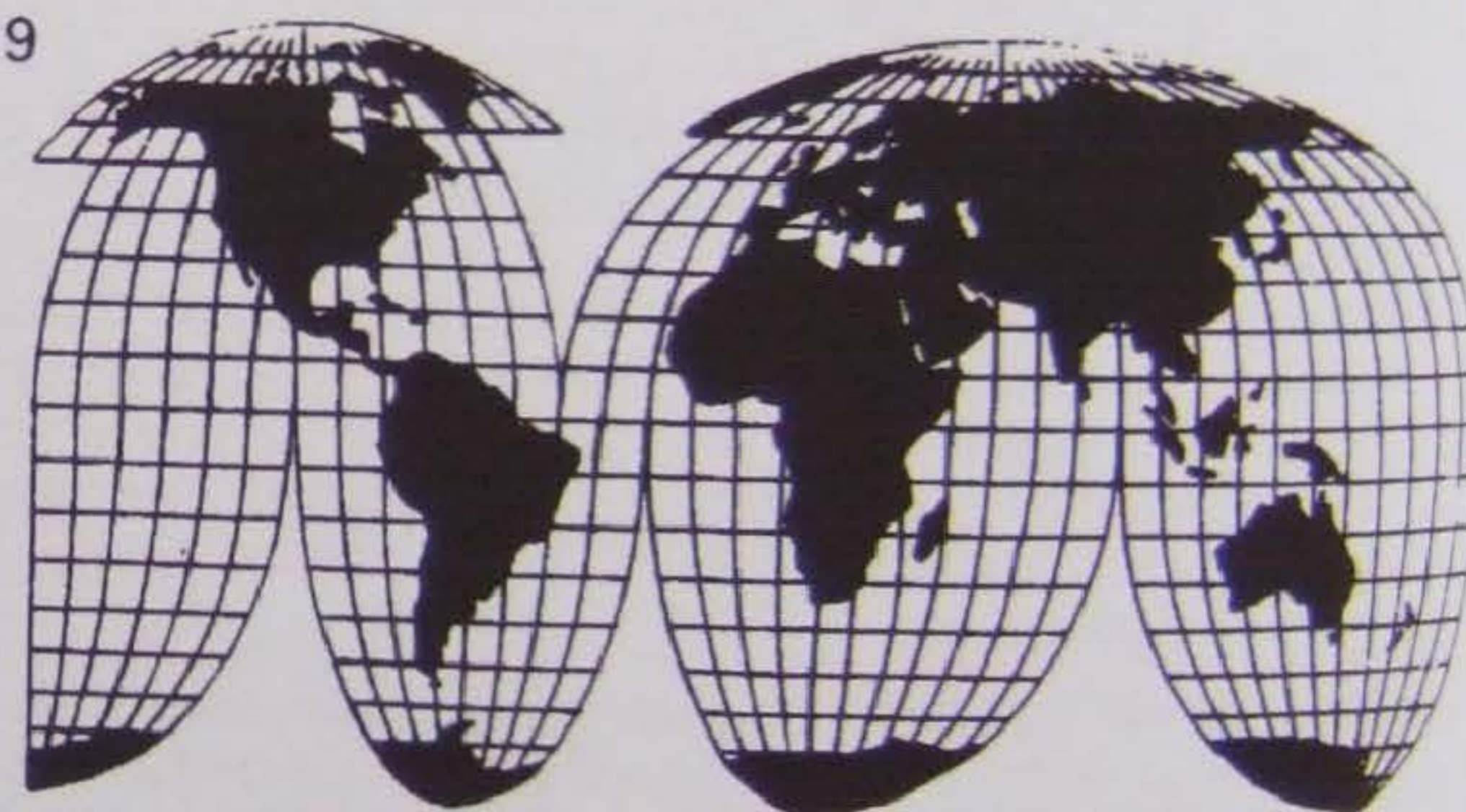
6



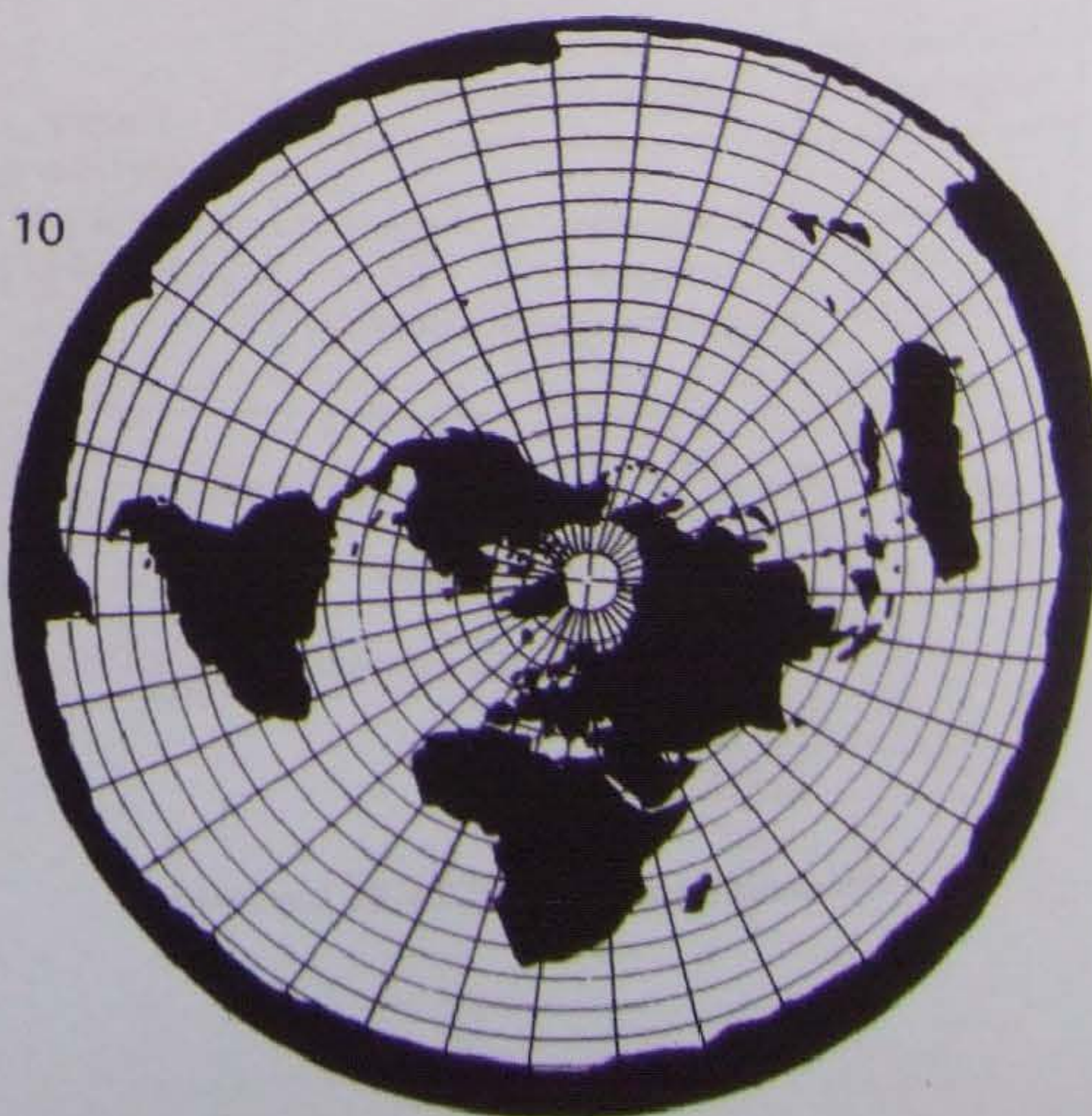
7



8



9



10



### Quelques planisphères "classiques".

En plus du très classique planisphère équivalent de MOLLWEIDE déjà cité, voici quelques projections typiques :

- 1 - Cylindrique équivalente
- 2 - Cylindrique de GALL (modifiée pour les pôles : J.B. 1950)
- 3 - Projection IV d'ECKERT
- 4 - Équivalente de SANSON-FLAMSTEED
- 5 - Conforme de GOUGHENHEIM
- 6 - Compensée de GUILLAUME POSTEL
- 7 - Écorce d'orange (J.B. 1950)
- 8 - Écorce d'orange étendue et donnant un océan Pacifique fermé (J.B. 1951)
- 9 - Équivalente de GOOD, par juxtaposition de secteurs de la projection de Mollweide. Toutes ces projections sont "équatoriales."
- 10 - Équidistante circulaire "polaire". L'ensemble du cercle extérieur correspond au pôle Sud.

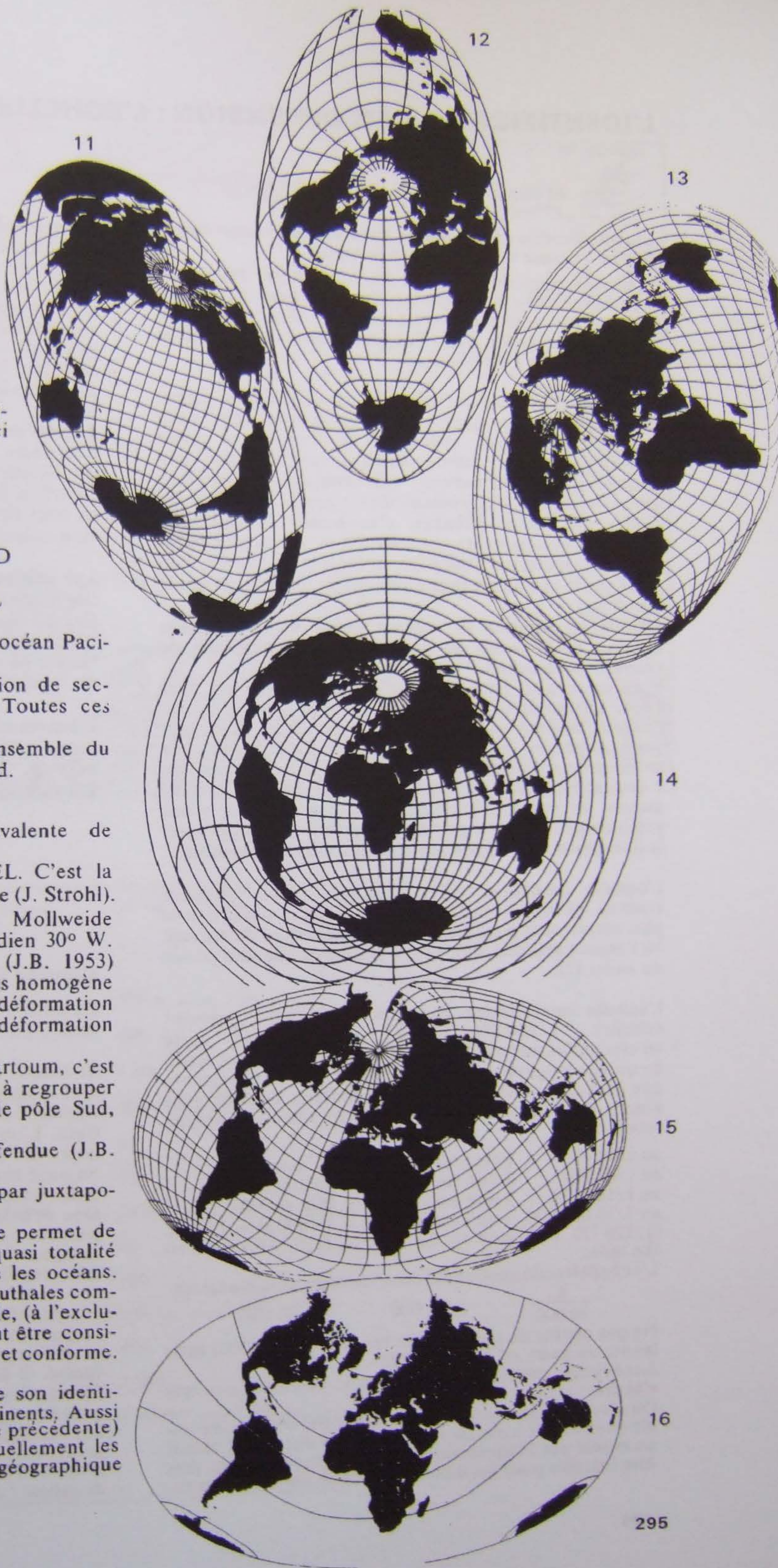
### Quelques planisphères obliques.

Rappelons d'abord la projection équivalente de BRISEMEISTER déjà citée.

- 11 - Compensée de GUILLAUME POSTEL. C'est la projection (6) axée sur l'Océan Pacifique (J. Strohl).
- 12 - Projection "Atlantis". Équivalente de Mollweide dont le grand axe correspond au méridien 30° W.
- 13 - Projection à compensation régionale (J.B. 1953) dans laquelle la compensation n'est plus homogène mais recherchée dans une plus grande déformation des océans, au bénéfice d'une moindre déformation des continents.
- 14 - Équidistante circulaire centrée sur Khartoum, c'est la projection (10) centrée de manière à regrouper l'ensemble des continents, y compris le pôle Sud, dans la zone de moindre déformation.
- 15 - Projection à compensation régionale fendue (J.B. 1952).
- 16 - Projection à compensation régionale par juxtaposition d'azimutales (J. Bertin 1954).

Le principe de la compensation régionale permet de proposer ce planisphère dans lequel la quasi totalité des déformations se trouve reportée dans les océans. C'est une juxtaposition de projections azimutales compensées, une par grande masse continentale, (à l'exclusion du pôle Sud) et chaque continent peut être considéré à peu de choses près comme équivalent et conforme.

La grande majorité des lecteurs rapporte son identification géographique à la forme des continents. Aussi pensons-nous que les projections (12, page précédente) et (ci-contre 7, 13, 15, 16) fournissent actuellement les images les plus utiles à la connaissance géographique générale.





# L'IDENTIFICATION EN DIMENSION : L'ÉCHELLE.

L'identification en dimension permet d'apprécier l'étendue de l'espace représenté par la carte.

L'identification de position, en rapportant une carte à un document correctement identifié, peut permettre d'apprécier approximativement les dimensions de l'espace représenté. Mais l'appréciation la plus précise est donnée par l'échelle.

On notera d'abord que l'image est susceptible de représenter un espace quelconque, de l'infiniment petit (structure atomique, cristalline) à l'infiniment grand (cartes célestes, système solaire), en passant par l'image "grandeur nature" (mécanique industrielle). La cartographie proprement dite s'inscrit du plan de village aux cartes célestes, c'est-à-dire comme une réduction des éléments naturels. Face au champ infini des représentations possibles, la feuille de papier, liée à l'angle de vision, est pratiquement de dimension constante, et :

**L'ÉCHELLE** exprime le rapport entre les dimensions linéaires de la feuille de papier et les dimensions de l'espace représenté.

Mais ce rapport peut varier d'un infini à l'autre, et il existe un moment où l'imagination ne suit plus, où l'échelle devient sans signification sensible. Aux rapports extrêmes, elle n'est souvent plus notée. Ce moment de décrochage varie avec l'habitude que l'on a des cartes, et il faut reconnaître que pour le lecteur moyen, les échelles fractionnaires par exemple n'ont pratiquement pas de signification. Il faut faire apprécier la dimension de l'espace par tous les moyens possibles :

**L'échelle graphique.** C'est l'image d'une longueur connue, du mètre, du km, du mile... On la dessinera le plus simplement possible (1). Dans les cartes de travail, où l'espace manque, elle peut s'appliquer sur une partie du cadre (2).

**L'échelle fractionnaire.** Exemple : 1 : 5 000 ("grande" échelle) 1 : 1 000 000 ("petite" échelle). Se dit "carte au cinq millièmes" ou "carte au millionnième"; et signifie qu'une longueur quelconque sur le dessin représente une longueur 5 000 fois ou un million de fois plus grande dans l'espace. On peut se rappeler la formule suivante :

au 1/10 000	1 mm sur la carte = 10 mètres;
au 1/80 000	1 mm sur la carte = 80 mètres;
au 1/126 720	1 mm sur la carte = 126 mètres 72;
au 1/10 000 000	1 mm sur la carte = 10 000 m = 10 km.

(1/126 720, Half-inch to the mile - 1/253 440, inch to the mile).

L'échelle fractionnaire peut être écrite de trois manières :

$\frac{1}{80\,000}$	1/80 000	1 : 80 000
---------------------	----------	------------

Ne pas mettre de points entre les milliers (80.000) mais laisser un écart visible (80 000).

Les échelles rondes supérieures au 1 : 1 000 000 peuvent s'écrire 1 : 1M 1 : 3M 1 : 20M.

On n'oubliera pas qu'une carte au 1/100 000 par exemple devient une carte au 1/200 000 si le dessin est réduit de moitié par l'imprimeur. L'échelle fractionnaire doit être calculée pour les dimensions de la carte imprimée.

**Le quadrillage.** La notion de dimension de l'espace représenté peut être fournie par un quadrillage de carrés de côté connu, le km, le mile, étendu à toute la surface. Dans des séries de cartes se rapportant à une même zone, mais comportant des études de détail, ce système permet une identification immédiate de rapports de dimension entre les cartes. Le quadrillage doit être extrêmement discret, il se voit toujours grâce à sa régularité.

**Les formes connues.** C'est le moyen utilisé lorsque l'on porte sur le dessin "la France à la même échelle" ou l'Italie ou les USA. Rien n'empêche de porter "Paris à la même échelle" sur un plan d'Athènes (3) ou tout autre élément pourvu que sa forme et sa dimension soient familières.

**Les chiffres de distance** sont couramment utilisés sur des cartes routières et informent des distances réelles (lacets compris) que l'on doit parcourir en suivant un itinéraire donné. Très utiles renseignements élémentaires, ils donnent difficilement une notion d'ensemble de l'échelle de la carte.

**L'écartement des parallèles.** C'est une constante géographique qui peut toujours être traduite en km ou en mile (p. 289).

En latitude :

10° = 1 111 km	111 = 600 miles
1° = 111 km	11 = 60 miles
1' = 1 852 m	= 1 mile

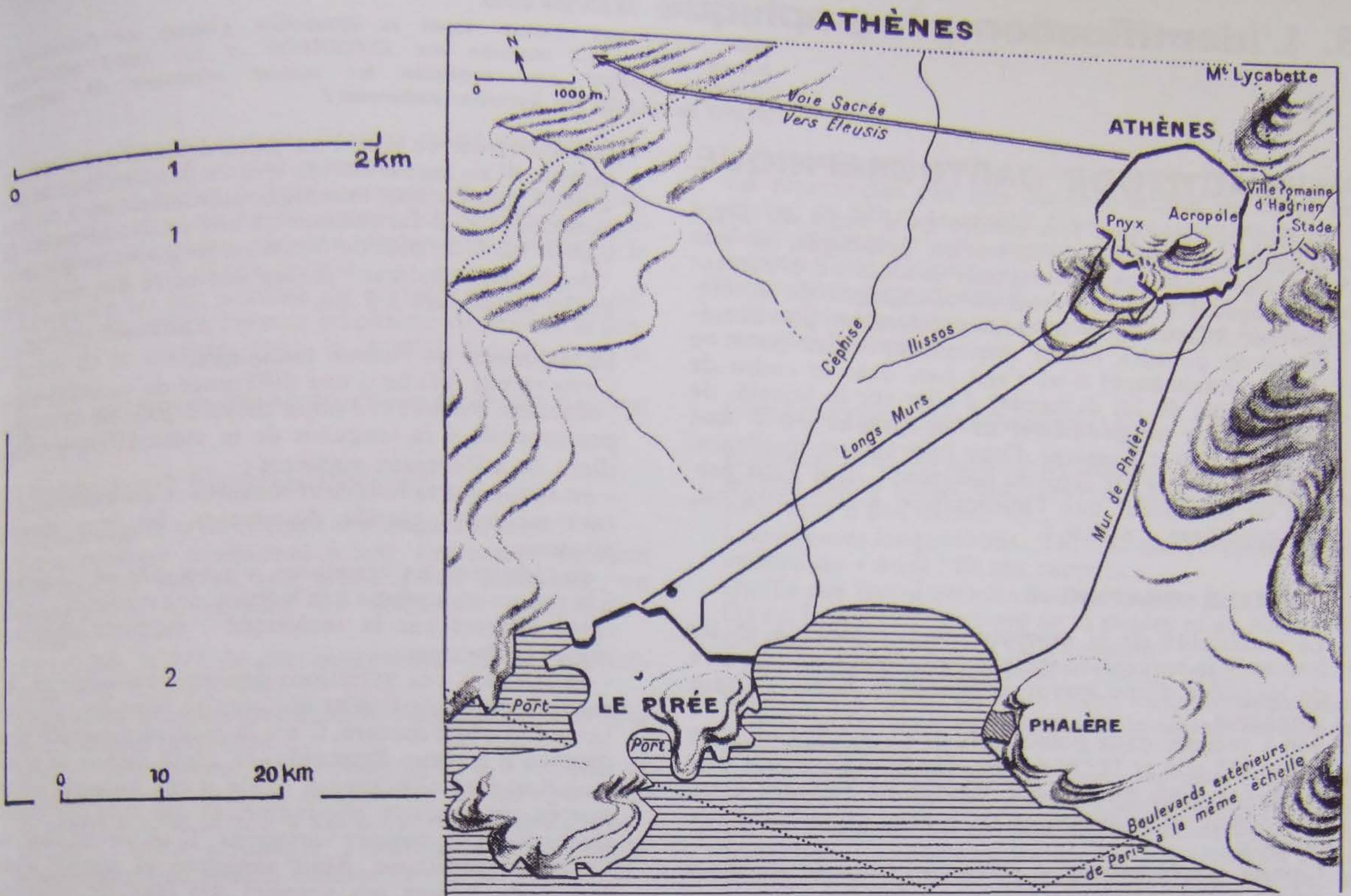
## L'UNITÉ D'ÉCHELLE DANS UNE SÉRIE DE CARTES.

La notion d'échelle revêt une importance particulière lorsqu'une étude comporte plusieurs cartes.

Si chaque carte concerne une région différente, la carte d'ensemble formant *tableau d'assemblage* facilite l'identification des cartes en les situant à leurs places respectives. L'unité d'échelle facilite les comparaisons régionales. Si l'on exclue les plans de maisons ou de villages, on peut toujours ramener un ensemble de cartes régionales à trois, et le plus souvent à une ou deux échelles. Des échelles différentes doivent immédiatement être perçues comme différentes. Semblables, le lecteur doit aussi en être informé. Le tableau d'assemblage doit en faire visiblement état.

L'unité d'échelle est plus importante encore quand l'espace de référence est constant tandis que les cartes se différencient seulement suivant les concepts ou le temps. Il faut alors s'interdire toute variation d'échelle. Sinon, c'est la négation de la comparaison géographique, le témoignage d'une erreur de méthode et d'une connaissance incomplète de l'utilité de l'effort cartographique. Mieux vaut avoir des cartes différentes dans le style et la finesse, mais comparables, que des cartes de même "densité" visuelle, mais différentes d'échelle.





3

à l'échelle de	sur le papier					représente sur la terre				
	1 mm	1 cm	10 cm	20 cm	1 m	1 m	10 m	100 m	200 m	1 km
1: 1 000	1 m					1 m	10 m	100 m	200 m	1 km
2 000	2					2	20		400	
5 000	5					5	50		1 km	
10 000	10 m					10 m	100 m	1 km	2 km	10 km
20 000	20					20	200		4	
50 000	50					50	500		10	
100 000	100 m					100 m	1 km	10 km	20 km	100 km
200 000	200					200	2		40	
500 000	500					500	5		100	
1 M	1 km					1 km	10 km	100 km	200 km	1.000 km
2 M	2					2	20		400	
5 M	5					5	50		1.000	
10 M	10 km					10 km	100 km	1.000 km	2.000 km	10.000 km
20 M	20					20	200			
50 M	50					50	500			



## B. L'identification géographique interne

Toute lecture aux niveaux moyen et élémentaire s'appuie sur l'identification interne. Que faut-il entendre par EXACTITUDE et que faut-il sélectionner (GÉNÉRALISATION) pour construire les repères nécessaires et suffisants (FOND de CARTE) aux questions pertinentes ?

### L'EXACTITUDE CARTOGRAPHIQUE.

Il faut préciser une fois encore qu'il s'agit du degré d'exactitude de la représentation graphique, et non celui de l'information originale fournie au rédacteur graphique. S'il est du devoir du cartographe de se référer aux informations les plus précises (et par conséquent de prendre toutes dispositions utiles pour en avoir connaissance) il ne s'agit pas, dans le cadre de cette étude, de lui demander d'aller sur le terrain, de se substituer au géomètre, au topographe ou à tout enquêteur pour s'assurer d'une information meilleure. Notre problème est celui du contenant, et il nous permet de considérer que l'information à transcrire est, par hypothèse, "exacte".

### L'ERREUR GRAPHIQUE.

La matérialité de la représentation graphique et les limites de la perception visuelle entachent toute mesure de longueur d'une erreur irréductible. C'est l'erreur graphique.

Soit à dessiner deux points distants de 555,55 mm c'est-à-dire 555 mm et 11/20 de mm. Un dessin correct doit permettre à un quelconque lecteur de mesurer cette distance et de l'énoncer: 555,55 mm. C'est rarement possible.

**L'erreur graphique est la différence entre la longueur qui est lue et la longueur qui devrait être lue.**

Cette différence est une longueur mesurée sur la feuille de papier. Elle est indépendante de la signification de cette longueur, c'est-à-dire de l'échelle.

Pour qu'un lecteur puisse lire 555,55 mm il faut :

1°) que le dessinateur ait pointé cette distance avec cette précision,

2°) que les signes utilisés soient aussi fins que possible, mais cependant visibles,

3°) que le lecteur soit capable d'une précision comparable à celle du dessinateur, ce qui pose la question de la précision humaine, de ses limites, de sa moyenne. C'est l'erreur graphique humaine.

Mais il faut aussi :

4°) que le support n'ait pas varié entre les deux mesures,

5°) que la règle utilisée soit semblable dans les deux lectures, ce qui pose la question de la stabilité dimensionnelle des matériaux, à travers les diverses opérations graphiques de rédaction, reproduction, conservation, lecture. C'est l'erreur graphique technique.

Un dessinateur de précision peut, avec une aiguille, pointer sur un matériau stable une série de distances données 55,55 - 18,20 - 210,35 - 84,25... m/m.

Un autre dessinateur, aussi précis, et utilisant la même règle, mesurera et énoncera ces longueurs pratiquement sans erreur. Il s'agit évidemment d'une situation exceptionnelle, que seule la mécanique de précision peut améliorer. Elle permet de définir la limite humaine de l'appréciation dimensionnelle : le 1/20 de millimètre.

Il est normal d'exiger d'un dessinateur une précision de 1/10 de mm, mais on ne peut que constater la précision du lecteur. Chacun a la sienne propre, et le demi-

millimètre est ce que l'on peut demander au lecteur moyen. Mais faut-il encore que ce demi-millimètre soit utile et que l'erreur technique soit inférieure à l'erreur humaine. Or, il est courant qu'une feuille de papier de 0,80 m varie de plus de 5 mm en longueur, et que deux "doubles-décimètres" présentent entre eux une différence supérieure à 2 mm !

### La réduction de l'erreur technique.

Cette erreur résulte d'une différence de variation entre l'objet qui mesure et l'objet mesuré. Elle est donc proportionnelle à la longueur de la mesure. On y remédiera de différentes manières :

- en réduisant la longueur mesurée, c'est-à-dire en évitant les trop grands documents, les trop longues mesures.

- en réduisant les variations, c'est-à-dire en s'assurant, à la rédaction comme à la lecture, des meilleures conditions offertes par la technique : supports stables et règles étalonnées.

- en rendant ces variations égales, c'est-à-dire en faisant en sorte que l'objet qui mesure suive les variations de l'objet mesuré. C'est la meilleure garantie dont dispose le lecteur. Pour celui-ci, toute mesure de précision doit être effectuée à l'aide d'une longueur étalon portée sur la carte elle-même, et qui aura par conséquent suivi les mêmes variations. Il se servira donc de l'échelle graphique. Mais longueur et largeur d'une feuille de papier ont souvent des taux de variations différents. Aussi, lorsque la précision linéaire s'impose, l'échelle graphique doit-elle être reportée sur tous les côtés ou mieux, sur toute la surface de la carte (carroyages).

### La réduction de l'erreur humaine.

Cette erreur résulte des facultés visuelles et peut être réduite par une éducation appropriée. C'est une constante personnelle. Elle s'exprime par une quantité absolue : le 1/20, le 1/10, le 1/2 mm... Elle s'applique aux extrémités de la mesure et se répète toujours à peu près semblable à elle-même.

Elle est donc proportionnelle du nombre de mesures effectuées, mais elle est indépendante de la longueur mesurée. Il est impossible d'y remédier totalement, cependant.

- on peut éviter d'ajouter inutilement plusieurs erreurs, et l'on ne procédera jamais par addition de mesures partielles, chaque fois que l'on pourra mesurer le total.

- on évitera de l'augmenter en utilisant des signes (points, traits) les plus fins possibles. Mais la visibilité de ces signes est en contradiction avec la finesse et l'on admet que le 1/10 de mm est la largeur minimum au-dessous de laquelle on ne peut descendre. Cette largeur correspond à l'erreur humaine minimum.

- on peut la réduire au moment de la rédaction, en dessinant plus grand, puis en effectuant une réduction photographique. Mais cette opération technique supplémentaire introduit un risque de déformation et n'a aucune influence sur l'erreur humaine commise à la lecture.

**La réduction de l'erreur totale — La précision graphique.** Lorsque toutes les précautions techniques ont été prises comme il est normal de l'admettre pour toute question



aboutissant à une mesure, l'erreur technique est inférieure à l'erreur humaine moyenne. Dans ces conditions, la *précision graphique* est une constante qui caractérise un document donné. Elle est irréductible et s'exprime par une dimension absolue : le 1/10, le 1/4, le 1/2 mm, le mm... Lorsqu'il n'est pas possible de prendre toutes les précautions désirables, l'erreur graphique varie avec la longueur de la mesure, avec le dessinateur et avec le lecteur. Quelles sont les conséquences, quelle est la signification de cette erreur ?

## L'EXACTITUDE DIMENSIONNELLE.

Quelle distance y a-t-il entre ces deux clochers ? Toute question conduisant à une évaluation linéaire métrique (en mètres, km, miles...) fait intervenir, en cartographie, le rapport de réduction c'est-à-dire l'échelle.

Au 1/2 000, le 1/4 de mm représente 0,5 m. Il représente 50 m au 1/200 000.

**L'exactitude dimensionnelle est la signification métrique de la précision graphique.**

Elle est inversement proportionnelle à l'échelle et s'exprime par un nombre absolu. On dit qu'une carte est exacte à 10 m près, à 2 km près. Il en résulte que :

- 1°) Liée à l'erreur graphique, l'exactitude a une limite absolue pour une échelle donnée.
- 2°) L'exactitude dimensionnelle d'un document est définie lorsqu'on connaît l'échelle et la précision graphique (1).

Echelle	Précision graphique		
	2mm	1mm	1/10mm
EXACTITUDE DIMENSIONNELLE			
1/ 1 000	2 m	1 m	0,1 m
1/ 10 000	20 m	10 m	1 m
1/ 50 000	100 m	50 m	5 m
1/ 100 000	200 m	100 m	10 m
1/ 200 000	400 m	200 m	20 m
1/ 500 000	1 km	500 m	50 m
1/ 1 M	2 km	1 km	100 m
1/ 5 M	10 km	5 km	500 m

3°) Lorsqu'on connaît l'exactitude requise par une information, et la précision graphique que les conditions de rédaction entraînent, on en déduit l'échelle de la carte à rédiger. Si l'on connaît la position respective de villages à 1 km près, et que la précision probable, liée à l'inexpérience de l'enquêteur, soit réduite, l'échelle doit être le 1/500 000 ou le 1/250 000. Il est toujours préférable de pointer à une échelle plus grande. Tout pointage effectué à une échelle inférieure à celle résultant du tableau (1) aboutit à une perte d'information, à l'abandon d'une partie du travail de l'enquêteur.

4°) Il n'est pas possible de représenter "à l'échelle" une distance-terrain inférieure à l'exactitude dimensionnelle maximum.

La précision graphique maximum de 1/10 de mm représentée sur les cartes routières classiques au 1/200 000 une distance de 20 m ; par conséquent toute distance utile, inférieure à 20 m ne peut être représentée en vraie

grandeur à cette échelle, et une route de 10 m de large est représentée par une distance-terrain de 20 m au moins, de 200 m en réalité. C'est une convention. Ainsi toute observation quantitative conduisant à l'évaluation d'une distance-terrain est entachée d'une erreur. On ne peut faire mieux que la réduire à une dimension admissible, en réduisant l'erreur graphique et en augmentant l'échelle.

## L'EXACTITUDE RELATIONNELLE.

Heureusement, les mesures de distance ne représentent qu'une faible partie des observations utiles que l'on peut tirer d'une carte.

Considérons les questions : Tel endroit, où est-il ? A tel endroit qu'y a-t-il ? Et par exemple :

Quelle rue faut-il prendre ? - la troisième à gauche !

Où est le village ? - au bord de la rivière et au Nord !

Quelle forme a-t-il ? - il est circulaire !

Cette route est-elle sinueuse ? - elle est droite !

Quelle est la nature de cette côte ? - elle est découpée !

Quelle est la forme géographique, la régionalisation de tel phénomène ?

Les réponses utiles n'impliquent pas une évaluation métrique des distances, mais la possibilité de différencier, d'ordonner ou de dénombrer des éléments d'information. Il importe seulement que ces éléments utiles soient discernables et que les différences, l'ordre, le nombre (dans la limite des quantités visuellement mémorisables) constituent les repères reconnaissables, nécessaires et suffisants aux questions pertinentes.

**L'exactitude relationnelle est la signification géométrique de la disposition des signes.**

Or, la disposition de trois points et leur nombre restent semblables quelle que soit la réduction plane. Il en résulte que :

1°) Toute question introduisant une alternative (X), un ordre (O) ou un petit dénombrement d'éléments dans le plan peut recevoir une réponse exacte. Ce qui est lu peut être rigoureusement conforme à ce qui devrait être lu.

*L'exactitude relationnelle peut être absolue.*

2°) Dans les limites significatives ci-dessus, l'exactitude relationnelle est indépendante de l'échelle.

Elle peut donc se substituer à l'exactitude dimensionnelle au moment où celle-ci devient insuffisante ou inefficace. C'est ainsi que l'on peut se diriger ou identifier un site avec toute l'efficacité nécessaire en comptant le nombre des rues (3<sup>e</sup> rue à droite), en observant des rapports de disposition (entre la rivière et la route), d'angles (avant le virage), ou de structure (limite entre quartiers modernes et ville ancienne).

3°) Le nombre des éléments discernables est limité pour une plage donnée de papier. Le nombre des éléments représentables varie donc avec le carré de l'échelle et la réduction d'échelle réduit le nombre des éléments que l'on peut transcrire avec exactitude mais ne réduit pas l'exactitude relationnelle.

4°) La réduction d'échelle conduit à choisir dans l'information les éléments qui seront reportés avec une exactitude relationnelle absolue. Ce choix, c'est la généralisation cartographique.



# LA GÉNÉRALISATION CARTOGRAPHIQUE

La nécessité de "généraliser" résulte de l'opposition entre les constantes humaines de la perception et la suite infinie et continue des niveaux d'observation de l'ordre géographique. C'est la forme spatiale du problème de la simplification. Pour simplifier l'homme catégorise.

**Généraliser, c'est donc rechercher des concepts, applicables aux signes disponibles, et qu'il est utile de considérer comme semblables dans une certaine étendue, de manière à ce que cette étendue puisse être considérée comme différente des étendues voisines.**

**C'est un problème de régionalisation.**

Les constantes visuelles sont ici :

- la dimension de la feuille de papier (qui, nous l'avons vu, peut être considérée comme constante face à l'information);
- la dimension minimum des taches visibles et séparables;
- le nombre de catégories différentes que l'homme est capable d'intégrer dans une observation courante et qui dépasse rarement cinq.

La variable est le rapport entre le nombre des correspondances de l'information exhaustive et le nombre des correspondances de la communication mémorisable.

Constantes et variable s'appliquent à trois significations planes: le point, la ligne (positions sans surface) et la zone. Dans l'infini des réductions possibles il est évident que l'ultime limite de la réduction est la suppression totale.

Celle-ci exclue, il apparaît qu'un point restera toujours un point. Une droite finie devient un point. Une zone devient un point. Une ligne sinueuse ouverte devient une droite, puis un point. Une constellation (groupe de zones, de lignes ou de points) devient une zone puis un point.

## LES TYPES DE GÉNÉRALISATION

Ainsi, hors de la signification ponctuelle, la suite continue des réductions présente des *rapports critiques* qui conduisent à une transformation de l'implantation.

**Mais chaque changement d'implantation s'accompagne d'un changement de définition du phénomène représenté: c'est une nouvelle conceptualisation. La légende change, et pose le problème de la définition d'un nouvel invariant.**

Le plan des "maisons et des rues" fait place au cercle de la "ville". Les lignes des "canaux et rivières" deviennent des zones de "marais" ou "polders". Les points des "usines" deviennent "zone industrielle". L'"arbre" fait place à la "forêt".

Cependant aux alentours de chaque rapport critique, il est possible de choisir entre :

- le *changement d'implantation* (par exemple le passage de la constellation de points à la zone), qui implique une nouvelle conceptualisation: "puits de mines" se transforme en "bassin houiller". C'est la *généralisation conceptuelle*. Elle fait généralement appel à des

informations nouvelles, extérieures à l'information traitée.

- ou la *conservation de la conceptualisation*, qui implique la conservation de l'implantation et de la structure plane du phénomène, mais en même temps la simplification de la répartition. C'est la *généralisation structurale*. Elle peut se contenter de l'information originale, à condition que celle-ci soit exhaustive.

## Le rapport critique

Il dépend à la fois de la répartition originale et de l'échelle finale. Il peut être défini grâce à la photographie. Pour une information originale donnée, on considérera trois paliers de réduction (schéma ci-contre):

(A) Faibles réductions. La photographie n'appelle aucune simplification.

(B) Réductions moyennes. La photo réduite montre encore la totalité des éléments de l'information, mais ceux-ci dépassent la limite de la perception courante. Ils sont trop fins et risquent de fusionner ou de disparaître. C'est le *rapport critique*, et il faut choisir entre les deux types de généralisation. Ce choix dépend de la nature des questions auxquelles il est envisagé de répondre.

(C) Fortes réductions. La photo réduite supprime une partie de l'information originale. A ces rapports, la *généralisation conceptuelle est indispensable*.

## Le déplacement du rapport critique.

Dans la suite décroissante des surfaces disponibles pour exprimer une information donnée, le *rapport critique est plus vite atteint*.

- Quand l'information est un message et doit faire état de plusieurs phénomènes. En effet, pour supporter une variable de différenciation, les taches minimum doivent rester suffisamment grosses. Remarquons que dans une superposition d'implantations le rapport critique se situe à des niveaux différents pour chaque implantation.

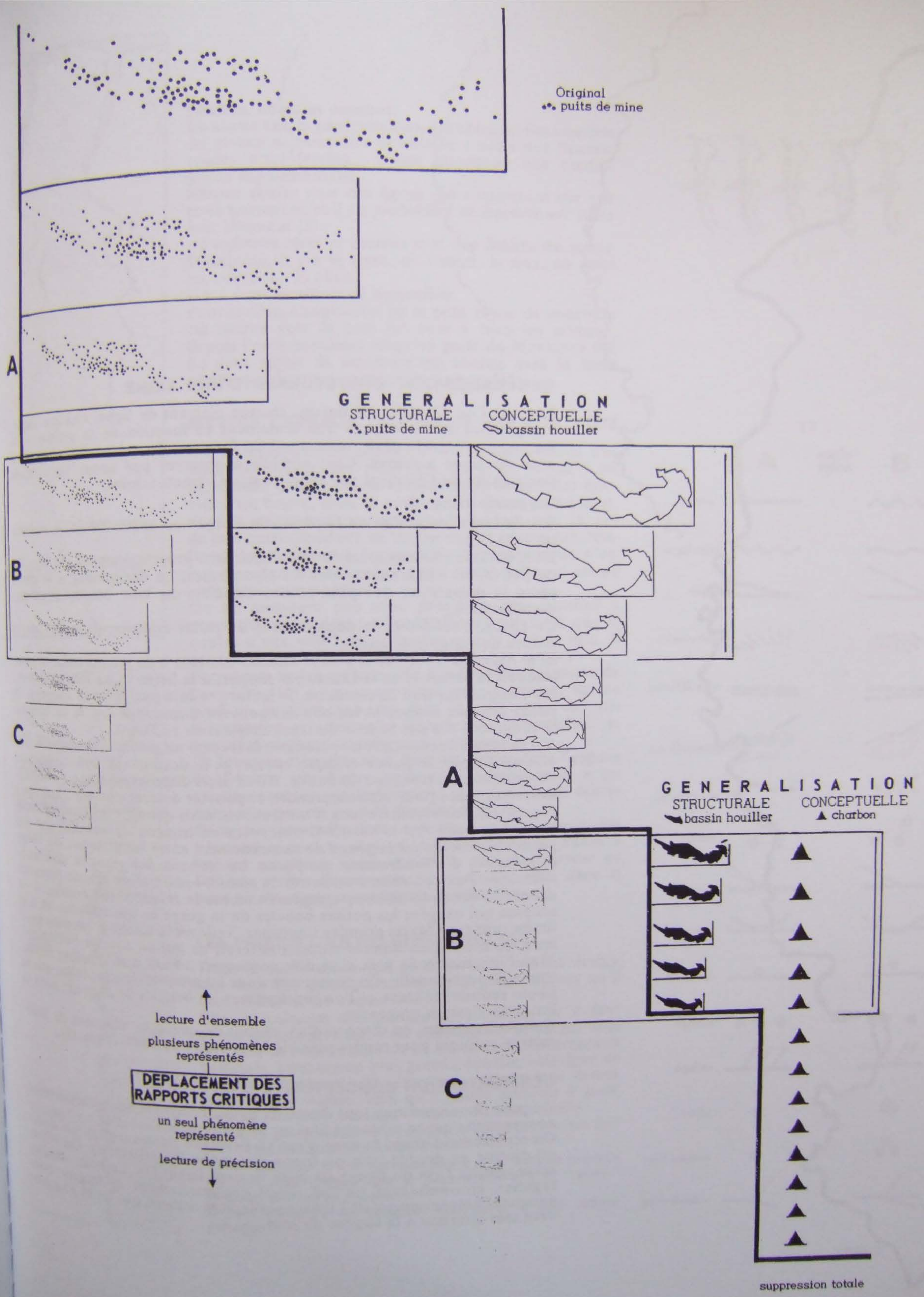
- Quand les questions pertinentes sont au niveau de l'ensemble. C'est le cas des cartes distribuant des statistiques zonales, qui ne sont lues qu'aux niveaux moyens et supérieur. Une grande simplification des lignes du fond de carte augmente la lisibilité de la variation en 3<sup>e</sup> dimension qui constitue la principale originalité de l'information.

Inversement le *rapport critique recule*.

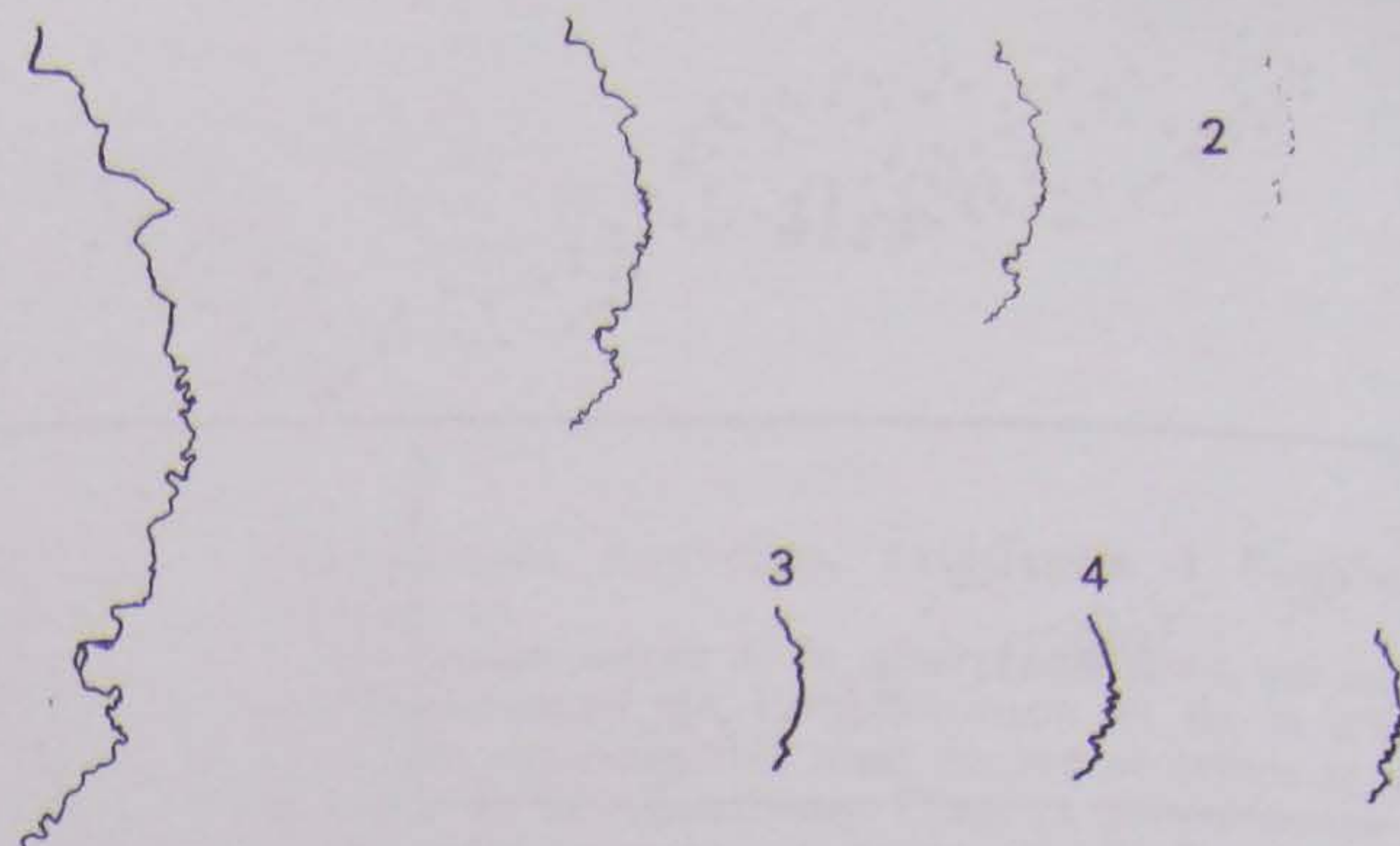
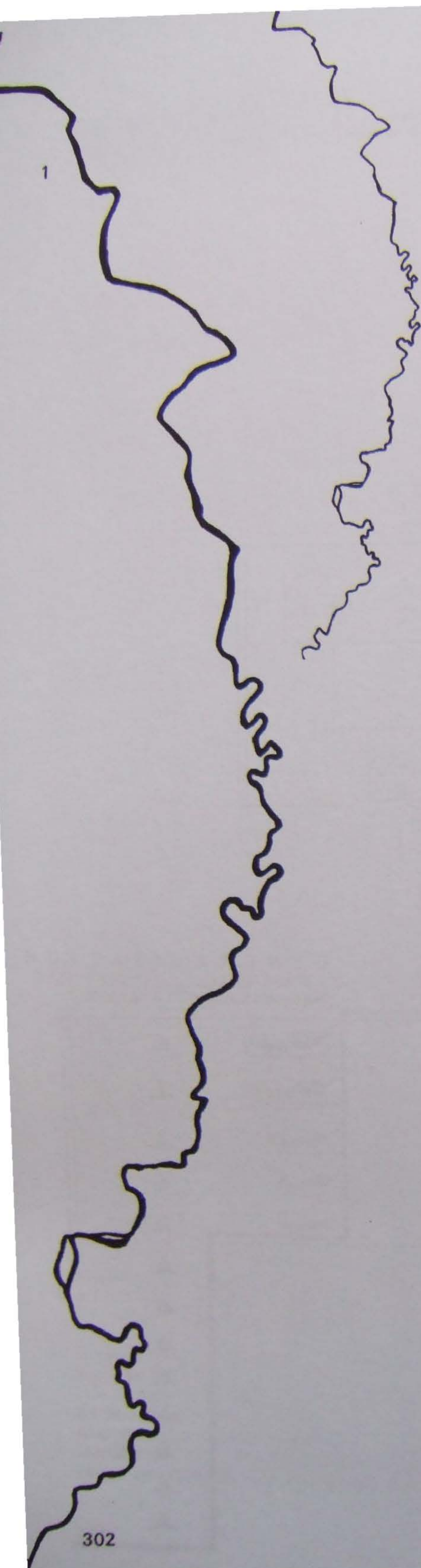
- Quand l'information est homogène. La répartition d'un unique phénomène s'accommode de taches très fines, atteignant la limite de la perception (p. 318).

- Quand les questions pertinentes sont au niveau élémentaire: position d'un site, mesures de distance... les éléments de repère sont choisis surtout en fonction de leur proximité par rapport aux positions originales. Nous verrons successivement: la généralisation structurale d'une ligne sinueuse, la généralisation structurale d'une constellation de taches, la rédaction des fonds de cartes nécessaires à la cartographie expérimentale courante, qui impliquent à la fois des deux types de généralisation.









### GÉNÉRALISATION STRUCTURALE D'UNE LIGNE.

Lorsque l'on simplifie un dessin, chaque élément de ligne, chaque signe, chaque mot doit être tracé non seulement en fonction de sa présence en un point précis du plan, mais aussi en fonction de ce qui doit figurer à côté du signe à tracer. Ceci conduit à observer par zones successives l'originalité de l'élément par rapport aux éléments voisins.

#### Un cours d'eau.

Soit la Loire, en amont de la plaine du Forez - au 1/200 000 (1) à réduire au 1/5M (2).

La réduction photographique fait disparaître progressivement les boucles du fleuve, en commençant par les plus petites. Le dessinateur a le choix entre la disparition des plus petites boucles, ou leur conservation par amplification.

Ce choix, c'est-à-dire le déplacement du palier critique, dépendra de la nature des questions visées.

*Si le rédacteur construit une carte scolaire* destinée à de jeunes enfants pour lesquels la présence de la Loire, par rapport à la Seine et au Rhône constitue l'originalité de l'information, la lecture se fera aux niveaux moyens, le palier critique avance et les boucles peuvent disparaître (3). A ce niveau, le rédacteur n'a pas besoin du tracé original au 1/200 000.

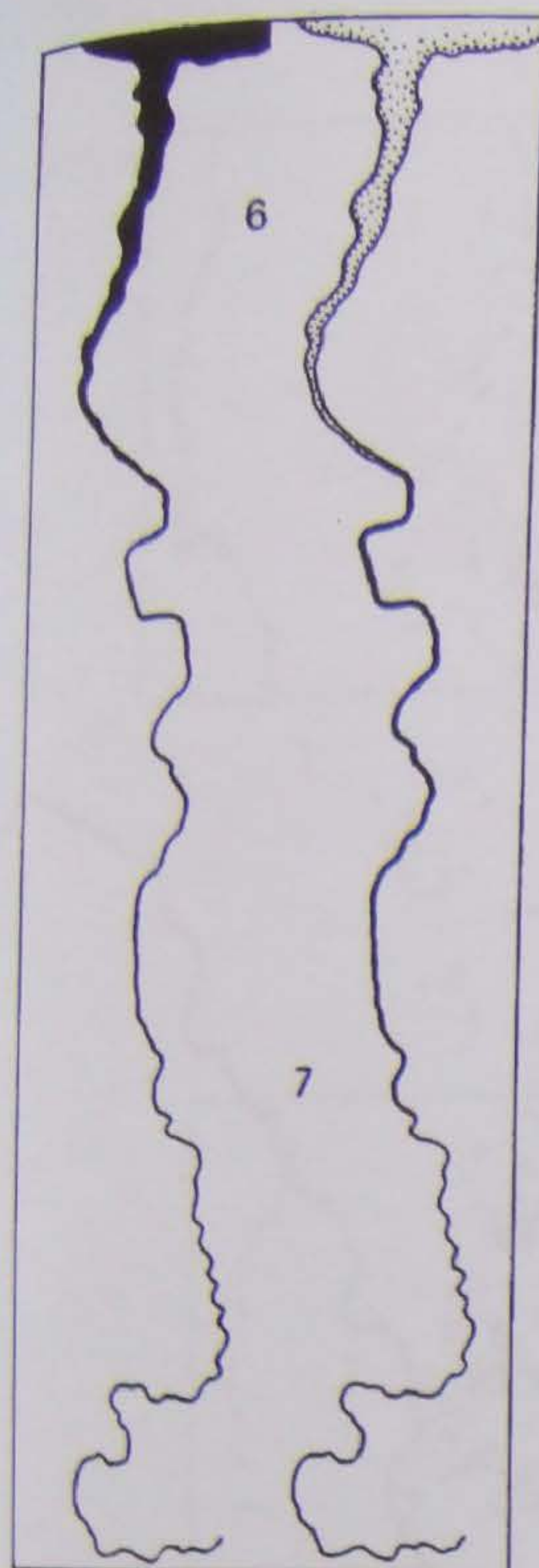
*S'il construit un inventaire de précision*, la lecture au niveau élémentaire doit être envisagée, le palier critique recule, et le dessinateur doit considérer l'originalité des tronçons du fleuve. Il doit alors disposer de toute l'information nécessaire pour les comprendre et pouvoir déterminer des caractères régionaux, semblables le long d'un tronçon, mais qui différencient ce tronçon du suivant. Au 1/200 000 il observera un tronçon caractérisé par des petites boucles, c'est la gorge de raccordement entre les plateaux du Velay et le bassin d'effondrement du Forez. Le tronçon des grandes sinuosités correspond au contraire à un fleuve de plaine, constitué de grands éléments droits. En fonction de ces paysages, l'exactitude relationnelle conduit à un schéma qui exagère les petites boucles de la gorge et qui adoucit, et à la limite supprime (4) les grandes sinuosités. Telle est la solution adoptée pour les routes, dans les bonnes cartes routières, ce qui en accroît l'efficacité. Mais l'inventaire de précision doit conserver, autant que possible l'exactitude dimensionnelle. On conservera donc les grandes boucles telles que la photo réduite les trace et l'on représentera les boucles de la gorge dans la limite de l'erreur graphique.

Dans cette limite, on dispose d'un champ de quelques dixièmes de millimètres, suffisant pour rendre sensible le caractère du cours d'eau (5).

### GÉNÉRALISATION CONCEPTUELLE D'UN FLEUVE

On peut remarquer que tout dessin de fleuve comporte une généralisation conceptuelle qui se prolonge plus ou moins suivant l'échelle. On représente d'abord la zone d'eau (à l'estuaire par exemple). Le fleuve est dessiné en double trait ou forme une tache irrégulière (6). On représente ensuite l'axe du fleuve (la zone devient ligne) (7). Le trait est alors régulier, conventionnel, et l'on réduit progressivement sa largeur pour évoquer l'amenuisement de l'espace réellement occupé, qui est le plus souvent très inférieur à la largeur du trait.





### Fleuves, côtes et courbes.

En aucun cas, la généralisation des côtes ou des courbes de niveau ne peut être semblable à celle des fleuves, routes, voies ferrées... il faut introduire une contingence supplémentaire.

Fleuves, routes sont des lignes qui s'inscrivent sur une zone homogène et il y a *probabilité de symétrie* sur toute leur longueur (8).

Au contraire côtes et courbes sont des limites de zones. D'un côté, il y a la terre, de l'autre, la mer, ou pour les courbes... la pluie.

Il y a donc *certitude de dissymétrie*.

Pour la côte, l'angularité ou le petit rayon de courbure est tourné vers la mer (et ceci à tous les niveaux, depuis l'anse bretonne jusqu'au golfe du Mexique) (9). Le petit rayon de courbure est tourné vers la terre (thalwegs) dans les courbes de niveau (10).

### METTRE L'ERREUR GRAPHIQUE DU BON CÔTÉ

En cartographie, le lecteur se fait intuitivement une juste idée de ce qui peut être dit et de ce qu'il est impossible de dire. Dans la dimension des petites boucles d'un fleuve, dans la profondeur d'une petite anse, dans la position d'une ville, il est évident que le 1/4 de mm correspondant au déplacement graphique relationnel par rapport à l'exactitude dimensionnelle n'est pas une erreur, *parce que cette erreur ne sera jamais enregistrée comme telle*.

On ne mesurera pas avec précision une distance à partir du centre d'une ville. D'ailleurs qu'est-ce que le centre d'une ville ? Et qu'est-ce que le 1/4 de mm. Il est souvent inférieur à l'erreur graphique totale !

Par contre le fait qu'une ville borde tel ou tel point de la rivière (11) ou bien est situé dans la plaine, est au pied de la montagne, ou dans la montagne est une information relationnelle rigoureuse, contrôlable, et qui n'est pas sans conséquences pratiques.

Or tous ces éléments sont différenciables dans l'espace de l'erreur graphique puisque le dessinateur a pu exprimer toutes ces dispositions sans opérer un déplacement supérieur au 1/4 de mm (11).

Dans les inventaires de précision, les déplacements nécessaires sont le plus souvent inférieurs ou égaux à l'erreur graphique moyenne et le bon dessinateur ne fait que *mettre l'erreur graphique du bon côté*, dans le sens où elle devient exactitude relationnelle.

### LES PRINCIPALES RELATIONS PLANES.

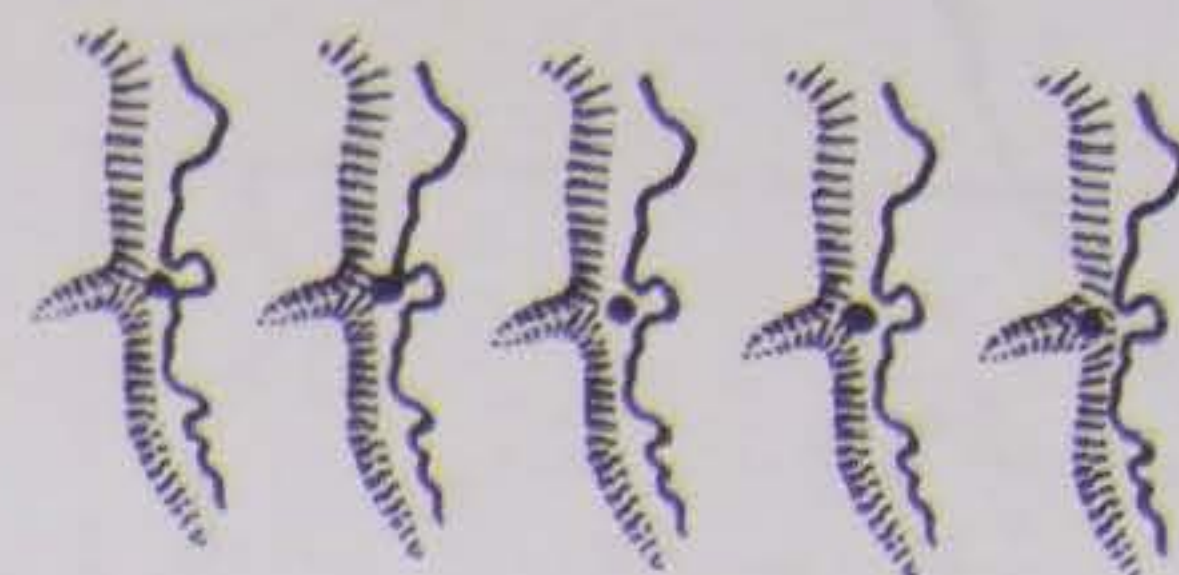
Dans le cadre offert par cette erreur, on peut établir une liste des principales relations géométriques qu'il faut s'efforcer de conserver (12).

Elles constituent des informations visibles et il faut savoir qu'en tout cas, A est différent de B, ce qui veut dire que si l'on dessine A et qu'en fait l'information originale, à beaucoup plus grande échelle, témoigne de B (ou inversement), le rédacteur commet une erreur relationnelle visible, bien qu'il puisse soutenir à juste titre ne pas avoir commis d'erreur dimensionnelle.

Ainsi, la généralisation structurale de précision est liée à la règle fondamentale suivante :

Il faut disposer d'une information à une échelle environ dix fois plus grande que le dessin définitif et "vivre" la carte tout en la dessinant.

Il faut s'interdire de recopier une carte à une même échelle.



11

12

A ≠ B

droite ————

angularité ~~~~~~

angle >

orientation \\\

parallélisme ||||

parallélisme ~~~~~~

alignement . . . . .

forme ● ● ●

sécance >

sécance <

tangence —●—

égalité ● ● ●

égalité ||||

taille ●

petit nombre ●

petit nombre >

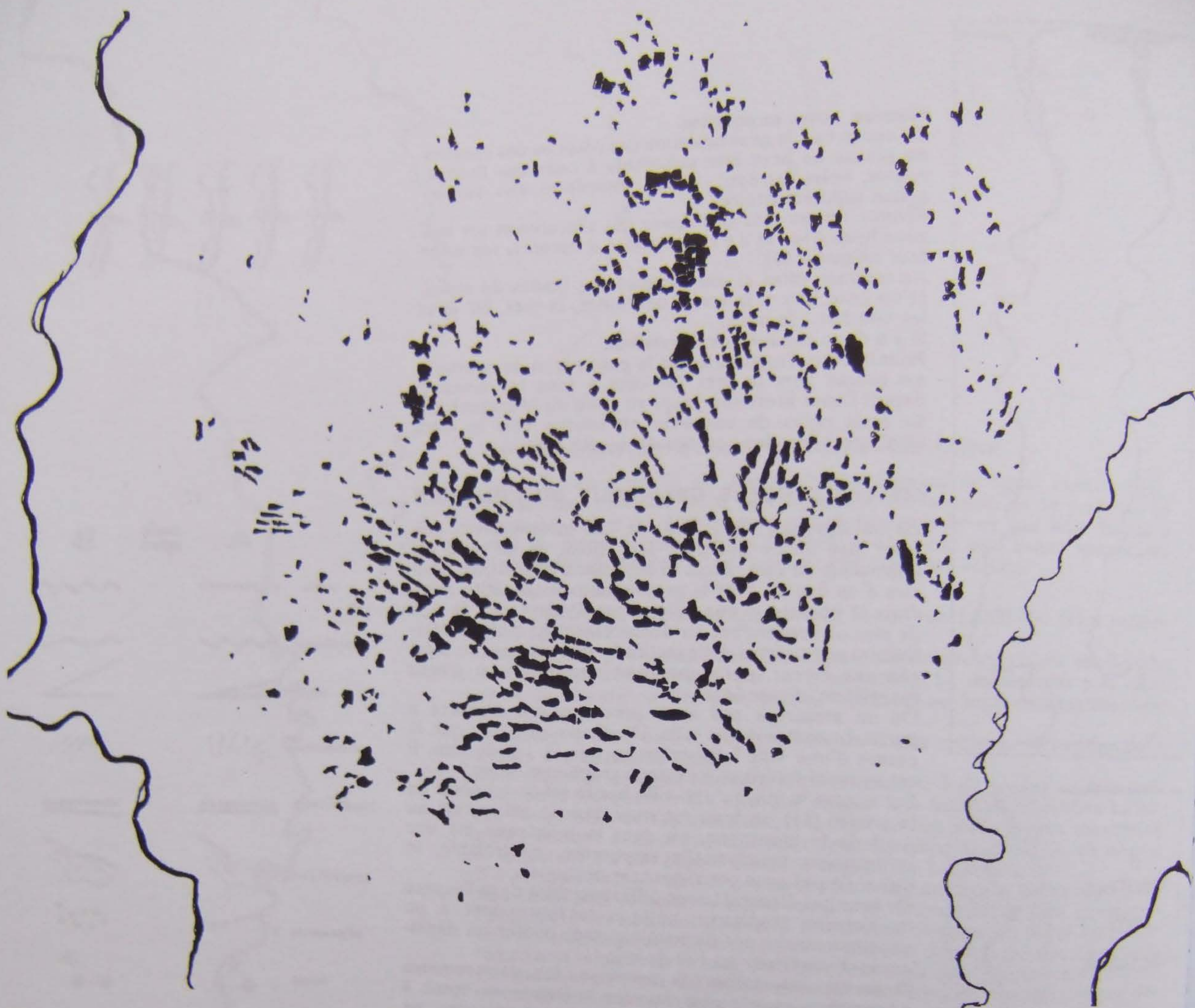
8  
COURS D'EAU  
ROUTE  
VOIE FERRÉE

9  
CÔTE

10  
COURBE  
DE  
NIVEAU

TERRE



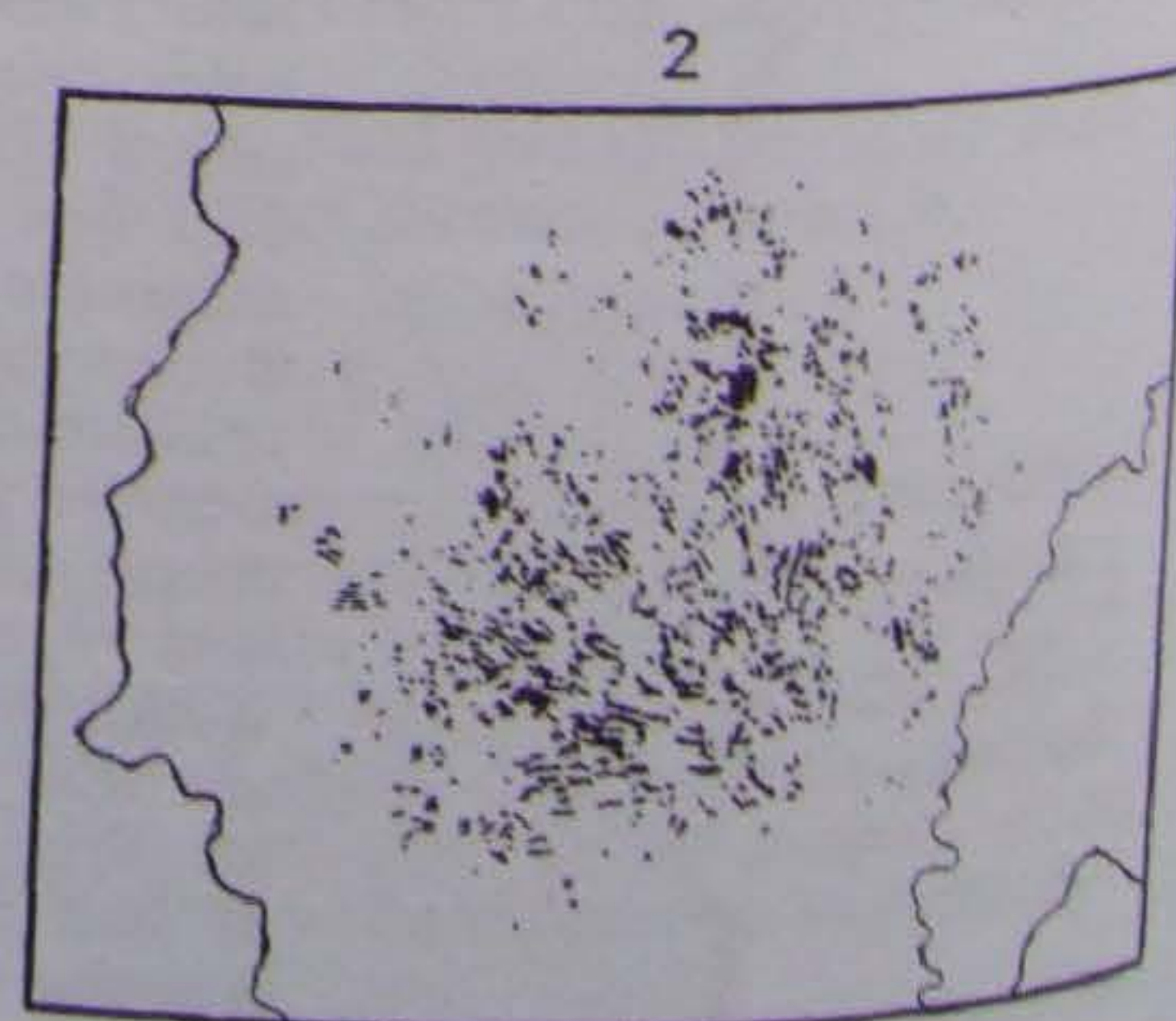


1 Réduction au 1/250 000 de la carte au 1/50 000 I.G.N.

### GÉNÉRALISATION STRUCTURALE D'UNE CONSTELLATION DE TACHES.

La généralisation structurale d'une constellation de taches (îles ou lacs) est le plus complexe des problèmes de généralisation car il fait intervenir une notion de continu à deux dimensions.  
La zone lacustre des Dombes, située au NE de Lyon en est un bon exemple. Elle permet de définir le problème et d'envisager des éléments d'une solution générale.

Soit à représenter cette zone à l'échelle du 1/1 M.  
Les figures (1) et (2) sont des réductions au 1/250 000 et au 1/1 M de l'information originale, c'est-à-dire de la carte topographique au 1/50 000 qui comporte tous les lacs.  
Les figures (3) à (9) montrent diverses cartes au 1/1 M établies par l'Institut Géographique National, le Geographical Survey (édition normale, édition "Air-Style"), l'Atlas de France (hypsométrie, morphologie, chorographie), le Times Atlas of the World. Laquelle est la meilleure?





3



4



5



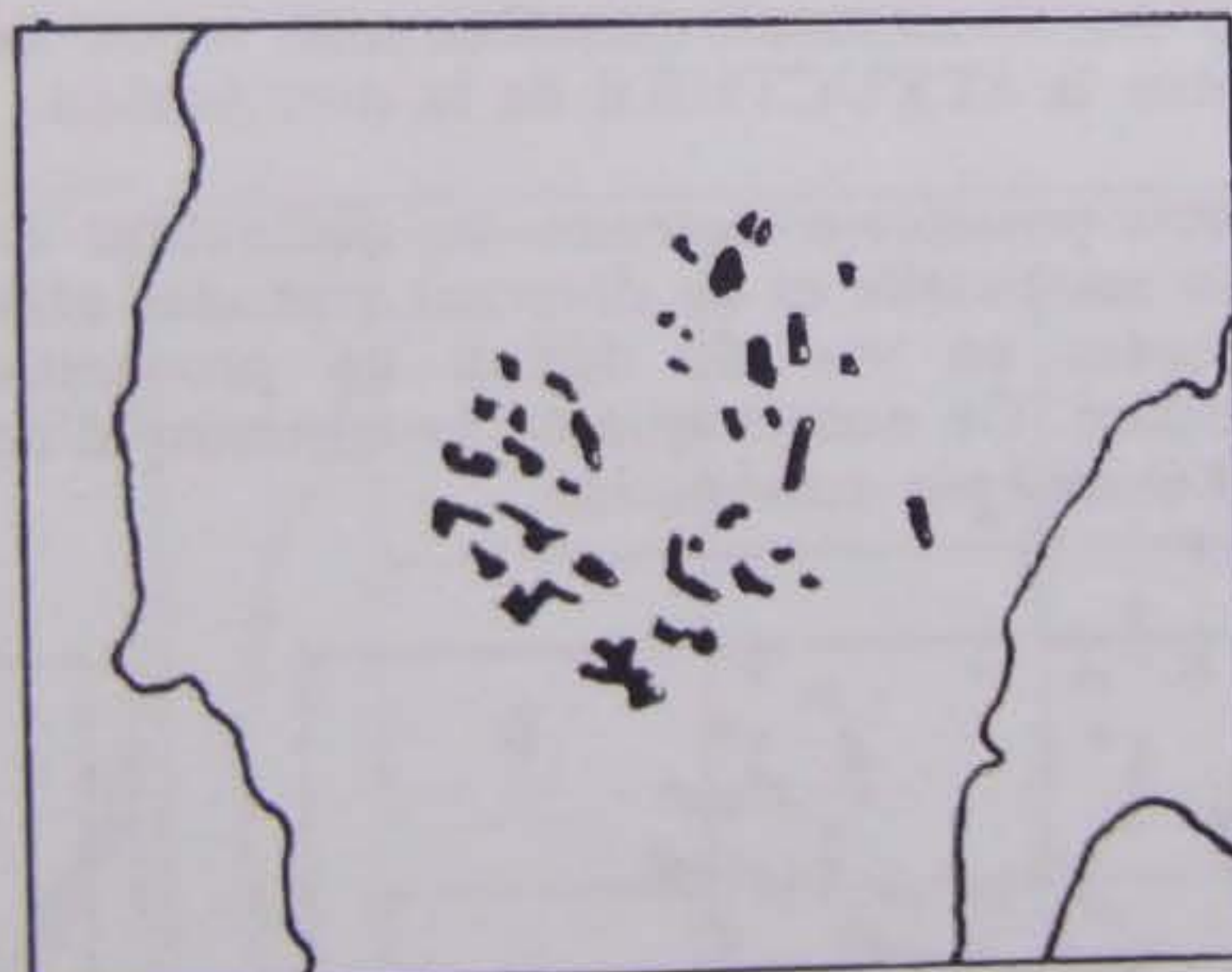
6



7



8



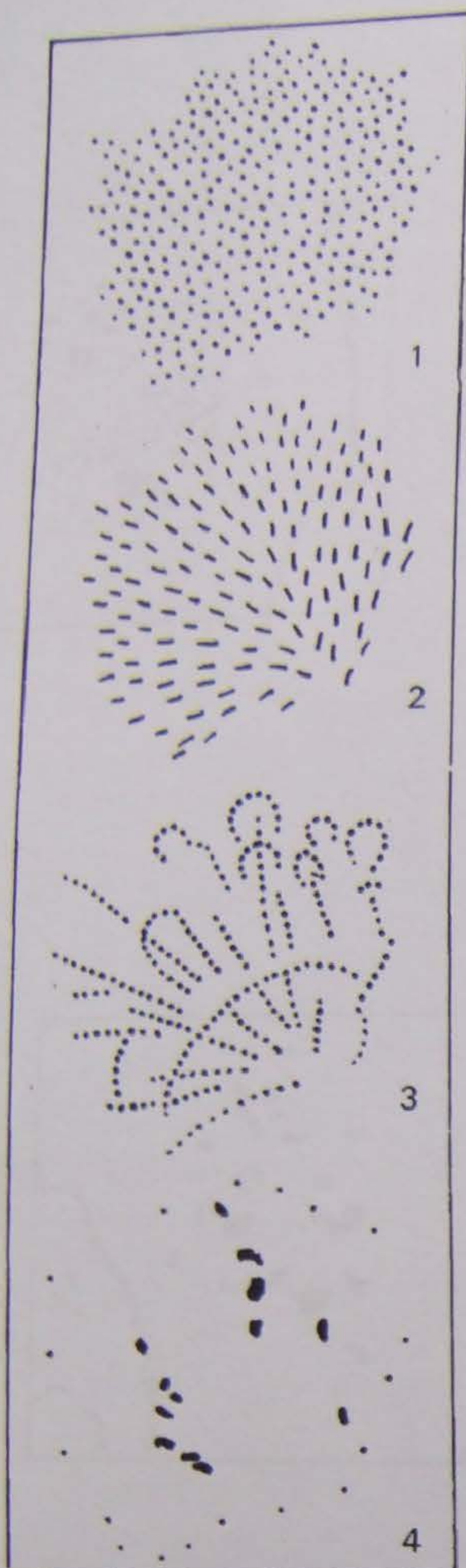
9



Échelle 1/1000000

- 3 - Atlas de France - Relief. 1/1250000.
- 4 - Carte au 1/1000000. G.S.G.S. War Office.
- 5 - Atlas de France - Geomorphologie. 1/1000000.
- 6 - Atlas de France - Chorographie. 1/1000000.
- 7 - Carte au 1/1000000. G.S.G.S. Army Air Style.
- 8 - France I.G.N. 1/1000000.
- 9 - Times Atlas of the World. 1/1000000.





Une observation attentive des images de la page ci-contre montre que l'absence de méthode aboutit à la suppression de certains lacs importants, à l'invention d'autres lacs, à la déformation de la zone lacustre et surtout à la disparition de tous les éléments formels susceptibles de caractériser la disposition des lacs. Or, ceux-ci sont des renseignements utiles qui permettent au lecteur de remplacer l'exactitude dimensionnelle par l'exactitude relationnelle. La notion de parallélisme, celle d'orientation lui fournissent par exemple la direction dans laquelle il a la plus grande probabilité de marcher sans rencontrer de lacs.

Quel dessin faut-il faire ?

Une constellation de taches est une zone fermée dans laquelle les éléments sont successivement observés à divers niveaux de lecture. Ces observations se traduisent par des différences de forme, d'orientation, de distribution, de taille et de densité.

Lorsque, comme ici, le rapport de réduction de l'information originale est tel qu'une photographie à l'échelle définitive permet encore d'identifier la quasi totalité des taches, la réduction structurale peut être opérée de la manière suivante.

L'original est ramené photographiquement à deux échelles : environ au quadruple (1) p. précédente, et au double de l'échelle finale, le premier document sert à l'observation. Sur le second (5) on place successivement plusieurs calques et l'on observe séparément les variables à divers niveaux.

**Au niveau d'ensemble**, une enveloppe de forme simple (ayant le minimum de concavités) définit une zone qui se différencie des autres régions par la présence de lacs (1). Cette figure est exacte en ce qui concerne la notion de *zone lacustre*. Elle est inexacte sur tous les autres points.

**Au niveau de l'élément**, l'information originale montre que les lacs ne sont pas circulaires, mais généralement *allongés*.

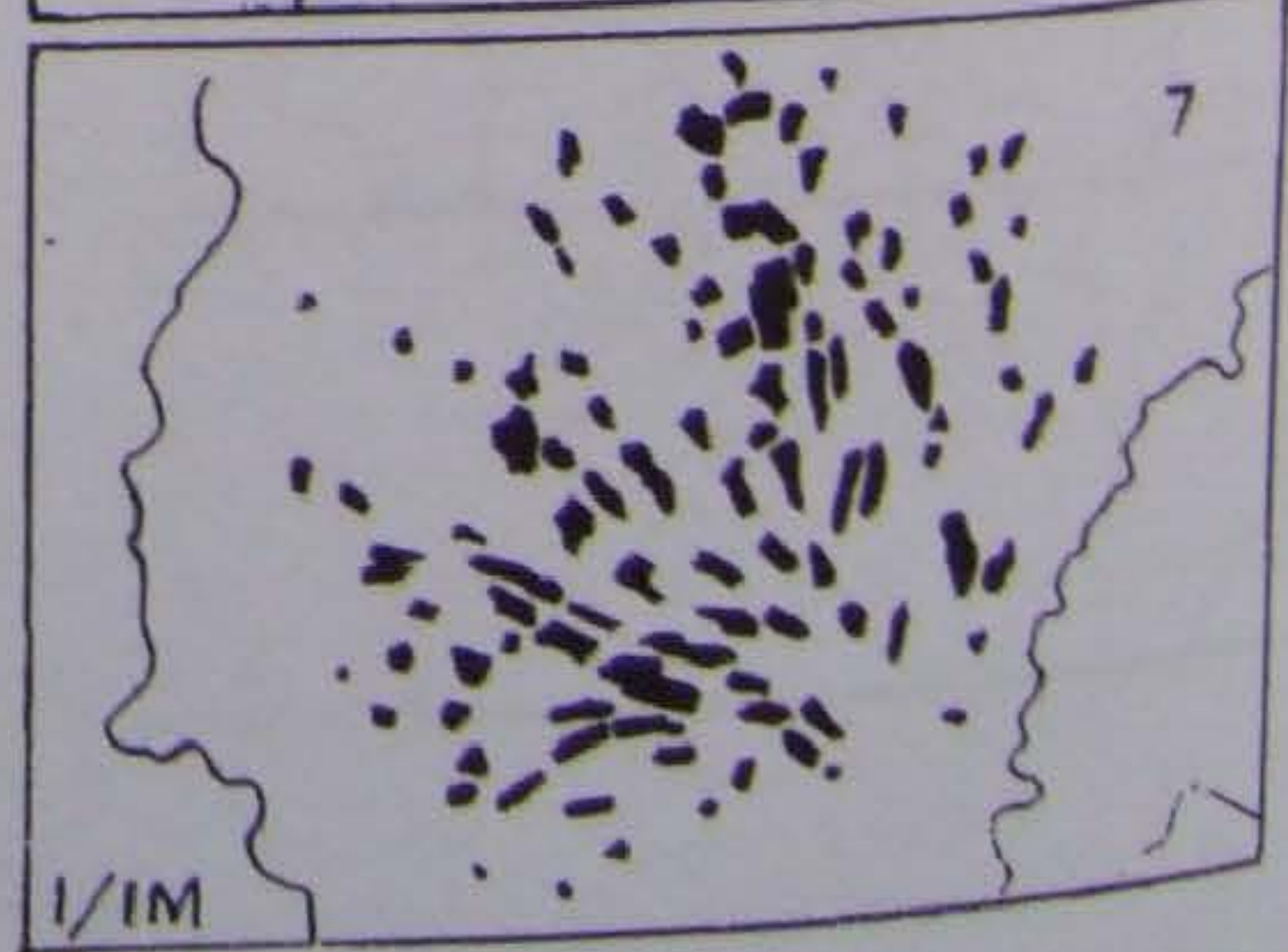
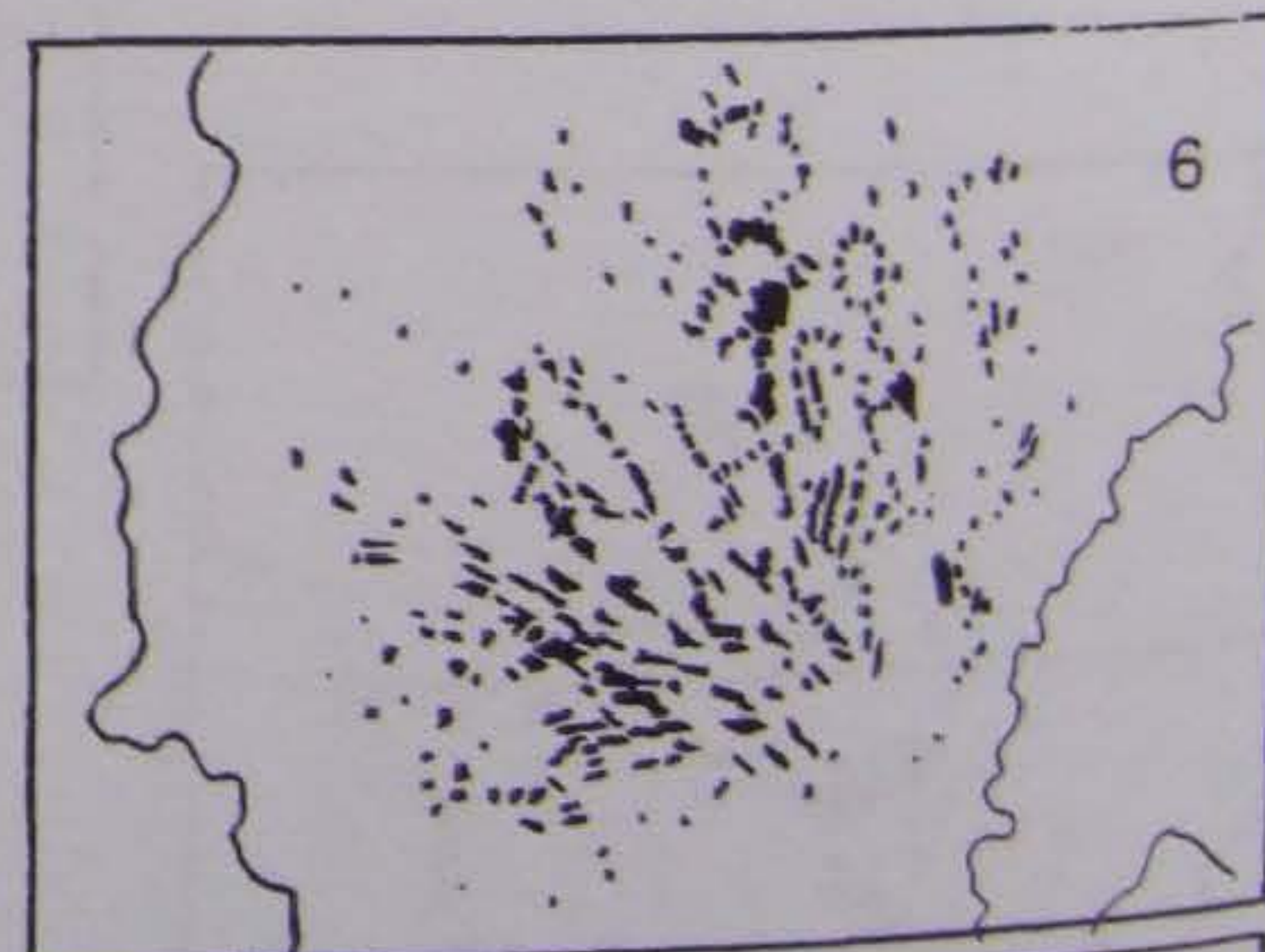
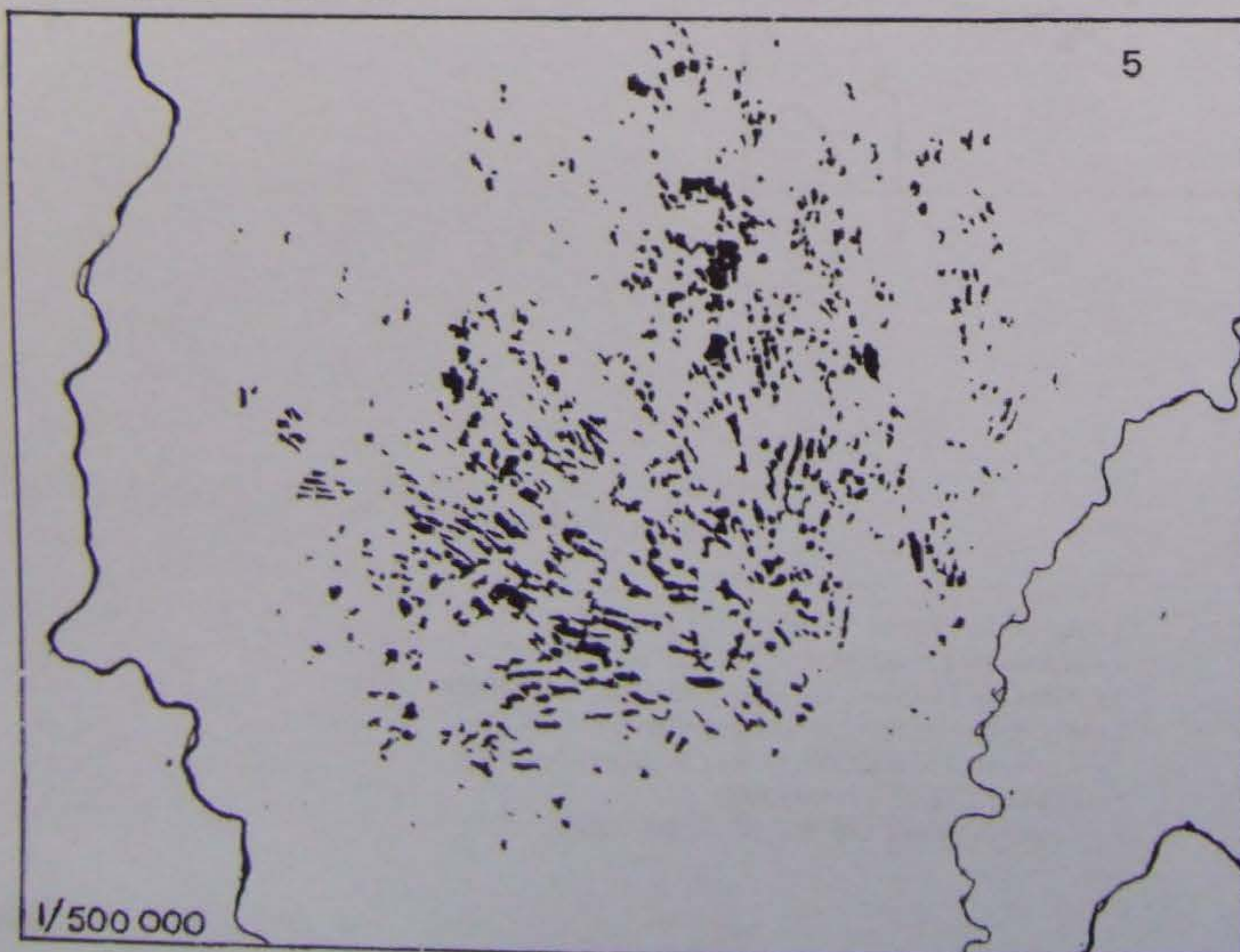
**Aux niveaux moyens**, de petits groupements visuels montrent que les lacs allongés sont souvent *parallèles*. Des groupements visuels plus larges montrent un caractère particulier de l'*orientation* (2). Bien que supérieure à la précédente, cette figure est encore inexacte.

Les groupements visuels plus larges encore révèlent des *alignements* de lacs, souvent *parallèles à l'orientation* élémentaire mais quelquefois *perpendiculaires* (3). Les lacs présentent aussi des différences de *taille* et les plus gros ne devront en aucun cas disparaître, ni ceux qui déterminent la limite de la zone (4).

Reste la notion de *densité* qui ressortira d'elle-même si l'on se tient à un principe comptable élémentaire au moment de l'interprétation finale. On a retenu environ 1 tache sur 2 en (6) et 1 tache sur 4 en (7). Les taches finales sont grossies en conséquence. Cette interprétation est dirigée par les observations (1) à (4) qui figurent au crayon sur le calque final.

Les images (6) et (7) témoignent, avec un degré différent de finesse, de la combinaison des sensations que tout œil reçoit au vu de l'information originale et qui constitue la **STRUCTURE** de la distribution.

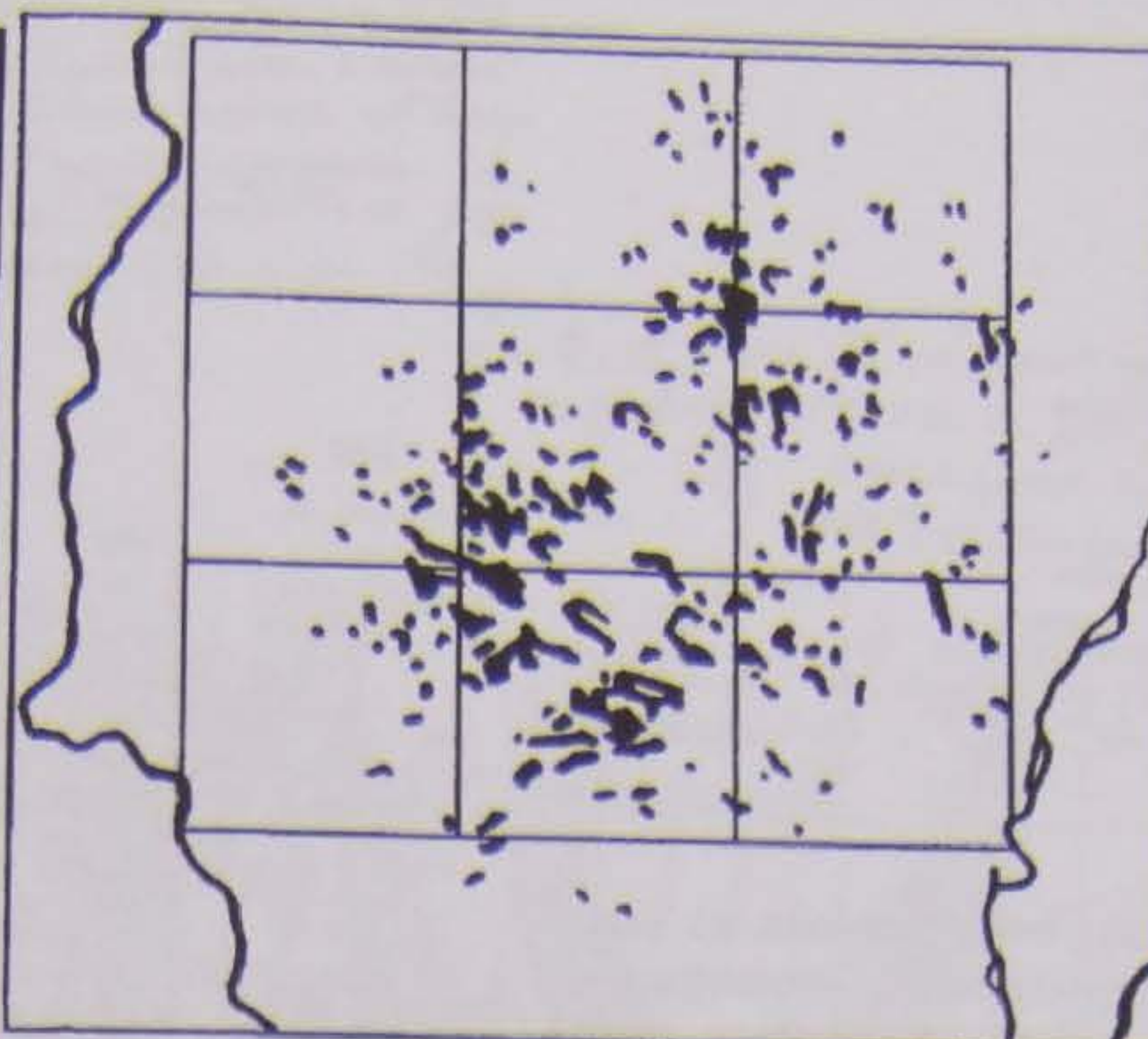
Il semble possible d'instruire un ordinateur en fonction de niveaux successifs d'intégration matricielle et de diverses attitudes sélectives. Nous poursuivons sur ces bases des études en vue de définir un processus de généralisation en majeure partie automatisé. On notera que ce programme d'analyse n'est pas sans intérêt dans l'étude des phénomènes esthétiques.



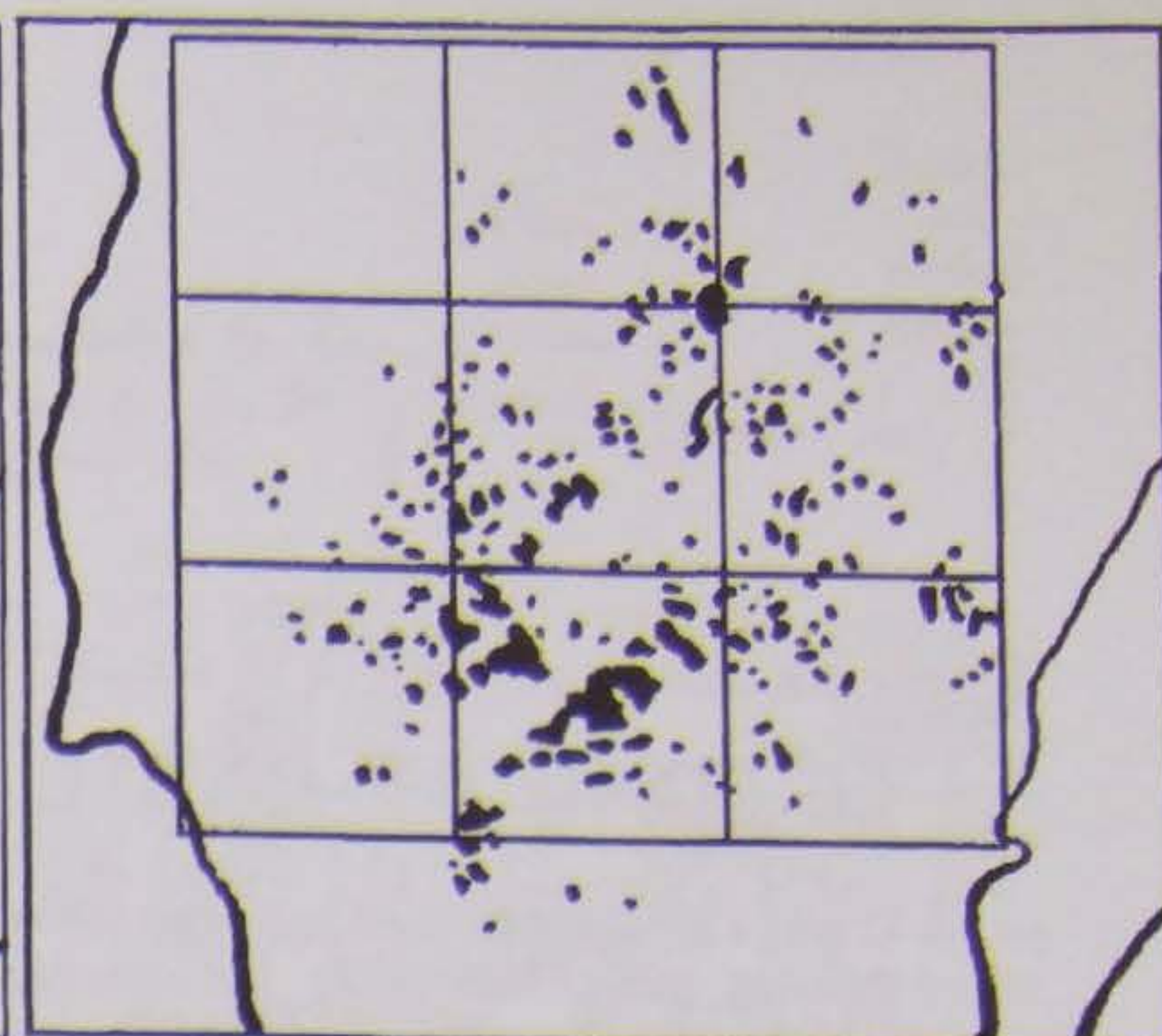




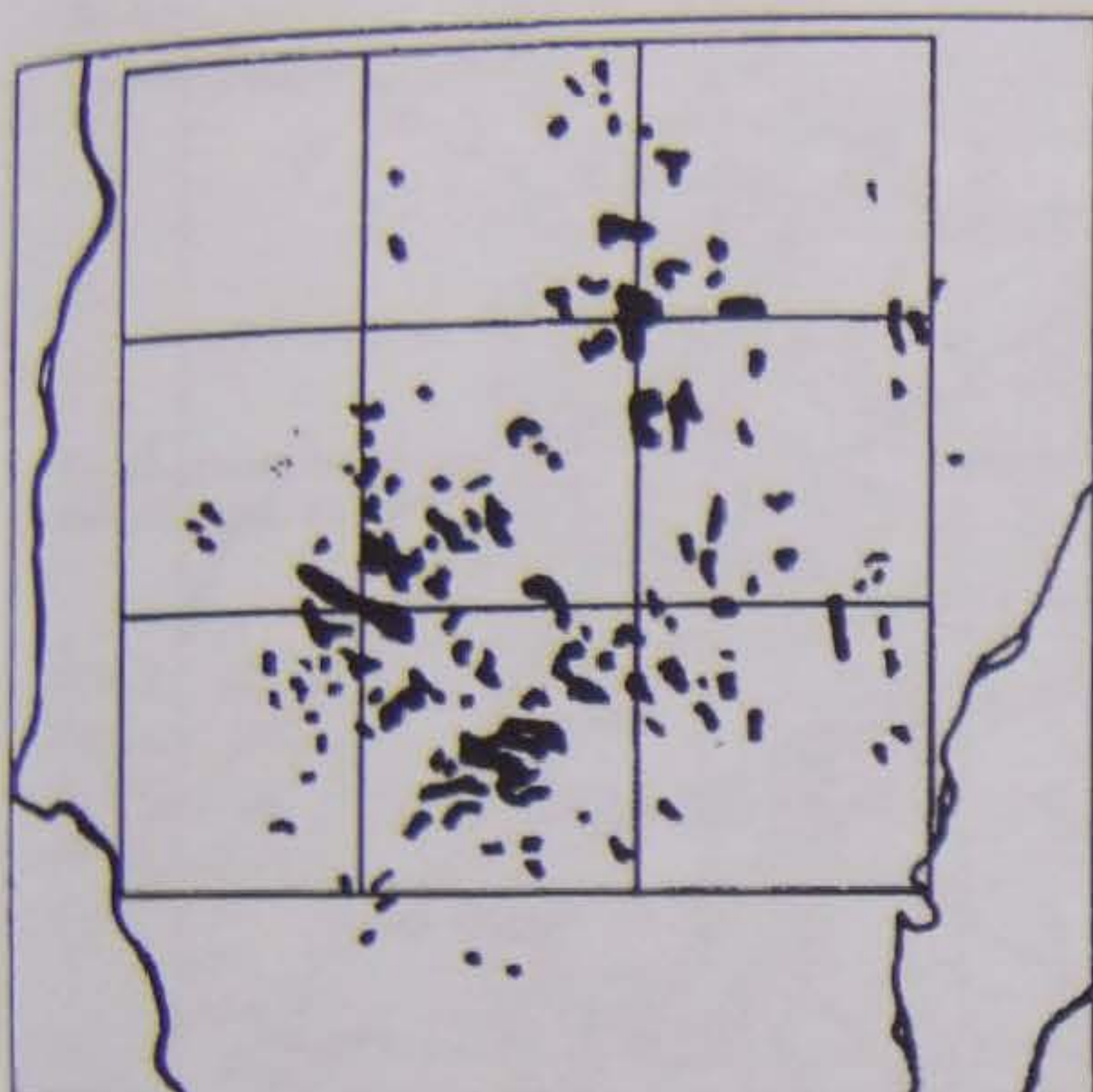
Institut Géographique National 1/50 000



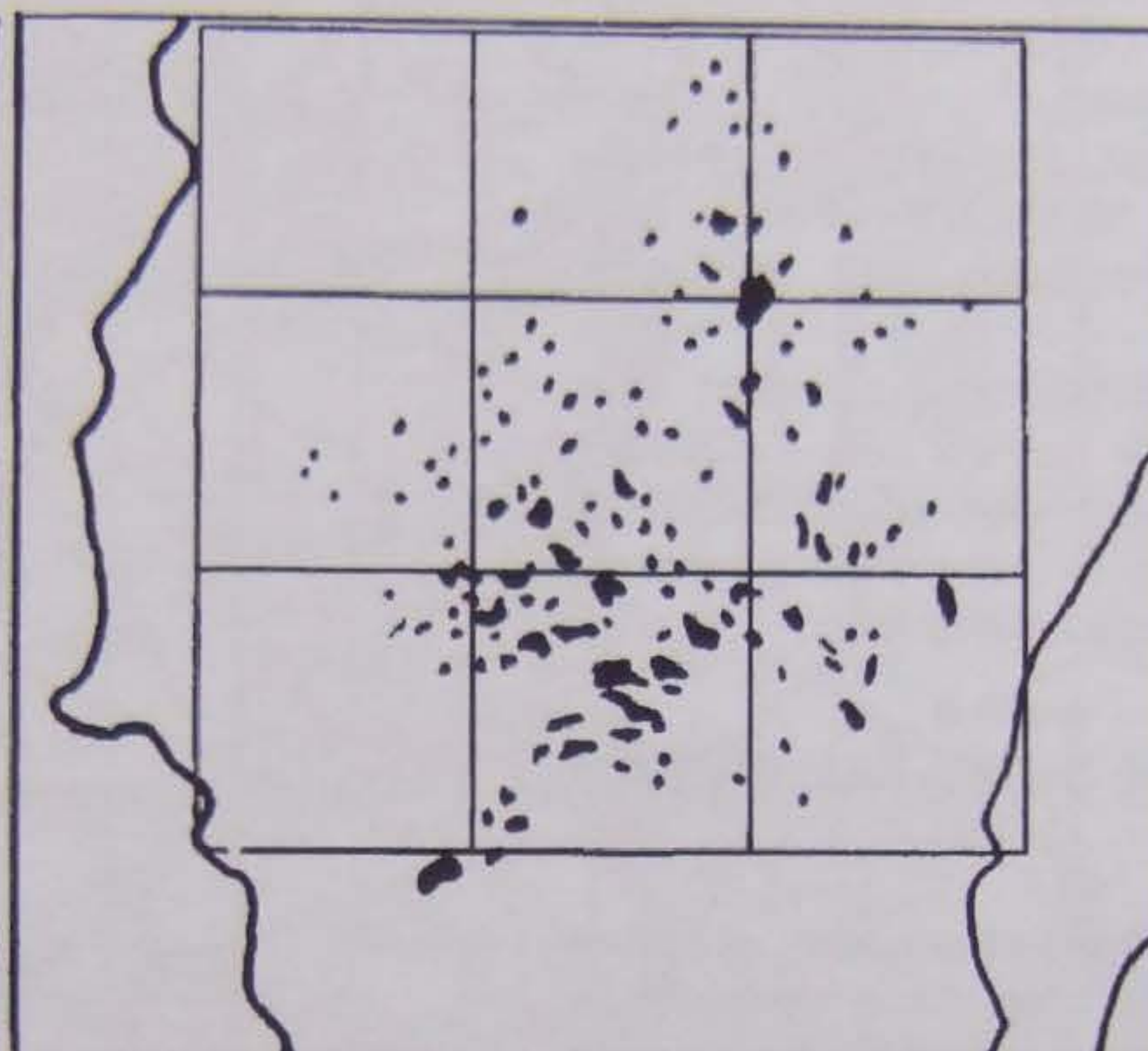
Institut Géographique National 1/500 000



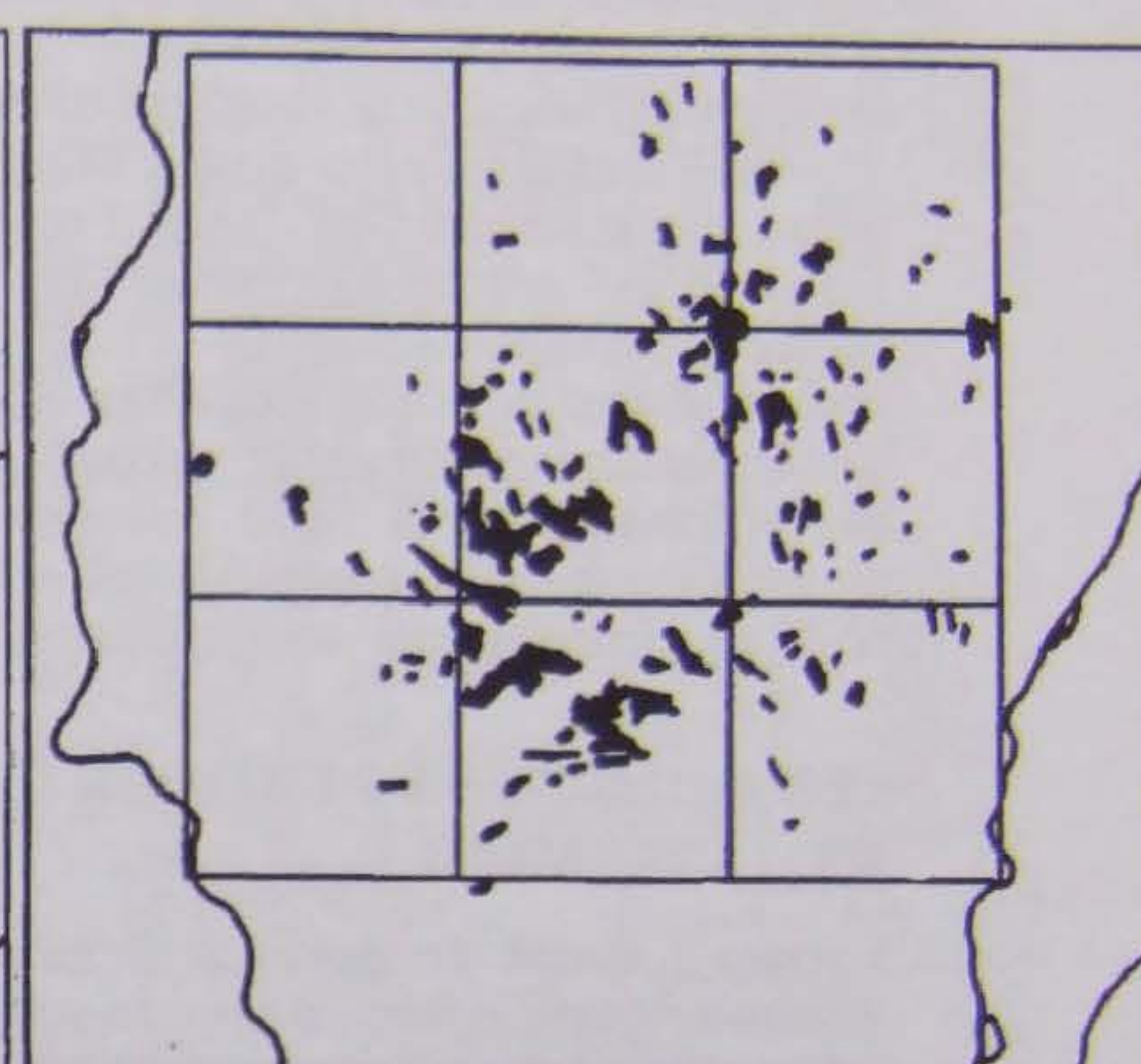
Atlas de France - relief 1/1 250 000



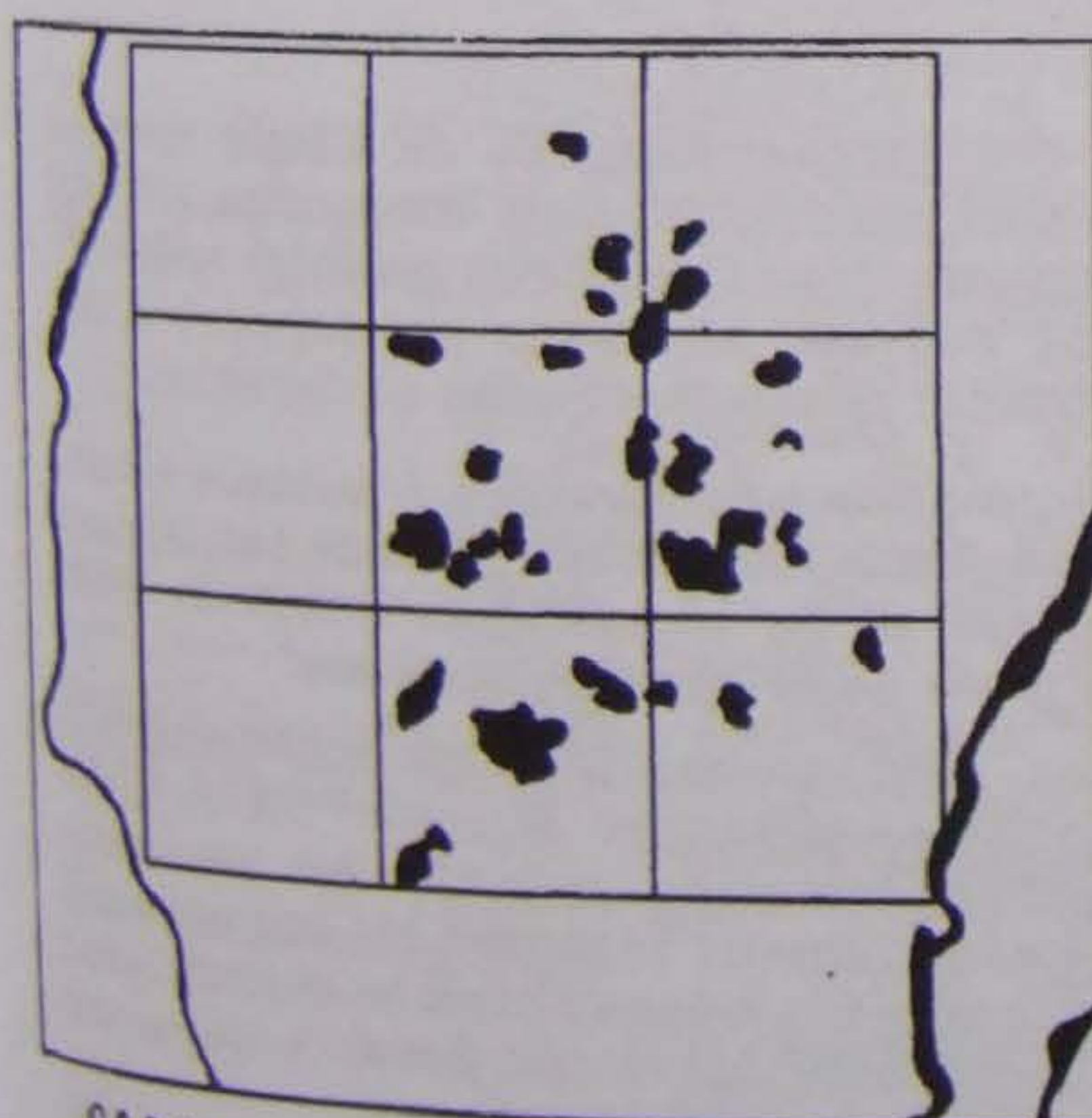
G.S.G.S. War Office 1/1 000 000



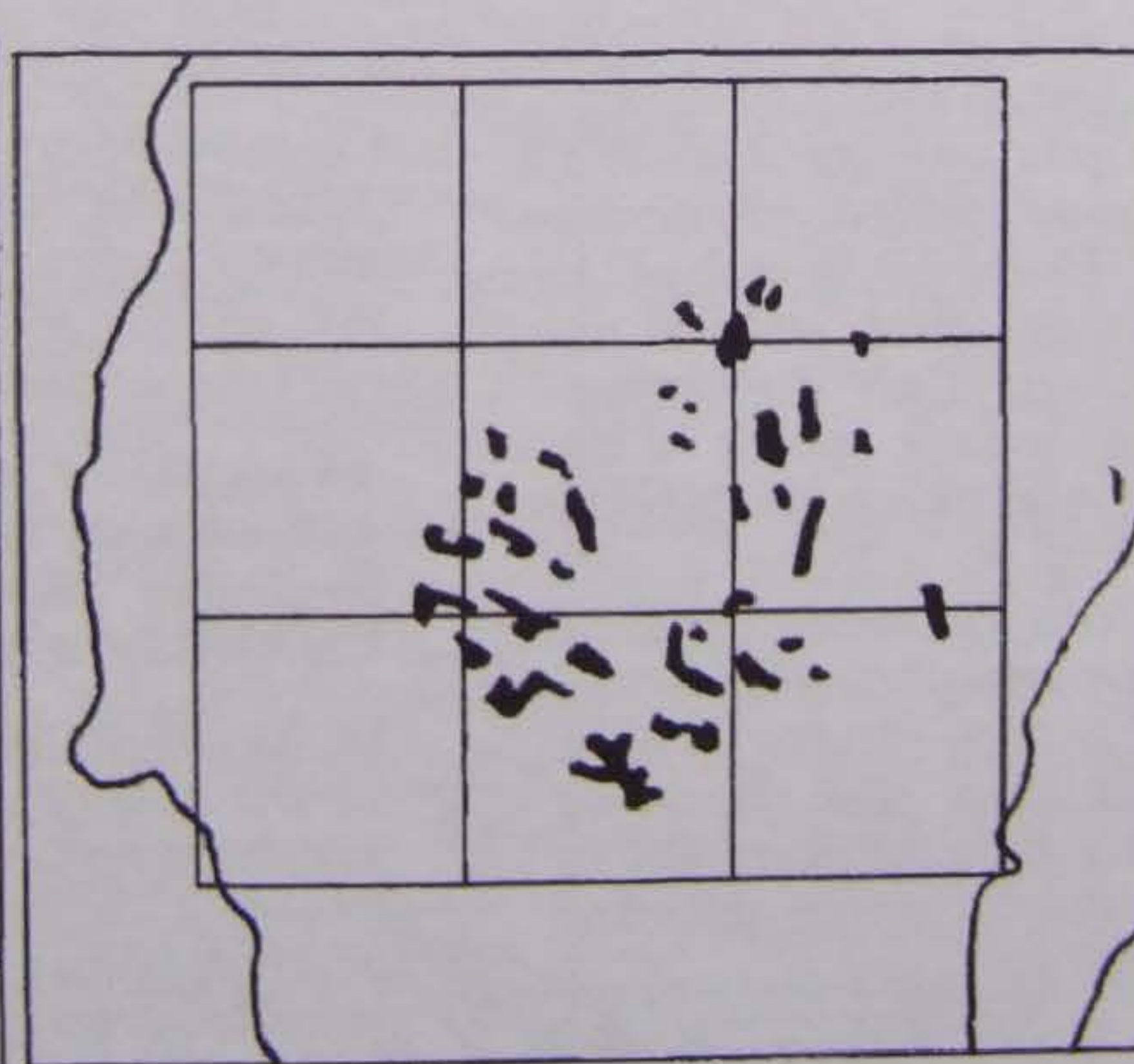
Atlas de France - géomorphologie 1/1 000 000



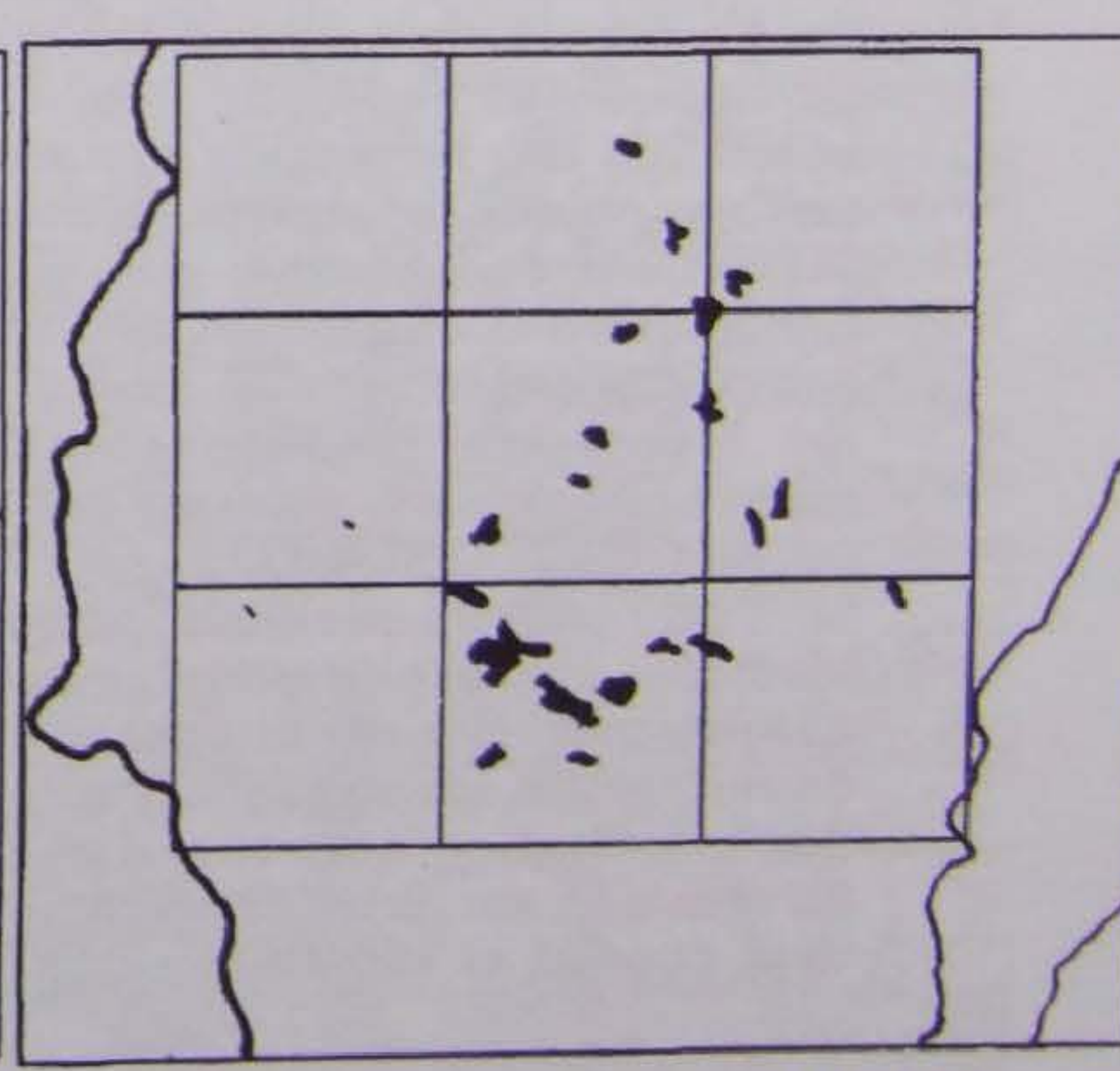
Atlas de France - chorographie 1/1 000 000



G.S.G.S. War Office - army air style 1/1 000 000



Institut Géographique National 1/1 000 000



Times Atlas of the world 1/1 000 000

Echelle ci-dessus : 1/750 000.

On notera que de nombreuses erreurs de généralisation semblent avoir leur origine dans la carte I.G.N. au 1/500 000. Cet ensemble de cartes met en évidence l'insuffisance de la méthode des généralisations successives sans retour à la source, aussi bien pour les lacs que pour le tracé des rivières. Toute généralisation correcte doit partir du document exhaustif original, qui doit rester sous les yeux du rédacteur graphique.



## LE FOND DE CARTE

C'est l'ensemble des repères connus, nécessaires et suffisants pour identifier les correspondances inconnues. Le dessin d'un fond de carte se heurte toujours à la contradiction suivante :

1°) Le fond de carte doit comporter tous les éléments d'identification nécessaires à la construction et à la lecture de la carte à tous les niveaux.

2°) Le fond de carte doit s'effacer devant les correspondances originales, que l'œil doit pouvoir sélectionner et regrouper pour la lecture aux niveaux moyens et supérieurs.

On est donc conduit à diviser le problème suivant que les questions pertinentes seront au niveau de l'élément et nécessiteront un fond permettant une identification de précision ou aux niveaux moyens et supérieur et pourront se contenter d'un repérage très simplifié.

## LES QUESTIONS PERTINENTES SONT AU NIVEAU DE L'ÉLÉMENT

Lorsqu'il s'agit de préciser la position d'un site archéologique, d'une usine, d'une route, d'une zone spécifique administrative, linguistique, économique... l'information est l'expression des rapports de disposition existant entre l'élément original et les éléments connus voisins.

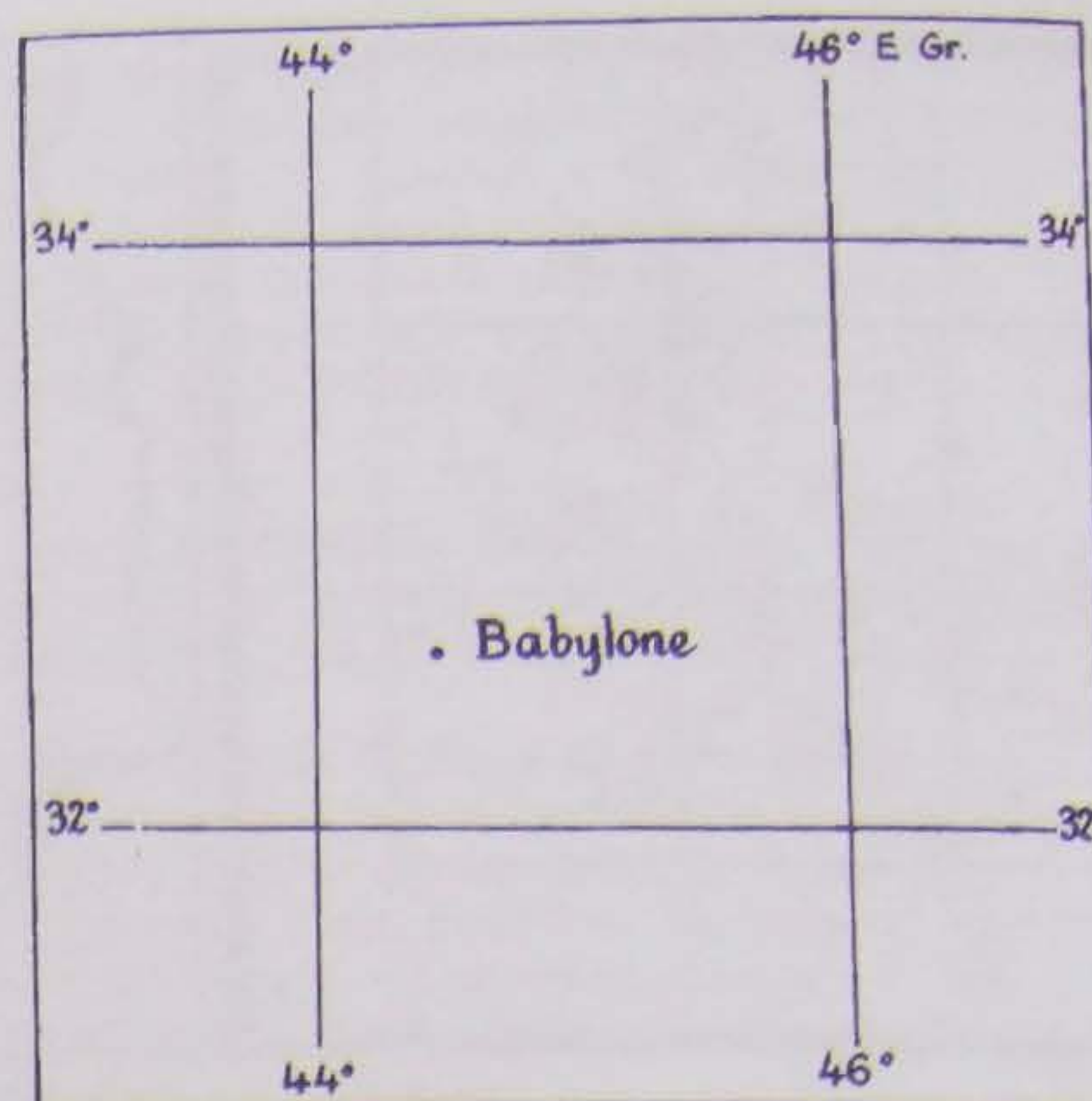
En d'autres termes, le fait de savoir que BABYLONE est situé à  $44^{\circ} 6' 48''$  de long E Greenwich, et à  $32^{\circ} 34' 36''$  de lat. Nord ne constitue pas une information cartographique complète, bien que ces coordonnées permettent de définir le site à quelque 50 m près (1). L'utilisation d'une telle information n'est en fin de compte possible que si l'on dispose d'un document sur lequel ces coordonnées deviennent point d'un espace imaginable, identifié par des repères CONNUS ou RECONNAISSABLES (2).

Si l'on exclut quelques situations exceptionnelles, réservées aux explorateurs, aux topographes et surtout aux marins, qui ne disposent d'aucun repère visible connu, toute identification de position, qui constitue une information nouvelle, doit être repérée, tant sur le terrain que sur la carte, d'après les éléments proches déjà connus et identifiés.

Pratiquement le repérage d'une position originale sera reporté sur la carte la plus complète et précise possible, eu égard à l'état d'avancement de la topographie, et à l'échelle de l'information.

Tout report sur un fond mal ou non identifié, sur un calque posé sur la carte topographique aboutit, dans tous les cas, même dans des bureaux bien équipés, à une perte d'information.

Le site est-il à droite ou à gauche de la route ? La limite passe-t-elle sur la falaise ou au pied ? La zone englobe-t-elle cette petite plaine ou non ? etc...



1



2

De nombreux sites archéologiques de l'Inde ont été découverts, étudiés, décrits depuis longtemps. Il faut maintenant organiser des expéditions pour les redécouvrir car ils n'ont pas été identifiés par rapport à des repères suffisamment proches, connus et durables.

En matière d'information positionnelle, à quelque échelle que ce soit, le véritable document original est la carte imprimée complète et la plus exacte possible, SURCHARGÉE à la main de la position originale.

Deux objections sont toujours avancées, qu'il faut savoir surmonter : "on détériore la carte" ! Une carte surchargée d'une information nouvelle est une carte VALORISÉE. Le document imprimé est toujours disponible, pour une somme sans commune mesure avec la valeur que représente le temps passé à découvrir et à préciser l'information nouvelle.

- "La carte est trop chargée, et il n'est pas possible d'en ajouter encore" ! Cette objection est malheureusement souvent vraie. Le temps n'est pas encore venu où ce rôle des documents topographiques sera bien perçu. On pallie cette difficulté par l'emploi des flèches et des notations marginales, le point ou la zone étant surchargé avec précision (3).

Rappelons qu'il est obligatoire d'écrire tout nom propre, toute identification particulière EN CAPITALES ou à la machine.



Il est impossible, pour le moment, de préciser le tracé de la V.R. AUGUSTVM - GENAPVM entre AUGUSTVM et ETANA (Yenne). Les dénivelés locaux ne permettent pas de tracer la ligne d'actuel exposé aux chutes de pierre et aux débordements du Rhin au moment de Champagne. Le tracé pour la montagne a l'incouragement de montées à 750 m. pour redescendre au niveau du Rhin (250 m.) - de

Type 1889

1. 2. 3. Trois itinéraires possibles de la V.R. d'AUGUSTVM à GENAPVM. Le 1<sup>er</sup> correspond à celui de Peutinger.

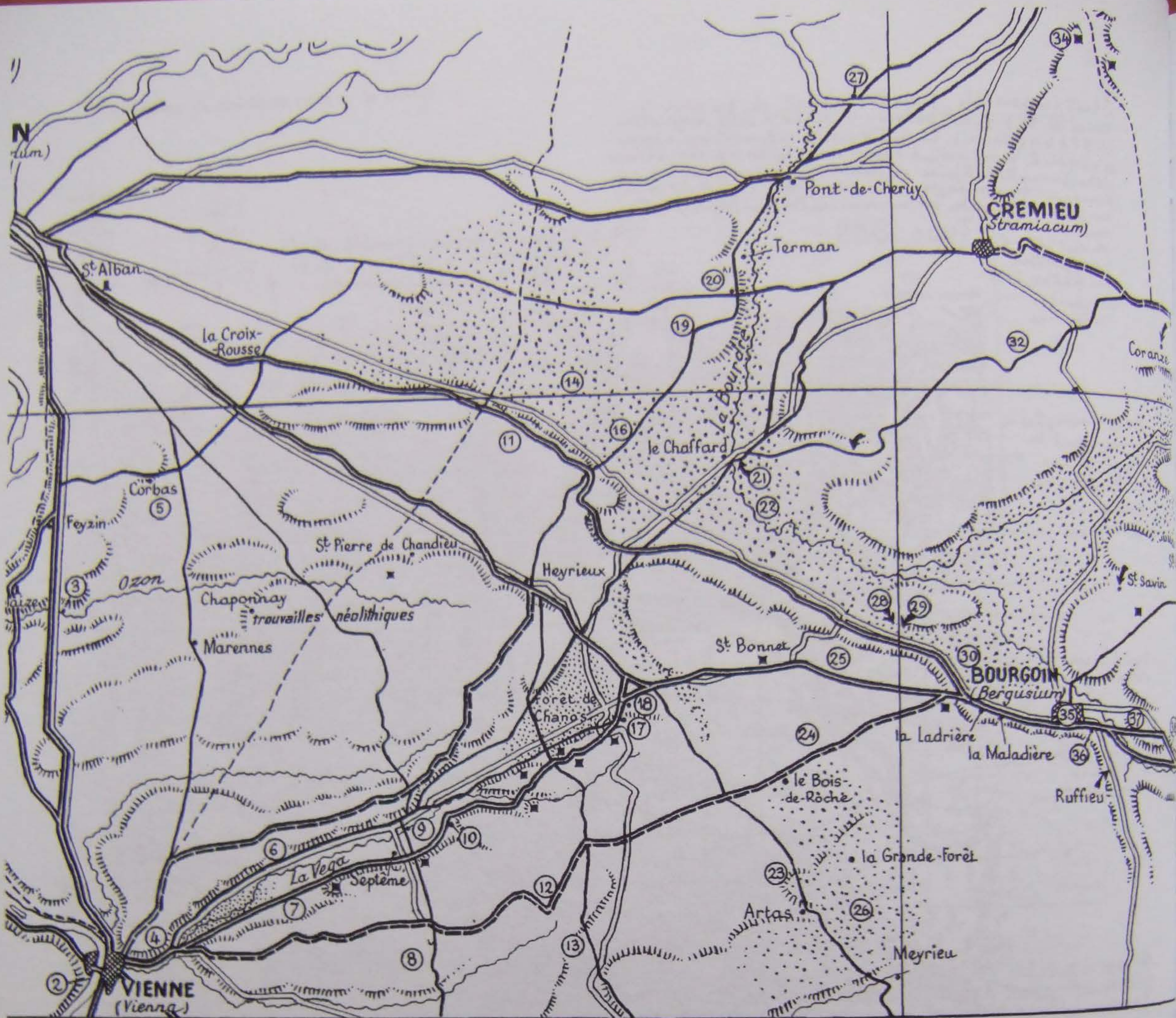
itin  
hier  
route

de  
de  
noter  
numéro

1000 500







Route actuelle

Route ancienne

présumée romaine

↓ ↓ ↓ Trouvaille , préhistorique, romaine, post-romaine    ↓ ↑ Milliaire déplacée, en place

#### Le document destiné à la publication.

Le premier pointage effectué, comment procéder en cas de publication? La solution la meilleure est de publier la carte ayant servi à l'identification, en l'imprimant dans des valeurs suffisamment claires, telles que les surcharges originales puissent se détacher dans des signaux forcés et visibles.

Mais, pour des raisons diverses, ce n'est pas toujours possible.

Il faut établir une CARTE D'INFORMATION POSITIONNELLE contenant l'information originale reportée sur un fond simplifié mais cependant tel que la perte d'information que cette simplification impose soit minimum.

On choisira les repères suivant les critères:

- 1°) de proximité. Éléments rapprochés de toute nature.
- 2°) de stabilité. Dans certaines régions, les fleuves, les

routes sont des éléments changeants. Les sommets, les constructions, les lignes de rupture de pente (falaises, pied de montagne) sont toujours plus stables.

3°) d'ordre de connaissance en fonction du lecteur moyen. Une information de position n'est appréhendée que par rapport aux connaissances acquises du lecteur. Aussi faut-il moins craindre un anachronisme qui fera porter sur une même carte la voie antique et la route moderne, et qui se corrige aisément dans l'esprit du lecteur, que l'ignorance du fait que les deux voies ne sont pas exactement parallèles et que la voie antique correspond dans certains endroits à tel ou tel petit chemin actuel, ignorance qui ne peut être corrigée par la réflexion.

Il en est de même pour un site, comme Ragae, en réalité faubourg actuel de Téhéran...





Voie romaine certaine, probable, hypothétique

Point fortifié

\* Ruines

••••• Ancienne forêt ou marécage

----- Chemin proto-historique

Le choix opéré, il sera possible d'en représenter les éléments par des signes très simples, très clairs, et de ne jamais créer des éléments de repérage dont la visibilité s'égale avec l'information originale, et à plus forte raison, lui soit supérieure.

Ci-dessus Atlas des Routes Protohistoriques et Historiques, Croquis n° 6: de Lyon à Chambéry, relevé de P. Saint Olive (Bulletin des Historiens Locaux, Paris, E.P.H.E.).

Ce croquis cartographique au 1 : 200 000 est tiré des informations contenues dans une série de cartes au 1 : 50 000 (dont celle de la page précédente). Les éléments de repérage y sont essentiellement choisis en fonction de la proximité des informations originales. Le travail de dessin, ainsi considérablement réduit en

quantité, permet de consacrer tout le temps nécessaire à l'exactitude relationnelle de détail. Néanmoins, eu égard à l'échelle, il est possible de se reporter à une carte topographique et de situer avec exactitude tous les éléments originaux.

On remarquera :

1°) qu'il a été possible de situer les nombreuses observations de détail grâce aux chiffres qui reportent à un index;

2°) Que tout est traité en croquis rapide, y compris la lettre, sans pour cela perdre une parcelle d'exactitude. Ce dessin est à la portée de toute personne soigneuse et réfléchie. Sa rédaction nécessite seulement une sûreté de vision et d'appréciation. La sûreté de main que seuls les dessinateurs professionnels peuvent acquérir, n'eut pas apporté ici un élément supplémentaire d'information ou de lisibilité.





1

## LES QUESTIONS PERTINENTES SONT AUX NIVEAUX MOYENS ET SUPÉRIEUR.

(Régionalisation, comparaisons externes).

Il n'est pas nécessaire de retenir les circonvolutions de la côte ou des départements pour percevoir une *densité départementale*, ou des régions climatiques. Pour de telles informations le niveau élémentaire de lecture n'a pas lieu d'être utilisé et cette circonstance permet d'alléger le système des repères (1) et d'assurer une meilleure lisibilité aux niveaux moyens et supérieur. Mais le lecteur qui interroge de telles cartes sur la nature des côtes, sur la forme des frontières, sur la position précise d'un site commet une erreur de lecture. Ces cartes ne sont pas faites pour répondre à ces questions. Et ce serait une erreur qu'elles le soient, car la lisibilité de l'information originale diminuerait considérablement et les comparaisons externes, objet de telles cartes, seraient défavorisées.

Entre la notation géographique précise d'un site, et la carte d'une statistique zonale, il existe toute la gamme des nécessités cartographiques. Le pointage de nombreux phénomènes susceptibles d'approcher une meilleure *connaissance de la Région Parisienne* par exemple, conduit à établir des fonds de cartes d'une précision suffisante pour que la transcription de l'information n'entraîne pas une perte de celle-ci. Les zones habitées par exemple, les axes de transport, les gares sont des repères, qui serviront dans de nombreux pointages.

Dans ces situations intermédiaires :

**Une élaboration en deux étapes facilite le plus souvent le travail de rédaction.**

### 1. Dessin d'étude sur un fond de travail.

Ce fond comporte tous les repères nécessaires à une identification rapide et précise. Il comporte par exemple les noms des départements, des communes, les limites des zones urbaines, les voies de communication (2).

On s'efforcera d'alléger les limites les plus complexes, de remplacer la perception linéaire par la perception zonale en utilisant le pointillé très fin et le dégradé de

zone (2), en se contentant d'une différenciation au niveau élémentaire entre routes (trait fin) et chemin de fer (tireté) ce qui rappelle en même temps l'influence continue des routes dans l'économie, en face de l'influence discontinue des voies ferrées.

L'information originale : quantités ou qualités par zone est notée à sa place sans qu'il soit besoin de chercher cette place dans des documents annexes. Le fond comporte tout ce qu'il faut.

Cette notation préliminaire doit être claire, complète et non ambiguë. Le rédacteur dispose à cette étape de tous les moyens visuels, et particulièrement de la couleur (crayons, encre). Il reportera le plus souvent les chiffres eux-mêmes (à l'encre) et les visualisera par tout moyen conforme aux lois de l'image.

Ainsi la rédaction définitive :

1°) peut s'inspirer, en plus des éléments d'analyse logique du problème, des éléments relatifs à la nature de la répartition géographique, c'est-à-dire la complexité de l'image à construire;

2°) est dégagée de la suggestion de la recherche de position;

3°) peut être confiée à un exécutant, une fois déterminés les éléments de la légende.

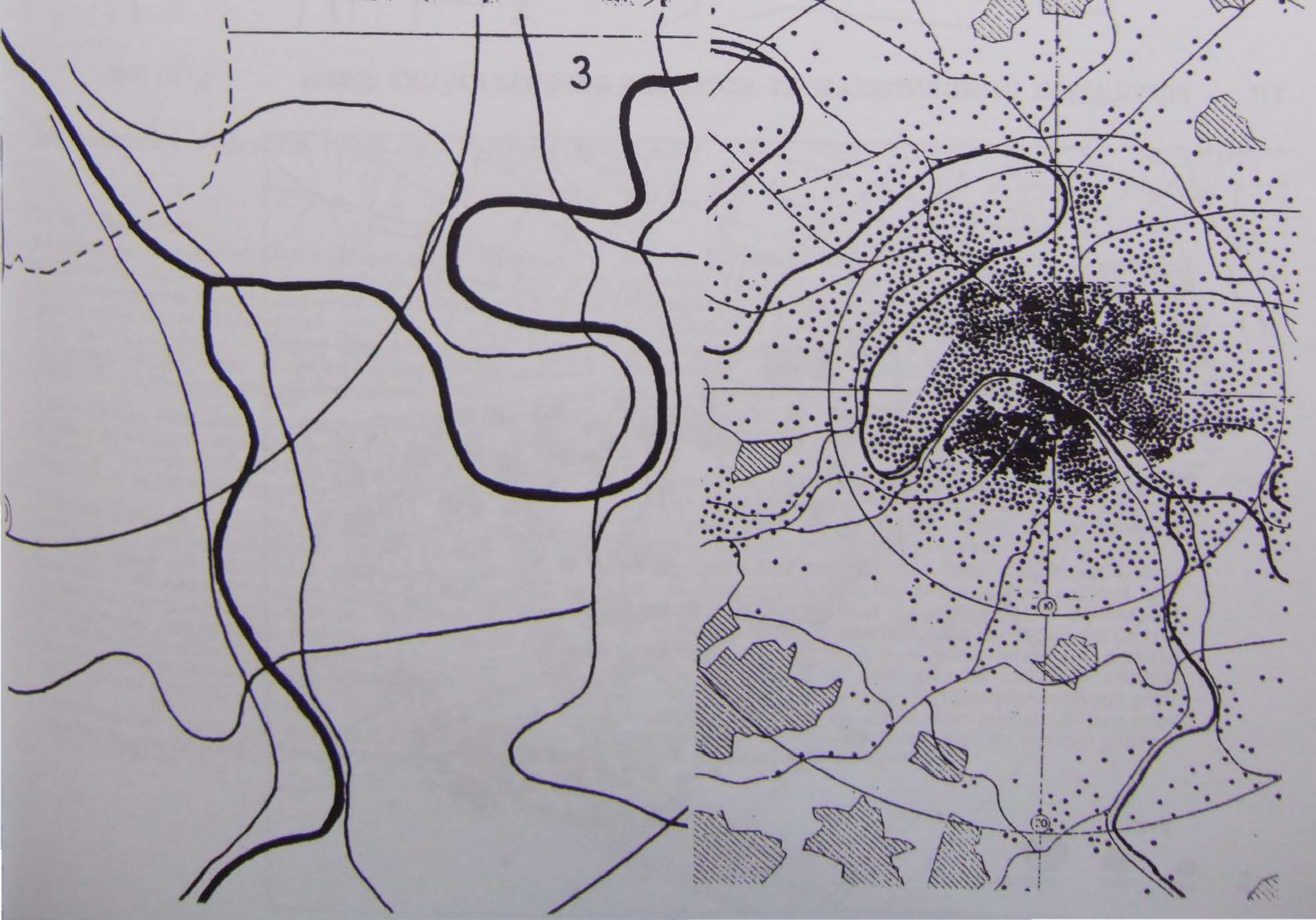
### 2. Dessin définitif sur fond simplifié.

Le fond n'a plus besoin de comporter les multiples indications qui facilitaient la rapidité du dessin d'étude : noms des cantons, limites des communes, réseau hydrographique. Il comporte seulement ce qui est juste nécessaire pour restituer s'il y a lieu les identifications élémentaires souhaitables (3).

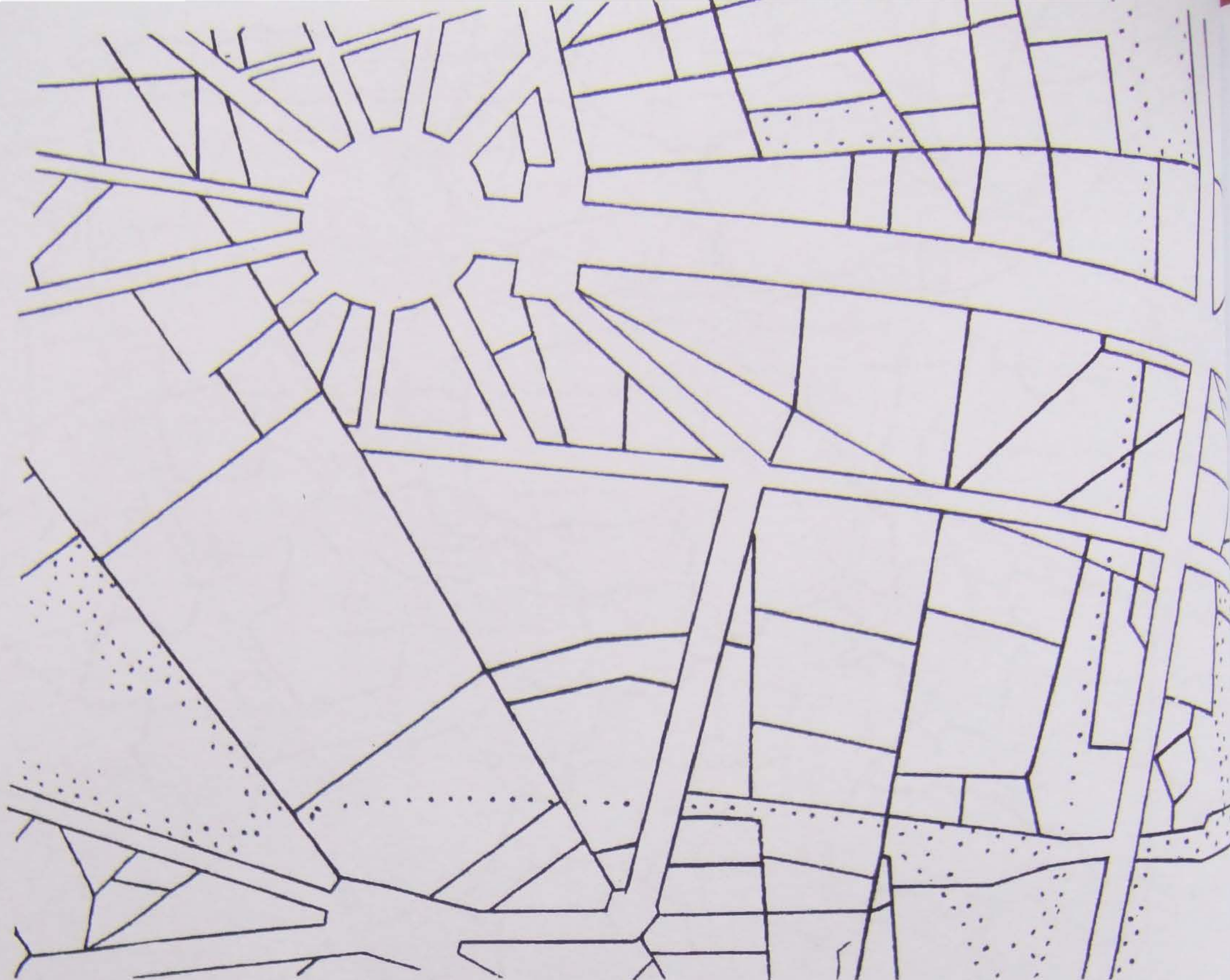
Il est libre de supporter une variable spectaculaire de 3<sup>e</sup> dimension sur laquelle le dessinateur peut concentrer toute sa maîtrise.

Ce dessin pourra être réduit d'échelle par l'imprimeur à condition de le prévoir et de dessiner des éléments suffisamment gros pour qu'ils ne disparaissent pas et que subsistent tous leurs caractères différentiels (4).









III. — POPULATION RÉSIDENTIELLE ET SECTEURS GÉOGRAPHIQUES (1946)

1/10 000

1



2

1/25 000



## Fond de carte pour l'étude d'une ville.

Dans l'étude d'une ville, le repère fondamental est la rue. Un fond qui les comporte toutes permet un repérage de grande précision.

Le trait simple remplace alors très avantageusement le classique trait double. Il allège l'image et simplifie le travail de dessin. Il permet de tracer un trait un peu plus épais, susceptible de soutenir une importante réduction, ce qui évite les deux étapes précédentes. On conservera néanmoins le trait double pour les larges artères, ce qui met en relief un trait fondamental de la structure urbaine. L'exemple (1) est un extrait du fond de carte du 12<sup>e</sup> arrondissement de Paris (on identifie

aisément l'étoile formée par la place de la Nation). Le document de travail est au 1/10 000<sup>e</sup>, et il supporte aisément (2) la réduction au 1/25 000<sup>e</sup> qui permet de multiplier les comparaisons et d'éditer l'étude, (P. Chombart de Lauwe, Paris et l'Agglomération Parisienne, déjà cité).

(On remarquera au passage l'éclatement des cercles qui permet de distribuer une population, connue par "îlot de rue" dans une répartition qui, bien qu'approximative est cependant beaucoup plus proche de la vérité que celle qui résulterait d'un seul cercle par îlot).

## LES POSITIONS PRÉCISES DANS LES PETITES ÉCHELLES.

### Ce qu'il faut éviter.

La recherche moderne conduit à cartographier des phénomènes originaux répartis sur de vastes régions. Tels sont les inventaires historiques, démographiques, ethniques, sociologiques, pédologiques, végétaux... qui donnent une vision de la variation d'un phénomène sur l'ensemble d'une vaste contrée comme l'Europe, l'U.R.S.S., l'Afrique, l'ancien, le nouveau monde...

Quels doivent être, dans ce cas, les repères topographiques nécessaires aux comparaisons internes, à la lecture efficace de l'information cartographiée, lorsque l'échelle de la carte oscille entre 1/1 M et 1/40 M?

En règle générale, le cartographe ne retient que les cours d'eau. C'est une solution de facilité car bien souvent les lignes qui ont la plus grande probabilité de déterminer un changement dans le phénomène original ne sont pas les cours d'eau mais les limites de régions montagneuses, les grands accidents monoclinaux, les limites de zones alluviales ou marécageuses, les zones forestières (elles-mêmes témoin d'une situation écologique caractéristique)...

Après les cours d'eau, il est de règle d'ajouter quelques courbes de niveau, généralement les courbes "maîtres-

ses" de 200, 500, 1 000, 2 000... C'est une très mauvaise solution. En effet, à ces échelles, la ligne définie par une altitude donnée ne signifie généralement plus rien. Sa forme grossière englobe dans une unité factice des collines, des montagnes, des plaines.

De plus, ce système d'expression exige des teintes d'altitude. Il recouvre ainsi toute la carte de colorations qui interdisent l'emploi de celles-ci pour représenter l'information originale.

De nombreux auteurs d'atlas modernes semblent ignorer que le véritable but de leur effort est de montrer, point par point, les relations entre un phénomène donné et tous les autres phénomènes.

Ils ignorent aussi que dans bien des régions du monde les "montagnes" sont en bas et les plaines en haut, que de nombreuses côtes sont montagneuses et constituent de véritables déserts humains, que les lignes qu'ils tracent sur leurs cartes ne doivent pas évoquer une assiette de spaghettis, mais au contraire les ciselures admirablement structurées que tout dessinateur confirmé peut maintenant admirer au cours d'un voyage aérien propice. Aucune de ces ciselures ne correspond généralement à une courbe de niveau!



### Le fond de carte efficace.

Inspirons-nous donc de la vision aérienne pour identifier les caractères essentiels de la géographie et tracer le fond de carte. On notera suivant les circonstances et les échelles :

- Les grandes ruptures de pente caractéristiques, limites de plaines alluviales et de collines, pied de montagne, grandes lignes de cuestas, grands rebords de plateaux, bassins dans la montagne, grands cols...
- Les grandes zones naturelles, zones deltaïques internes ou bordières, zones marécageuses souvent très vastes, telle la Sibérie occidentale, zones forestières, limite de la toundra, du permafrost, déserts de sable, déserts rocheux ou volcaniques.
- La structure des fleuves, des barres rocheuses, les gorges. Lorsqu'un fleuve traverse une montagne (c'est courant) des atlas présentent la scène d'une vallée large et accueillante. Or, il n'y a rien de plus inhumain qu'une gorge et dans ce cas, les hommes passent par la montagne!

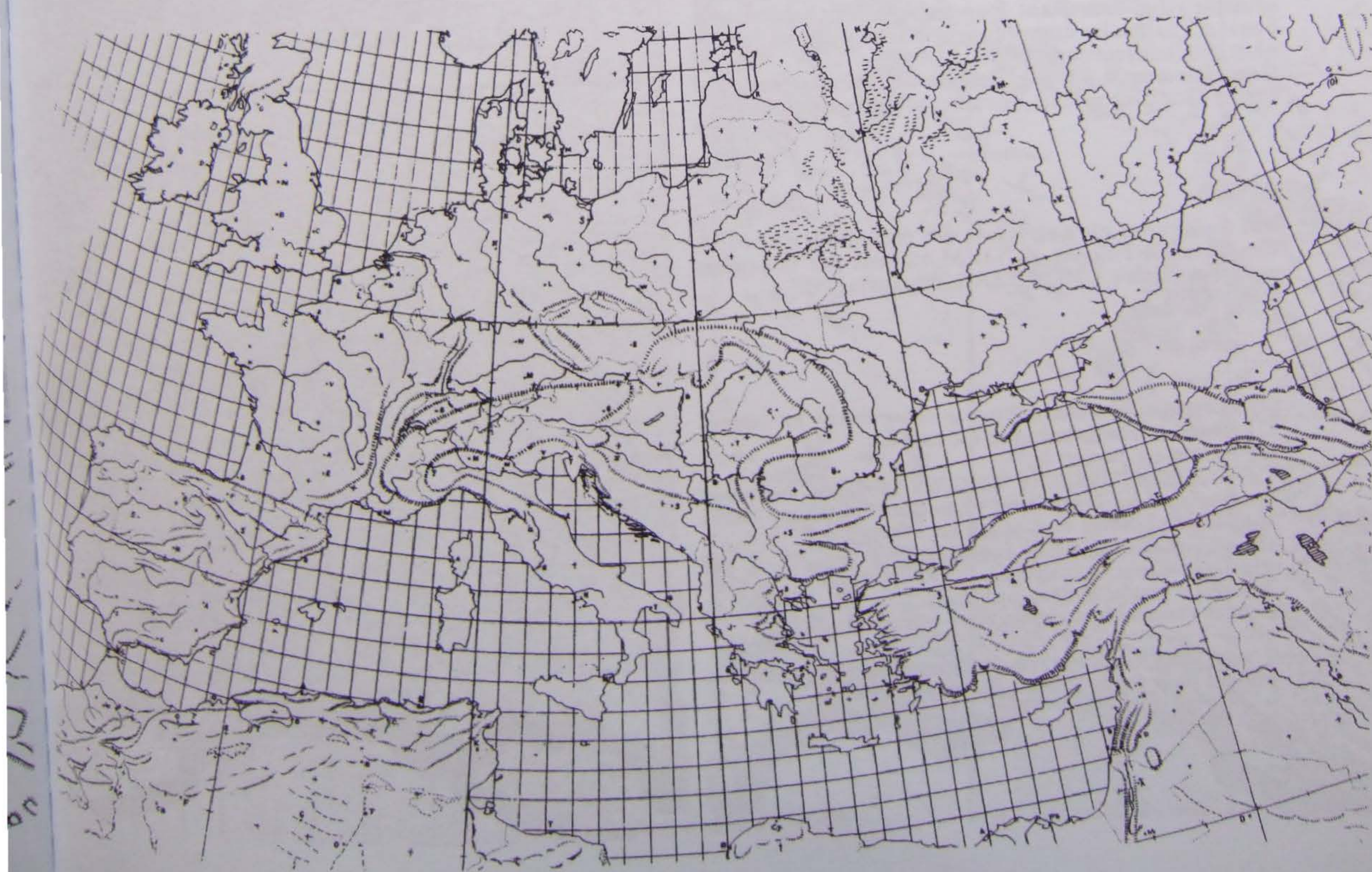
Mais il faut reconnaître que l'inventaire de ces caractères géographiques fondamentaux, leur notation cartographique précise et la discussion de leur simplification aux différentes échelles n'a pas constitué une des préoccupations récentes des géographes.

Ce n'est donc pas la faute des historiens, des ethnographes, des démographes, etc... et des cartographes si, ne disposant pas de l'information nécessaire, ils commettent encore quelques erreurs à ce sujet.

- (1) Fond au 1/1 M Algérie (Région Frenda, Géryville).  
En gris : régions montagneuses,  
bandes grises horizontales : régions "moins accidentées".  
On distingue aussi chotts (et sebkhas), reliefs monoclinaux.  
On remarquera que les hauts-plateaux dominent les djebels, au Nord (carte E.P.H.E.).
- (2) Fond de travail au 1/7,5 M (Région du Pamir).  
Extrait d'une série Eurasie. E.P.H.E.
- (3) Fond de travail au 1/25 M. Extrait d'une carte Eurasie-Afrique. E.P.H.E.









## C. Cartes à une composante

(LA COMPOSANTE GÉOGRAPHIQUE).

### GEO (ponctuel, linéaire ou zonal)

Ce sont des répartitions géographiques de points, ou de lignes ou de zones, homogènes dans leur signification, celle-ci constituant l'invariant.

On veillera à cette homogénéité et à la précision de la définition de l'invariant.

Ainsi "habitations" ne veut pas dire surfaces bâties, "Cours d'eau" ne veut pas dire canaux divers, "forêt" veut-il dire aussi maquis arborescent, zones de reboisement ?

Ces cartes acceptent une grande complexité apparente, une grande finesse de distribution et pourtant ne présentent jamais de difficultés de lecture. En effet elles se lisent en une seule image, quel que soit le niveau auquel se place le lecteur (p. 176). Et l'on constate que de tels documents peuvent être montrés à de jeunes enfants. Dans tous les cas ils y trouvent un intérêt, souvent vif si l'invariant leur est familier (habitations, cours d'eau), ils les comprennent aisément et en retiennent une information utile.

Contrairement à ce que l'on croit généralement, ces cartes sont d'excellents documents pédagogiques.

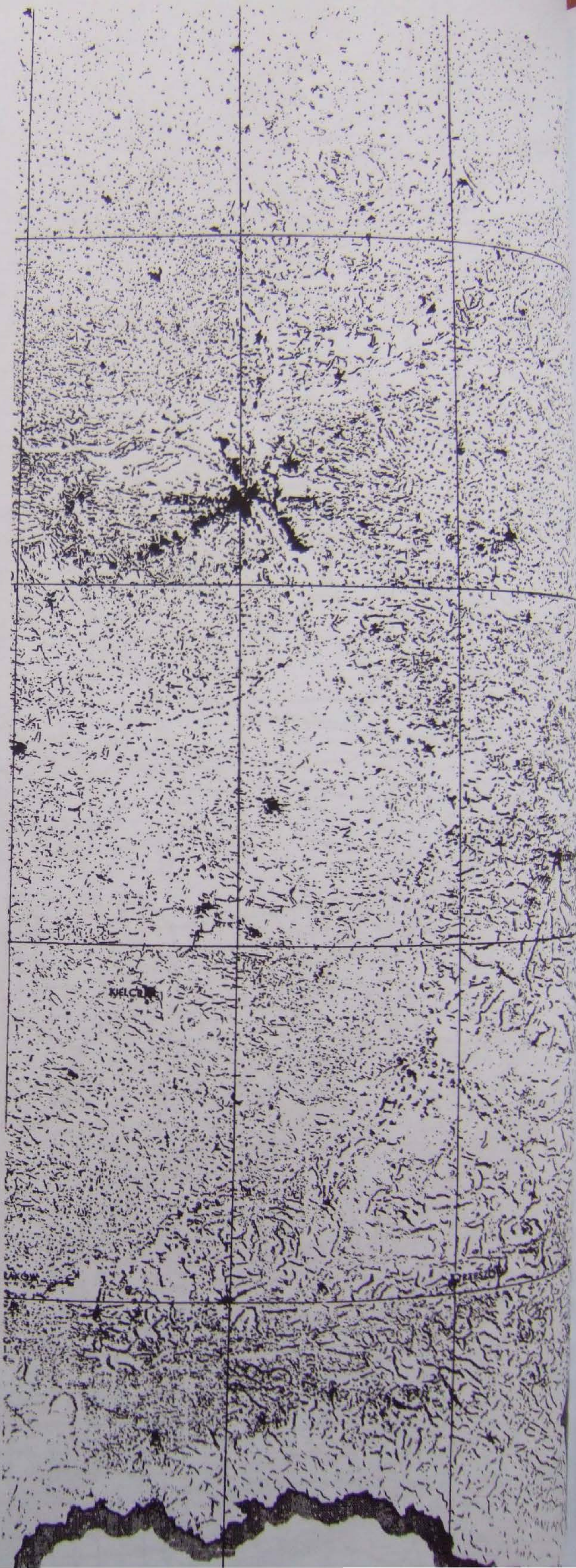
Les trois cartes ci-contre sont des réductions au 1/2 M des cartes de Pologne au 1/1 M établies par le professeur Franciszek UHORCZAK, Varsovie 1957.

- (1) **Constructions** (Settlements) est publiée en rouge.
- (2) **Réseau hydrographique** est en bleu
- (3) **Forêts** est en vert

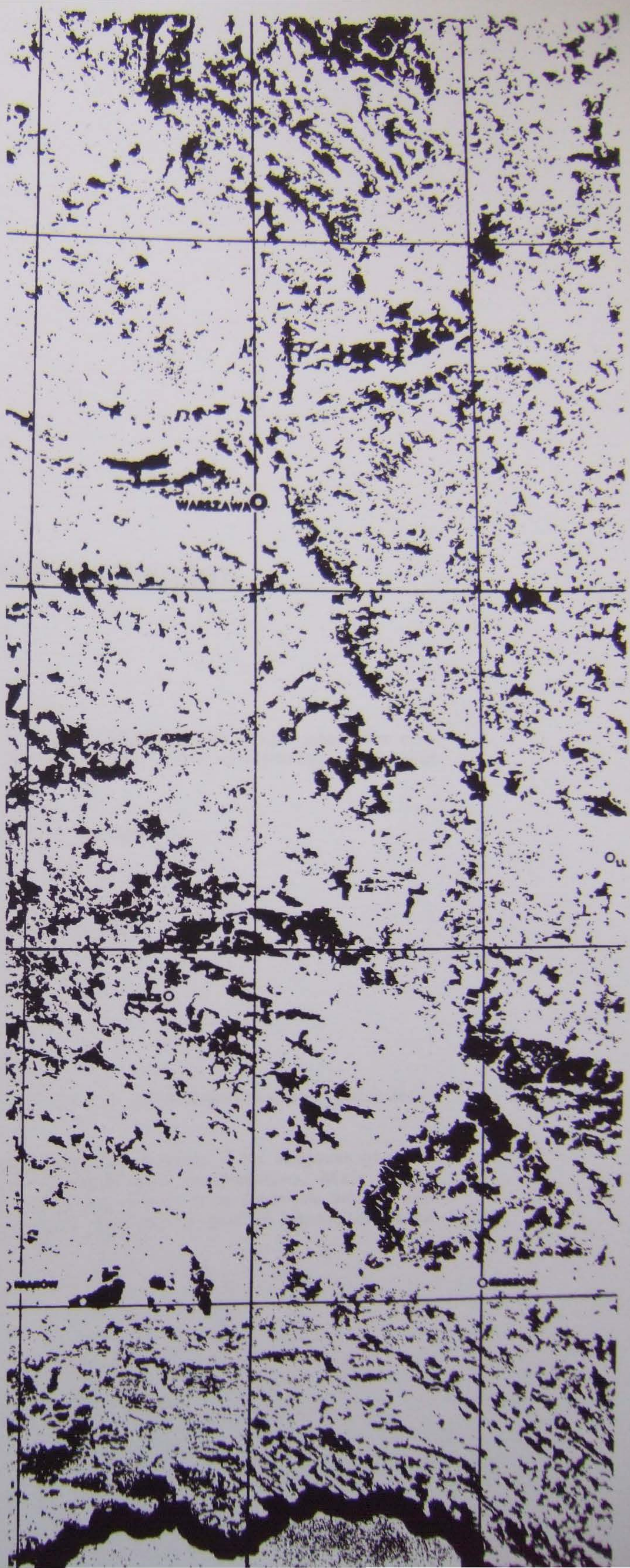
La collection comporte aussi les **surfaces cultivées** (en jaune) et les **prairies** en vert clair. Toutes les cartes sont superposables et il existe les cartes :

Constructions + surfaces cultivées.  
Prairies + surfaces cultivées.  
Prairies + réseau hydrographique.  
Forêts + réseau hydrographique + prairies  
etc...

L'ensemble constitue un remarquable instrument de travail pour les problèmes de régionalisation.









## **D. Cartes à deux composantes**

Un problème cartographique est à deux composantes lorsque l'information est l'expression des correspondances entre une composante géographique et seulement une autre composante, qui peut être :

### **QUALITATIVE (≠).**

Distribution de groupes de 200 habitants (invariant), suivant

GEO - l'espace géographique

≠ - 11 ethnies différentes

### **ORDONNÉE (O).**

Distribution des itinéraires de voyageurs (invariant), suivant

GEO - l'espace géographique

O - la date du voyage

### **QUANTITATIVE (Q).**

Distribution des naissances (invariant), suivant

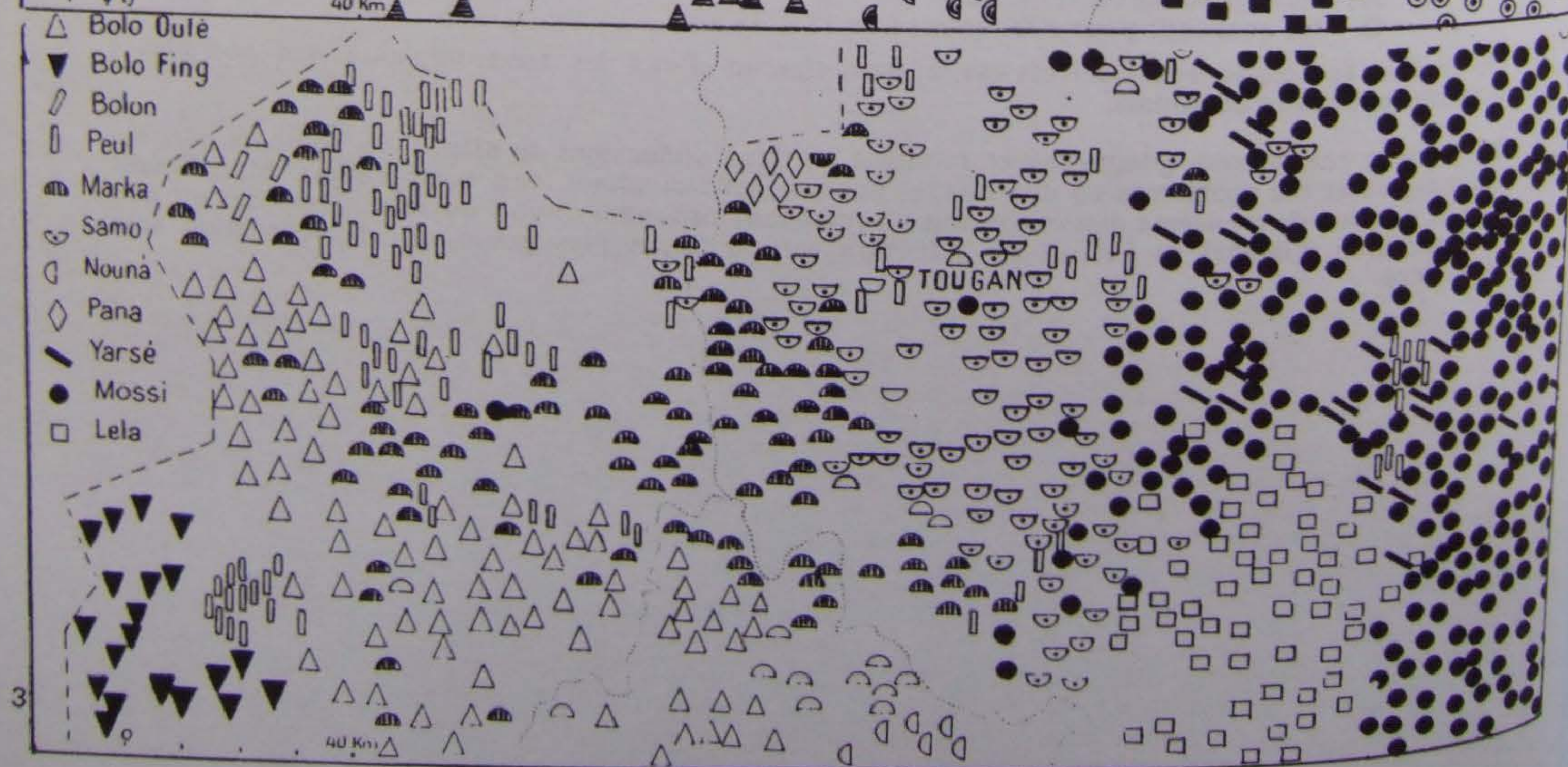
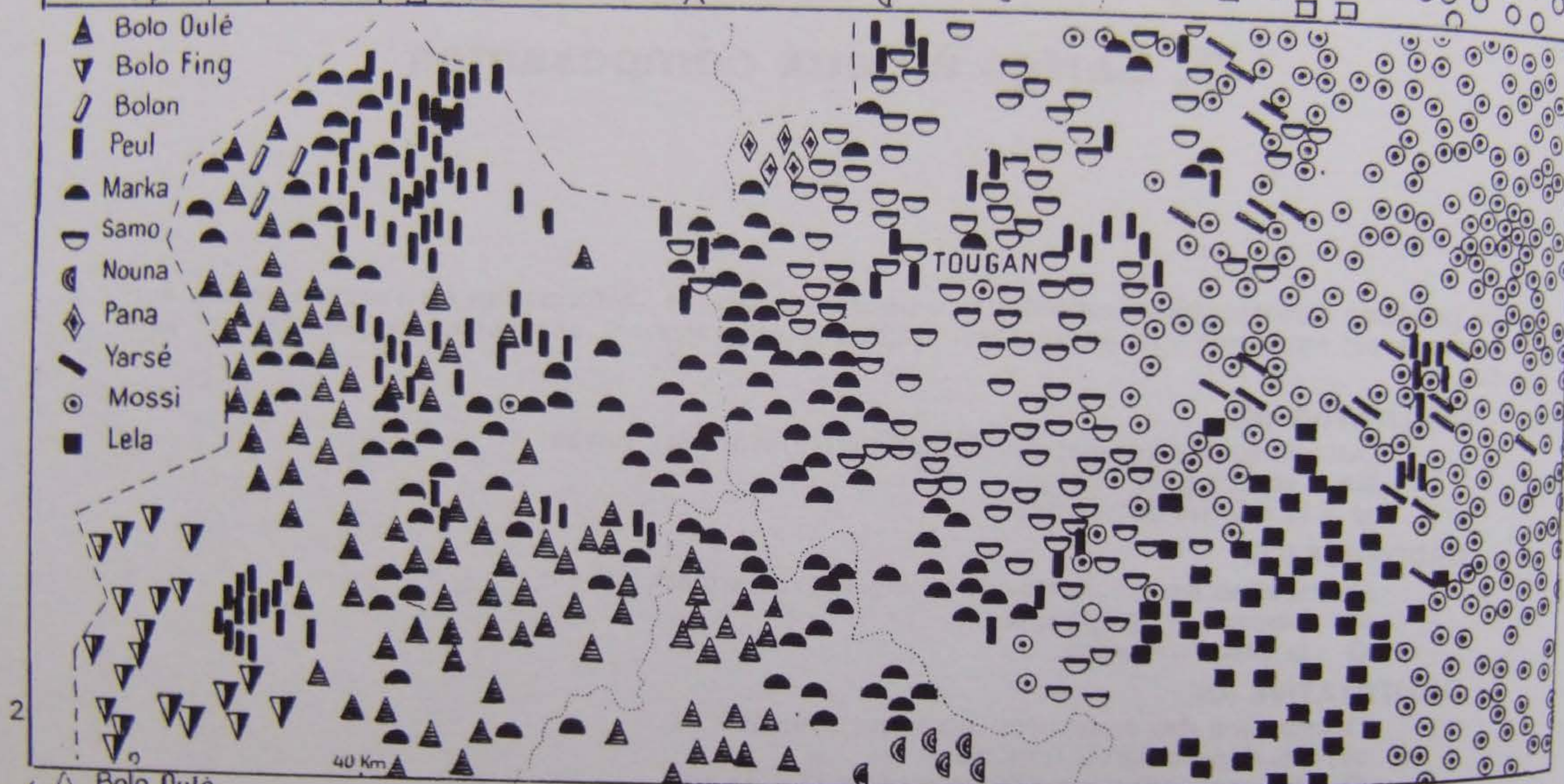
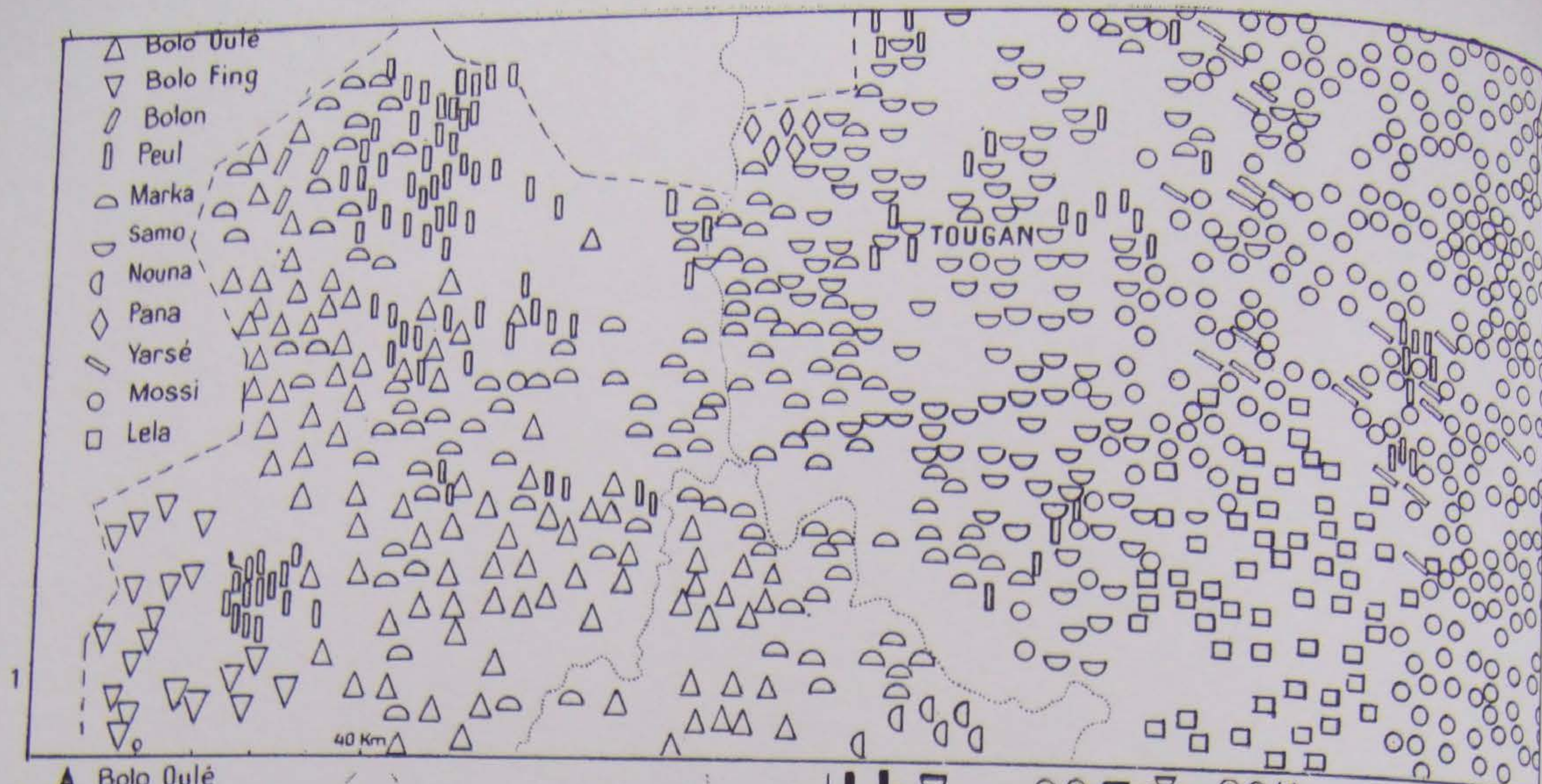
GEO - les départements français

Q - les quantités pour 100 femmes de 18 à 45 ans.

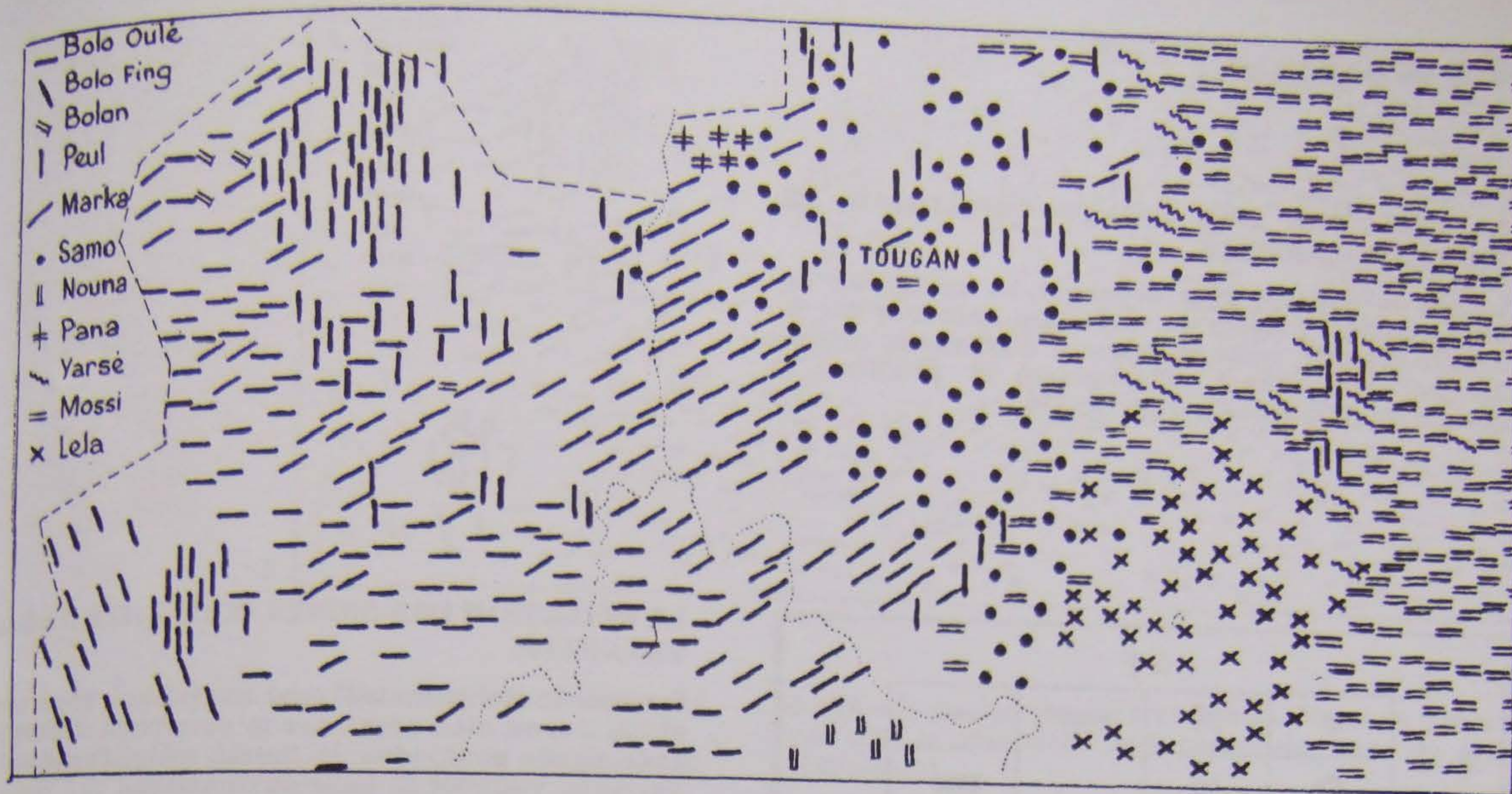
On étudiera successivement ces trois cas, et dans chacun d'eux les trois implantations possibles : ponctuelle, linéaire ou zonale.

Bien que la composante géographique mobilise les deux dimensions du plan, il est toujours possible de représenter ces problèmes en une image, puisque celle-ci admet trois composantes. Mais il faut que la variable de troisième dimension soit visuellement ordonnée, sinon on se trouvera devant une superposition d'images et l'effort de sélection sera d'autant plus grand que la répartition sera complexe.









4

## 1. CARTES GEO ≠

(UNE COMPOSANTE GÉOGRAPHIQUE  
UNE COMPOSANTE QUALITATIVE)

Quelle que soit l'implantation, la rédaction cartographique de toute composante qualitative (≠) dépend en premier lieu de la question suivante :

Les catégories ≠ de l'information peuvent-elles être visuellement ordonnées ?

Exemple (1)

Distribution des points représentant 200 hab. suivant GEO - l'espace géographique (région de Tougan, Hte-Volta)

≠ 11 catégories ethniques.

Est-il possible de donner un ordre (autre que l'ordre géographique ou les quantités) aux différentes catégories ethniques ?

Une réponse positive conduira à construire la carte (2) ou (3). Chaque image dépendra du concept choisi pour la mise en ordre (ancienneté, hiérarchie tribale, coloration, taille des individus, richesse...).

Une réponse négative conduira à construire la carte (4).

Du point de vue graphique la mise en ordre visuelle est toujours possible (2) et (3). Elle requiert l'emploi des variables de Taille ou de Valeur.

- elle favorise grandement la sélection visuelle indispensable pour répondre aux questions introduites par la composante ≠ (telle ethnie où est-elle ?)

- elle favorise les regroupements de catégories, chaque niveau dans l'ordre visuel pouvant être perçu comme un ensemble (tous les noirs, tous les gris, tous les blancs)
- elle permet de mémoriser l'ensemble de l'information en une seule image, construite sur cet ordre, et qui seule permet des comparaisons externes d'ensemble.

Mais il faut se rappeler aussi :

- que l'ordre visuel entraîne une perception hiérarchique qui peut être inopportune ;
- qu'il exclut la perception de la densité d'ensemble (toutes catégories confondues) lorsqu'il résulte de la variation de taille ou de valeur, toutes deux dissociatives.

Ainsi la densité visuelle apparente est très différente en 2 et en 3 ;

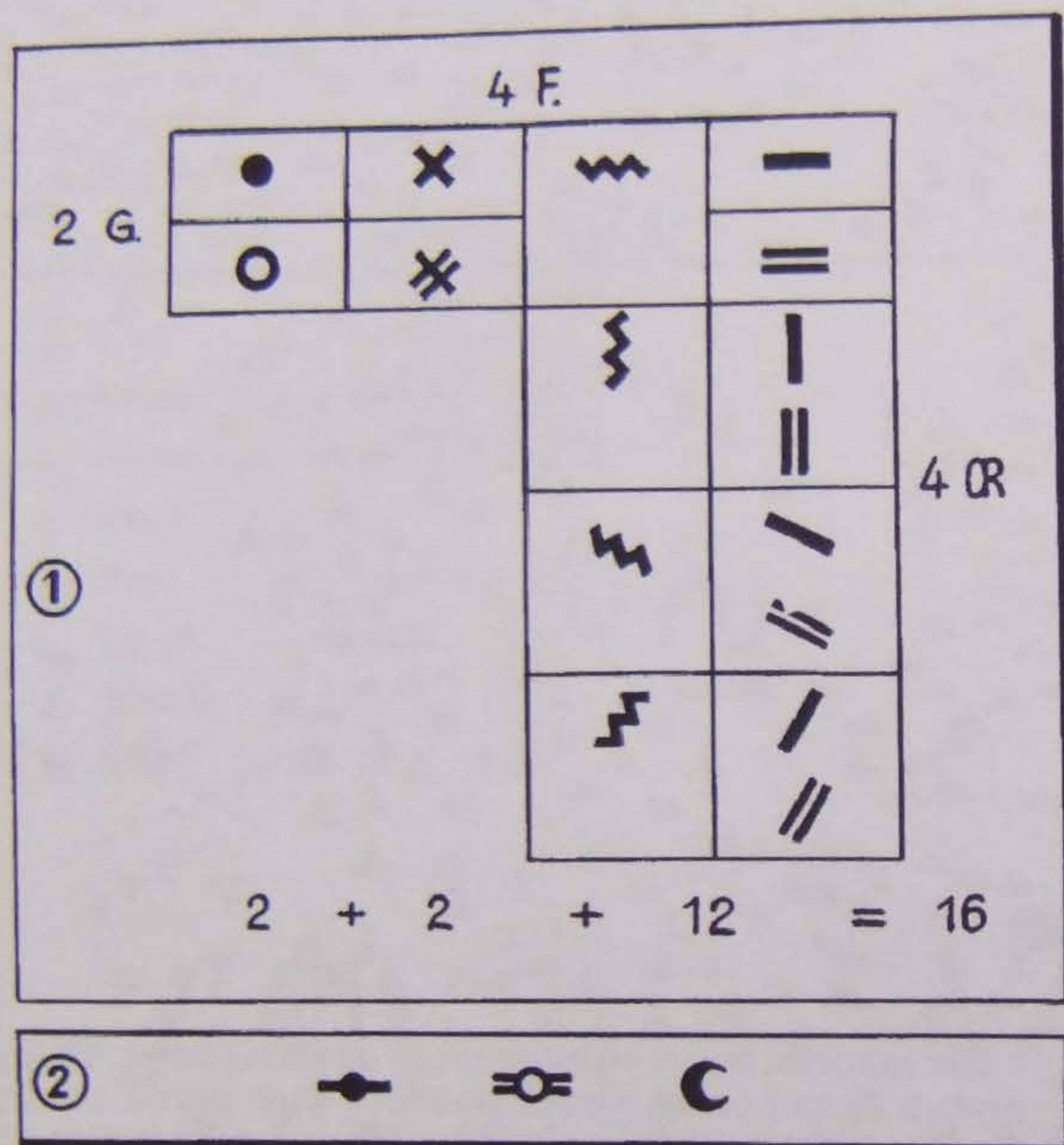
- que la variation de taille évoque une variation quantitative qui est exclue du présent problème.

Du point de vue de l'information la mise en ordre peut apparaître tout à fait souhaitable. Elle implique que l'on choisisse un critère d'ordre. Mais ce critère peut ne pas exister (p. 156), impliquer un choix difficile, ou comme dans l'exemple ci-contre ne pas sembler opportun. Il s'agit alors de parvenir à la meilleure sélection visuelle entre des signes de même visibilité.



## LA SÉLECTION DES SIGNES PONCTUELS EN VISIBILITÉ VARIABLE.

Lorsqu'un concept peut ordonner les catégories de la composante (types de végétation ordonnés par la densité végétale, types de cultures, d'industries ordonnés par l'importance économique) le problème devient un problème O, traité p. 336.



③

● = ■ = ▲ = ▣ = ▼ = ◐ = ● = ◆ = ▲ = etc..  
+ = ×

④

⑤

⑥

⑦

## LA SÉLECTION DES SIGNES PONCTUELS D'ÉGALE VISIBILITÉ.

Lorsque la composante ≠ rend inopportune une hiérarchisation, ou rend nécessaire la perception densitative tous signes confondus, le dessin exclut l'emploi des variables visuelles de taille ou de valeur.

Rappelons qu'un signe est sélectif lorsque le lecteur peut, dans une seule perception, isoler tous les points où ce signe figure. Il peut alors faire abstraction de tous les autres signes et répondre en une opération mentale à la question "telle catégorie, où est-elle?"

Soit à identifier tous les "Samo". Que le lecteur minute le temps nécessaire sur la carte (1) p. précédente. Après quoi il pourra juger de l'efficacité de (4).

### Grain, orientation, forme.

A égalité de visibilité (de quantité de "noir" par signe), le rédacteur graphique dispose, en implantation ponctuelle (1)

- du grain, de longueur 2 et sélectif
  - de l'orientation, de longueur 4, sélective
  - de la forme, de longueur infinie, mais non sélective.
- Cependant si l'on appelle variation de forme la différence entre un point et un trait, entre un trait droit et une ligne brisée, entre un trait et une croix, la forme fournit quatre paliers sélectifs.

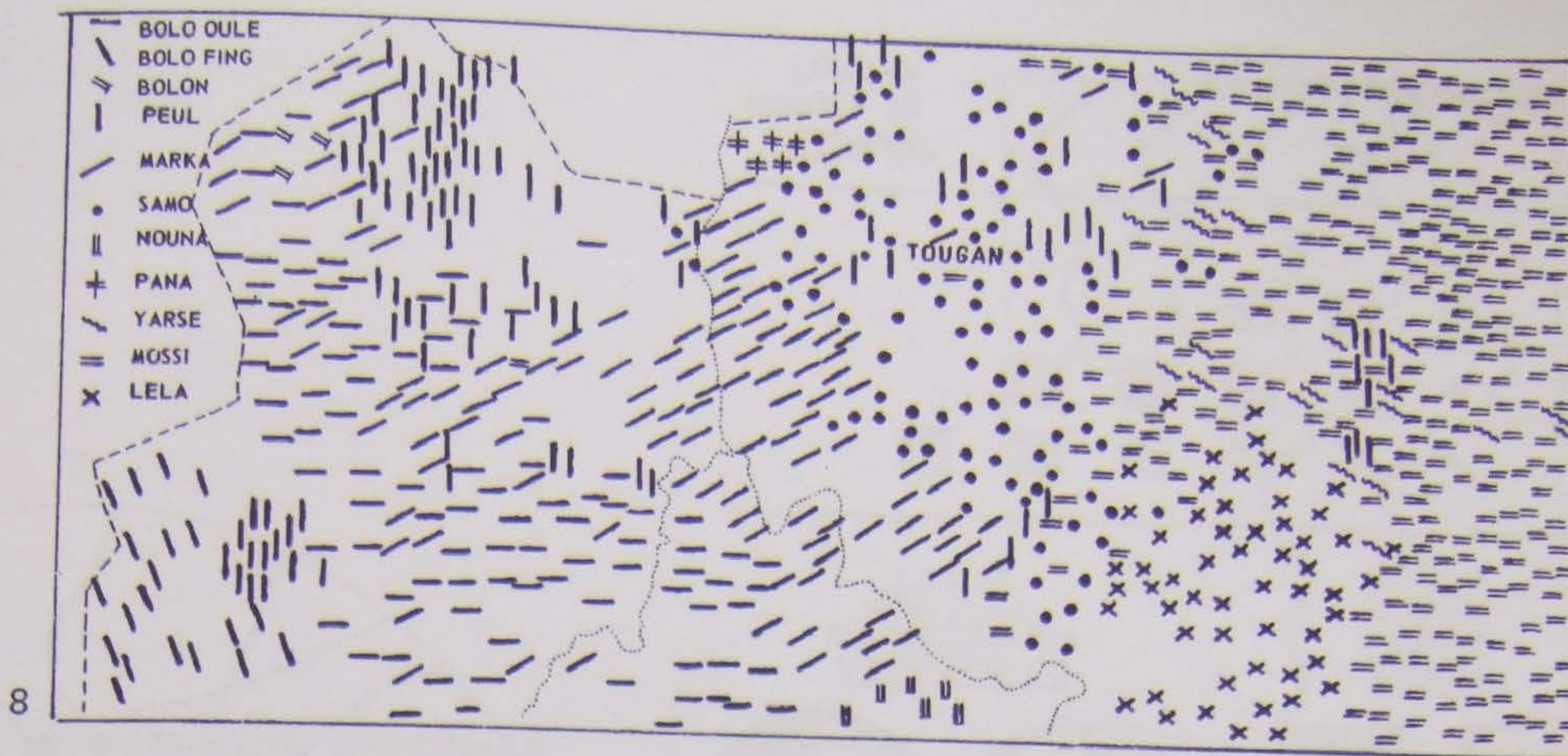
La combinaison de ces trois variables (1) fournit 16 signes.

Ils sont relativement sélectifs, et le dessin (4) p. précédente en est déduit.

L'emploi d'autres formes, de l'infinité des formes possibles donne des signes différents lorsqu'on les regarde un à un. Mais ces signes sont semblables (3) aux niveaux de lecture moyens et supérieurs, et interdisent le groupement spontané de tous les signes d'une forme donnée. Il n'y a pas de sélection dans la carte (1) p. précédente. Les combinaisons et le signe (2) peuvent être employés dans les distributions simples (géographiquement regroupées).

**La facilité de dessin.** Il faut plusieurs heures et des moyens graphiques perfectionnés pour dessiner (1) p. précédente et réaliser une figuration non sélective. Il faut une demi-heure et une simple plume pour dessiner (4) p. précédente et réaliser un dessin très sélectif. On veillera seulement au parallélisme des signes orien-





tés, et à l'égalisation des quantités de noir par signes (8). On notera que les signes (5) ci-contre se sélectionnent mieux que les signes construits à 45° (4).

#### La couleur.

Rappelons que la variation de couleur ne se conçoit qu'à valeur égale. Elle entre donc dans les données du présent problème.

A valeur égale, et pour des signes ponctuels, généralement de petite dimension, la couleur est de longueur maximum 6 : gris, violet, bleu, vert, bistre, rouge. L'introduction d'une couleur supplémentaire (qui ne peut s'effectuer que par un décalage de tous les tons) diminue l'écart sensible entre les couleurs, et en même temps leur sélectivité. D'autre part, plus les signes sont petits plus il y a "diffusion" de la couleur. En conséquence et pour conserver un écart sensible constant, le nombre des couleurs doit diminuer avec la réduction des signes, mais inversement ce nombre peut augmenter si l'on admet des signes plus grands. Enfin la sélectivité diminue sensiblement avec la complexité de la distribution. Dans un mélange parfait la diffusion est très grande et la sélectivité très réduite.

Rappelons aussi que les couleurs fournies par les crayons et encres classiques varient de valeur. Enfin la couleur exige une rédaction et une impression onéreuses, et sa reproduction par les moyens mis en œuvre dans la documentation moderne pose des problèmes pratiquement insolubles, même si la variation colorée n'introduit que deux paliers, exemple, noir et rouge.

**Efficacité de la couleur.** La seule variation de couleur ne donne donc qu'environ six paliers sélectifs. Au-delà, il faut revenir au tableau (1). A l'expérience, les 16 paliers obtenus par les combinaisons du tableau précédent sont beaucoup plus sélectifs que l'emploi de 16 couleurs différentes, et il n'est pas démontré que 6 couleurs soient plus sélectives que 6 combinaisons tirées de ce tableau monochrome. Plusieurs expériences tendent à une conclusion inverse. Par contre s'il est besoin de plus de 16 paliers, limite qui dépasse déjà sensiblement les possibilités humaines d'intégration, la combinaison avec six couleurs donne

$6 \times 16 = 96$  catégories différenciables. Nous ne pensons pas que la sélectivité soit conservée dans de telles réalisations.

#### Les regroupements visuels.

En observant la carte (4) page précédente on peut remarquer que les points et les croix forment un ensemble différent des lignes (quelle que soit leur orientation). Imaginons que cette carte combine en plus 2 couleurs : vert, rouge, l'ensemble des signes rouges formera un groupe, par rapport à l'ensemble des signes verts, quel que soit le grain, la forme ou l'orientation.

Ainsi, dans la combinaison des variables visuelles qui assurent la sélectivité, certaines sont plus "prégnantes" et peuvent assurer des groupements. Le rédacteur doit en tenir compte et rechercher si la composante peut utilement se construire en groupements de catégories homogènes, ce qui revient à imaginer l'introduction d'une composante nouvelle, telle que "agriculteurs-pasteurs" dans la série des catégories ethniques.

Cette faculté est utilisée dans les problèmes à plus de 2 composantes. Notons cependant que de tels regroupements ne sont sensibles que pour deux ou trois paliers. (point, trait ou violet, vert, rouge). Ce phénomène perd de son efficacité sitôt que le nombre des groupes augmente. Il est inexistant pour 6 couleurs.

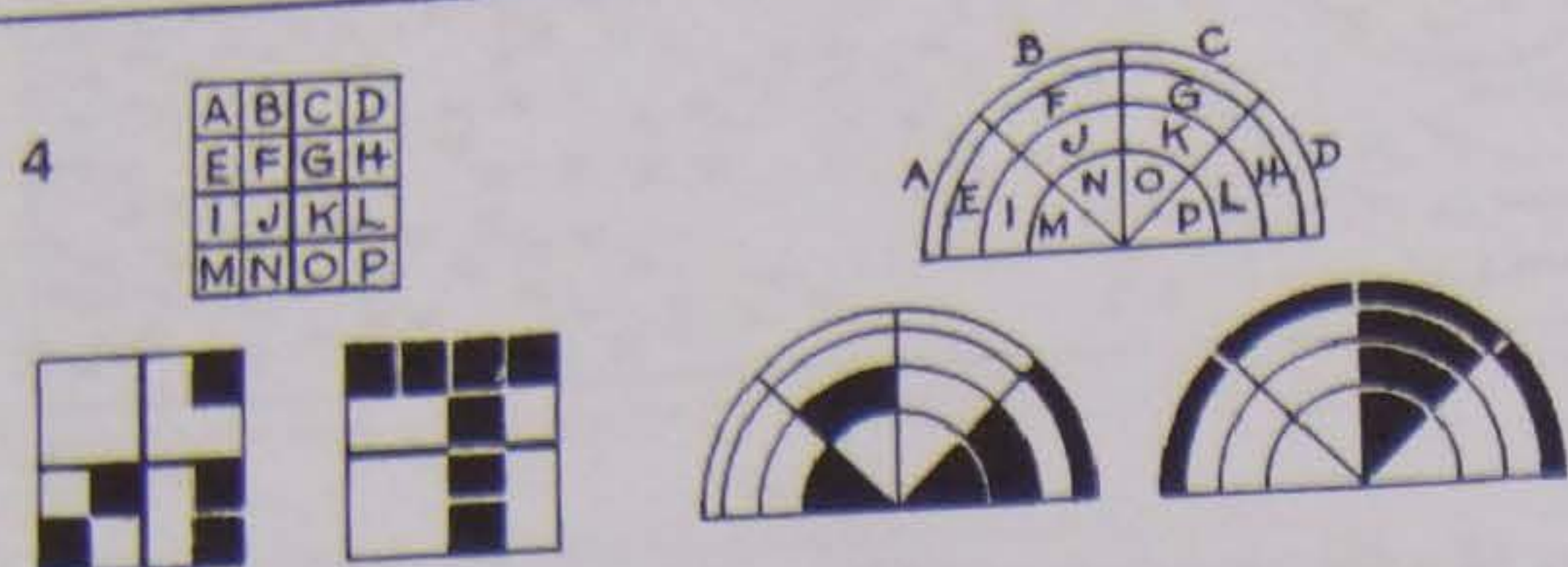
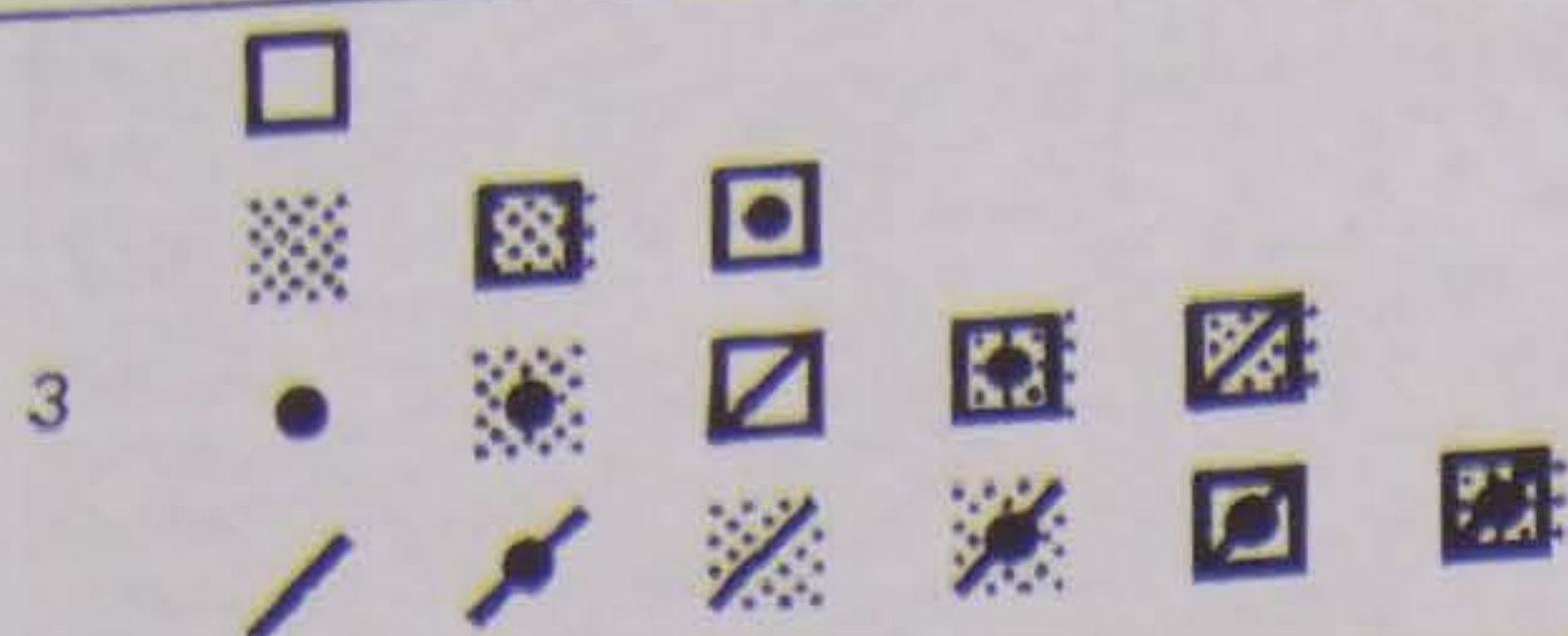
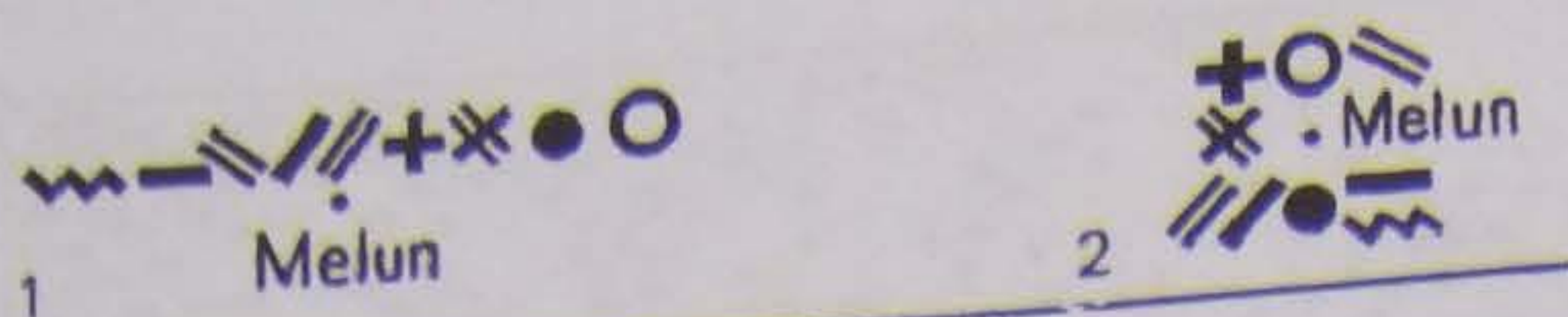
#### La complexité de la distribution.

Le plus ou moins grand mélange des signes joue un rôle important dans la sélectivité. Il importe bien sûr d'assurer dans tous les cas la sélectivité optimum et de choisir les signes les plus différents. Mais il est utile de connaître la distribution avant le choix définitif des signes. Il y a donc intérêt à faire deux dessins successifs : un premier pour découvrir la distribution, à l'aide de signes provisoires, et un second dans lequel on tiendra compte de cette distribution pour choisir les signes définitifs.

Il sera préférable, par exemple de choisir une orientation de signes qui souligne une distribution oblongue (6) plutôt qu'une orientation qui la brise (7) ou de consacrer aux distributions les plus groupées les signes les moins sélectifs tels que (2).

La complexité devient très grande dans le cas suivant :





**Cas particulier : plusieurs signes en un point.**

Dans l'exemple qui précède, chaque point du plan, chaque situation géographique n'est qualifié que par un seul signe. Mais l'information peut comporter plusieurs qualifications par point géographique, par exemple plusieurs industries, plusieurs ethnies, plusieurs instances administratives par ville.

Il en résulte évidemment une distribution beaucoup plus complexe, et l'absence de groupements homogènes dans le plan. La sélectivité des signes sera toujours très difficile à obtenir.

**Rappelons la solution générale d'un problème  $\neq$  (p. 159)**  
Construire :

a) une série de cartes, une carte par catégorie de la composante, capables chacune de répondre à la question "Telle catégorie, où est-elle?" (type p. 158).  
En fait, il est souvent possible de construire une carte pour deux ou trois catégories  $\neq$  en choisissant des distributions très différentes, et de ramener à trois ou quatre cartes une composante de longueur 10 ou 12.

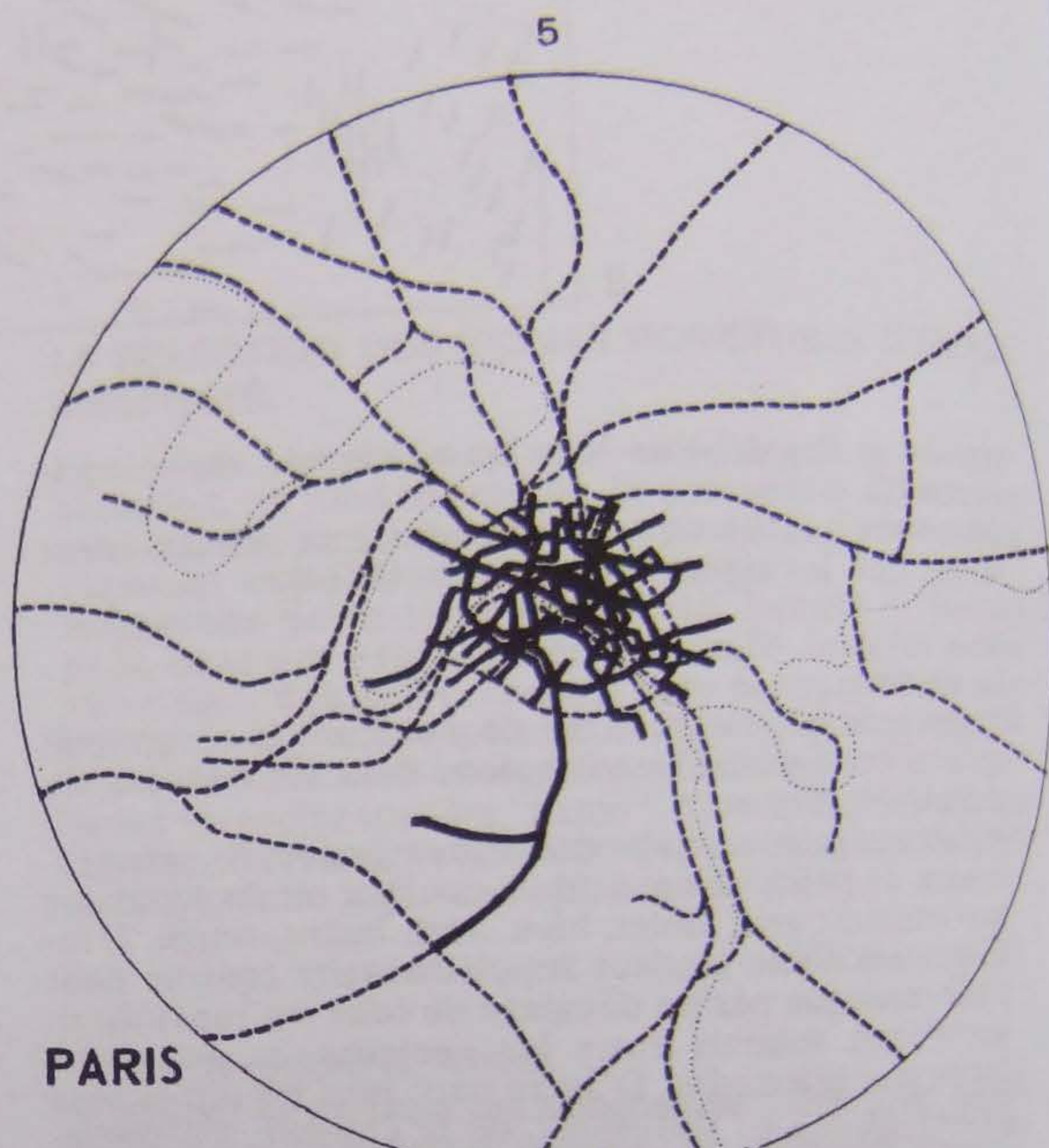
b) une carte superposant toutes les catégories et capable de répondre à la question "à tel endroit, qu'y a-t-il?"  
Plusieurs formules sont possibles pour dessiner cette dernière carte en implantation ponctuelle :

(1) L'alignement des signes favorise le dessin de la lettre et la lecture des signes, surtout s'ils sont toujours alignés dans le même ordre. Mais il disperse le groupement géographique et peut créer une ambiguïté de position (p. 157).

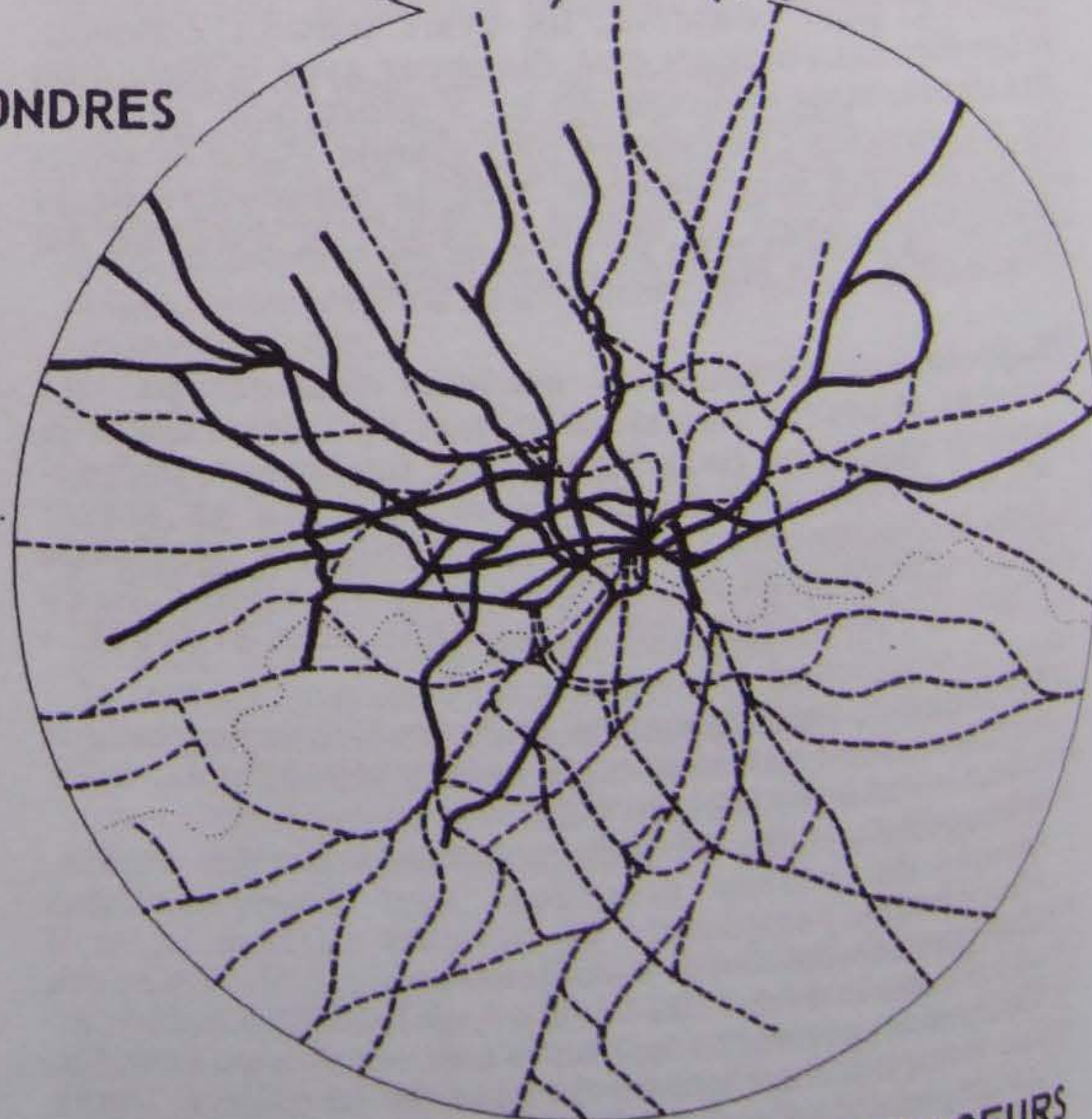
(2) Le groupe de signes, favorise le groupement géographique mais inversement rend la lecture plus ardue.

(3) La combinaison des signes qui peuvent se superposer en un point favorise le groupement visuel, mais le nombre des signes combinables est réduit. Des signes maladroits risquent, en étant combinés, de donner l'impression visuelle de signes nouveaux.

(4) Le tableau constant (cartogramme). On établit une fois pour toutes un tableau de tous les signes (rectangulaire ou polaire). Il est reporté en chaque position et il suffit de pocher les cases convenables. L'ensemble est un cartogramme. Ce système facilite la lecture élémentaire, la comparaison et le dessin, mais il est très encombrant.



**LONDRES**



**LIGNES FERROVIAIRES DE VOYAGEURS**



## GEO $\neq$ linéaire

### L'OPPOSITION FOND-INFORMATION ORIGINALE.

Les repères géographiques, le fond de carte, sont le plus souvent représentés par des lignes (méridiens, parallèles, côtes, rivières, frontières...).

En implantation linéaire, la première préoccupation du rédacteur graphique sera de bien séparer ce qui appartient au fond de carte de ce qui constitue l'information originale.

Un problème GEO  $\neq$  (linéaire) conduit donc, dès le départ à deux paliers de visibilité, l'un le plus clair possible, consacré au fond, l'autre plus puissant, consacré à l'information originale.

Plus le premier sera clair, moins il sera nécessaire de grossir les traits du second pour conserver un écart suffisant. C'est ainsi que l'on n'hésitera pas à représenter la Seine ou la Tamise en pointillés très fins (contre toute habitude, mais pour une amélioration de la lisibilité) pour laisser aux transports ferroviaires de voyageurs à Paris et à Londres leur parfaite originalité (5). Le lecteur curieux pourra se reporter au vol. XLIX de la Geographical Review et constater la différence de lisibilité, pour une information rigoureusement semblable.

Ceci posé, c'est dans le cadre de l'information originale qu'il faut juger de l'opportunité d'une mise en ordre de la composante  $\neq$ . Une réponse négative, la nécessité de percevoir par exemple la densité du réseau des lignes, pose le problème de la sélectivité à visibilité constante.

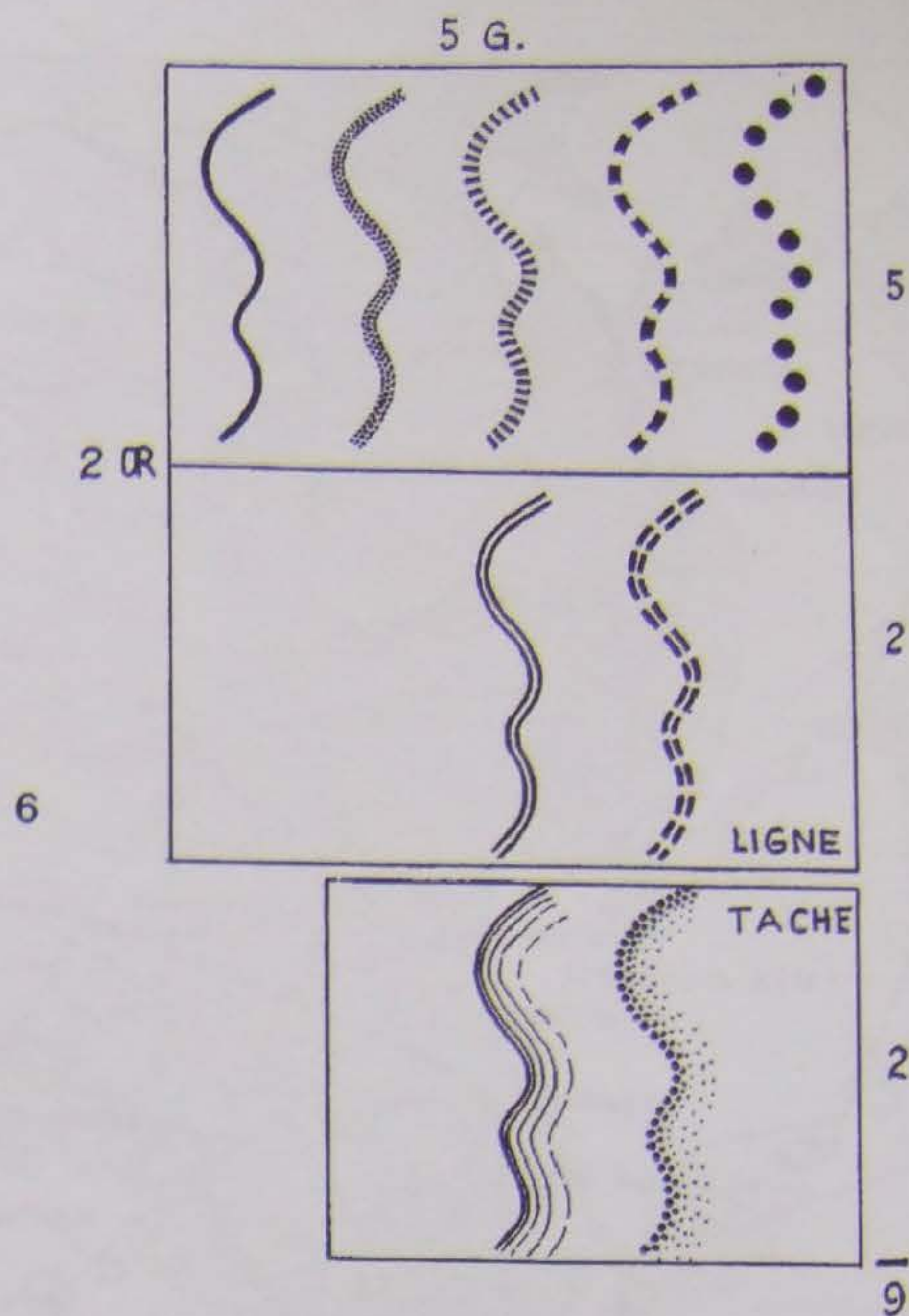
### LA SÉLECTION DES SIGNES LINÉAIRES D'ÉGALE VISIBILITÉ.

Hors de la couleur, dont les contingences sont déjà connues, les variables disponibles offrent moins de paliers en implantation linéaire qu'en implantation ponctuelle.

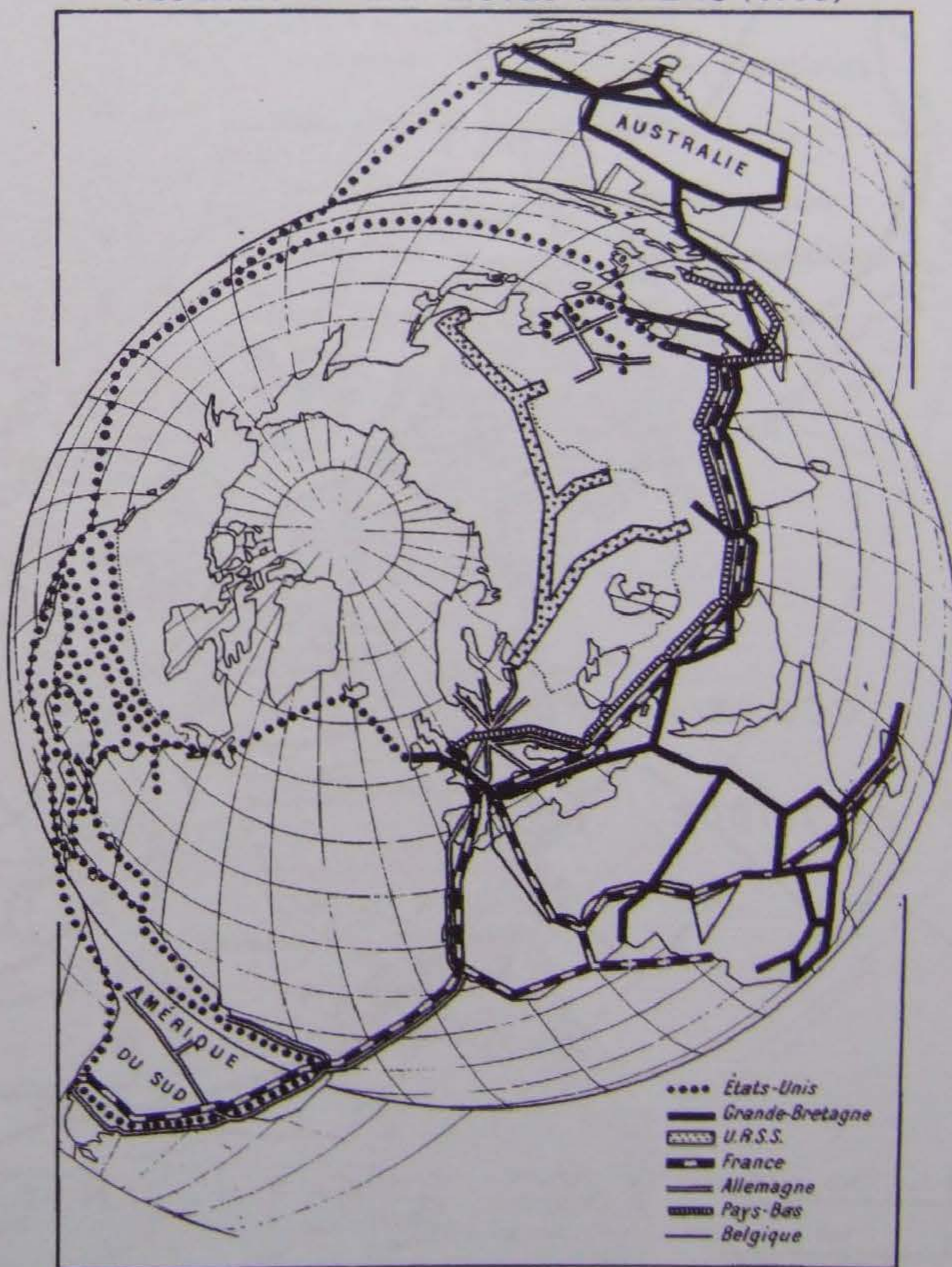
Dans une visibilité constante, et à condition de pouvoir construire des lignes relativement épaisses, (1 mm environ) :

- le grain offre de 4 à 5 paliers sélectifs,
  - l'orientation en offre 2,
  - l'opposition entre la limite de la tache et la ligne 2.
- L'ensemble des combinaisons possibles fournit environ 9 paliers sélectifs en implantation linéaire (6).

Mais en fait, il est tentant de se servir, en plus, d'une légère variation de visibilité. Tel est le cas de la carte (7). Les combinaisons avec la couleur permettent évidemment une quarantaine de paliers.



RÉSEAUX IMPÉRIALISTES AÉRIENS (1938)









### La différenciation non sélective.

Il est nécessaire de différencier, en lecture élémentaire, une ligne d'une autre, sans cependant poser le problème de sa séparation visuelle au niveau de l'ensemble, et par exemple de différencier les rivières, des voies ferrées et des coordonnées, dans la carte (1). Ces différences s'appuient sur des variations de *grain*, mais qui n'ont pas de pouvoir sélectif lorsqu'elle sont appliquées à des lignes très fines, et sur des variations de *forme* par adjonction de signaux sur la ligne ou sous l'aspect de *différences d'angularité*.

On peut remarquer en effet :

- 1°) que des lignes droites ou des lignes géométriquement très régulières comme les méridiens et parallèles, se différencient aisément des lignes sinueuses;
- 2°) en poursuivant la même idée, on observe que l'angularité permet, dans certaines limites, de différencier plusieurs lignes, semblables par ailleurs, à condition que cette angularité soit constante le long de la ligne. Les signaux ajoutés sur la ligne pouvant être de toute nature, l'ensemble des différenciations possibles est considérable. Quelques exemples figurent dans le tableau (2).

Certains signaux, couramment employés, revêtent le caractère de *symboles universels*. Mais lorsque cette symbolique est en contradiction avec les conclusions d'une analyse logique du problème de l'efficacité, il est généralement préférable de sacrifier le symbole. Tel est le cas des fleuves dans les cartes (5) page précédente. Tel est presque toujours le cas de cet enchevêtrement de croix qui soi-disant doit représenter les frontières internationales, et que certains dessinateurs se complaisent à infliger inutilement au lecteur.

Notons enfin que pour assurer la continuité linéaire, les tiretés doivent dessiner les angles (2 H) et non les laisser en blanc (2 G).

### LA VARIATION DE VISIBILITÉ

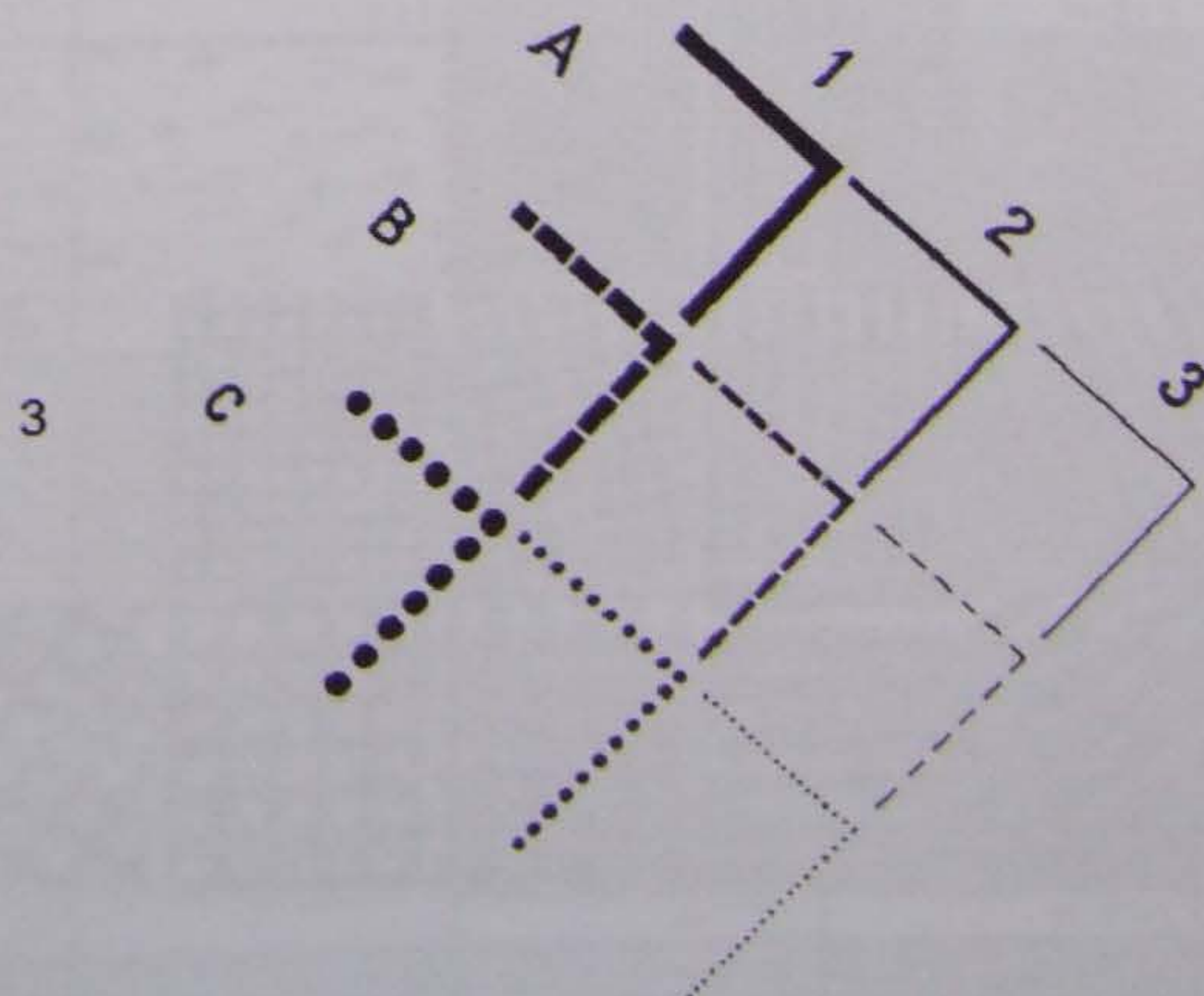
Lorsque l'on peut admettre une hiérarchie dans la composante  $\neq$ , la sélectivité est grandement améliorée, et l'on peut augmenter le nombre des catégories de lignes. La carte des différentes limites intéressant la région polaire (1) en est un exemple.

C'est à l'épaisseur du trait (la taille) que l'on emprunte le plus souvent la variation de visibilité.

Pour rester sélectif on considérera que la *taille* offre trois paliers, ce qui donne  $9 \times 3$  soit plus d'une vingtaine de lignes sélectives (il faut admettre un déchet dans les petites tailles).

Ici la variation de taille est la plus sélective des variables visuelles. C'est sur elle que l'on construira, s'il y a lieu, des *groupements visuels* (groupement des grosses lignes, groupement des lignes moyennes) à condition que les paliers soient nettement marqués. En (3) les groupes se forment suivant 1, 2 et 3 et non suivant A, B, C.

A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		rivière
L		rivière
M		muraille
N		muraille
O		route
P		voie ferrée
Q		voie ferrée
R		pipe-line
S		canal
T		cables électriques
U		crête
V		cuesta
W		accident monoclinal
X		rupture de pente
Y		faille
Z		
2		

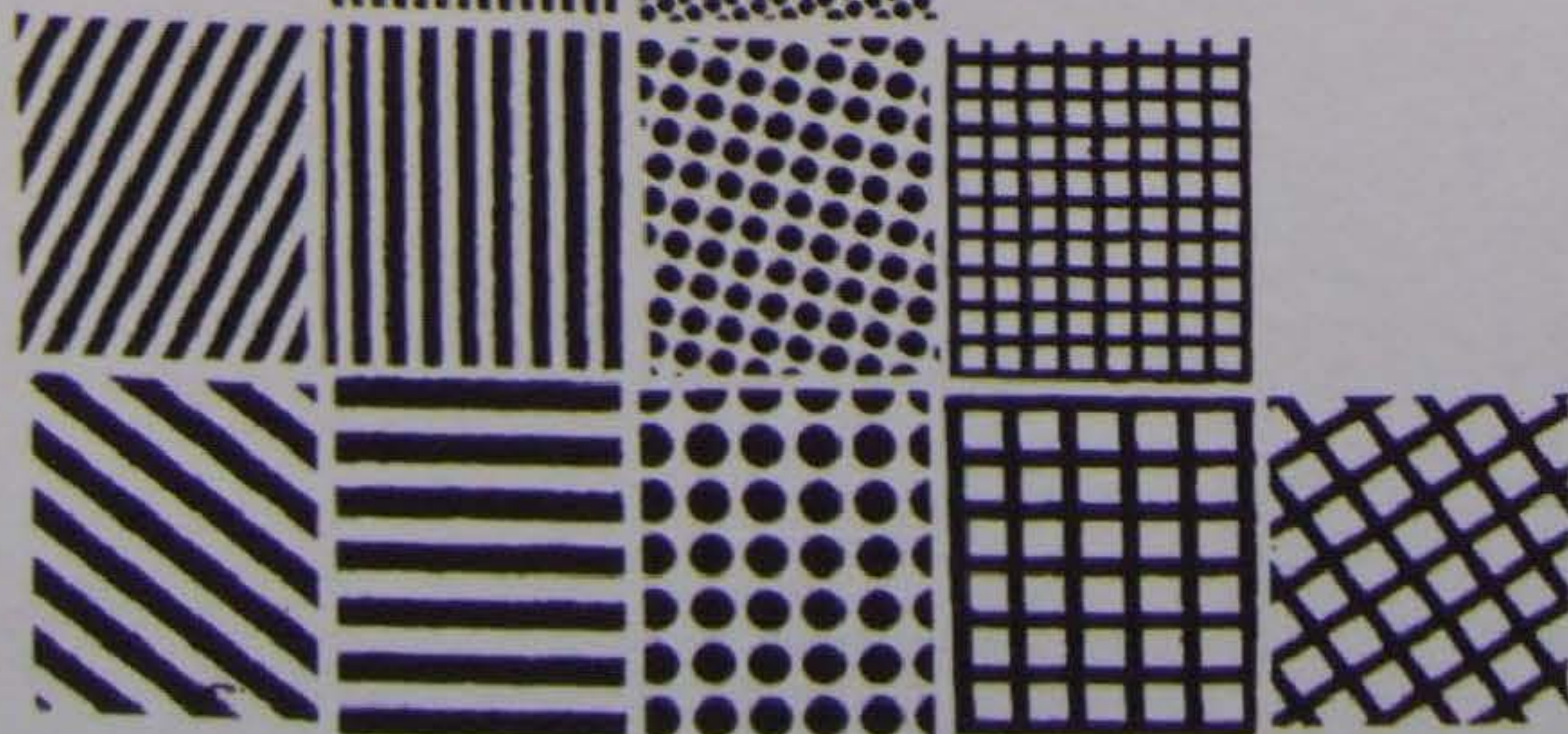
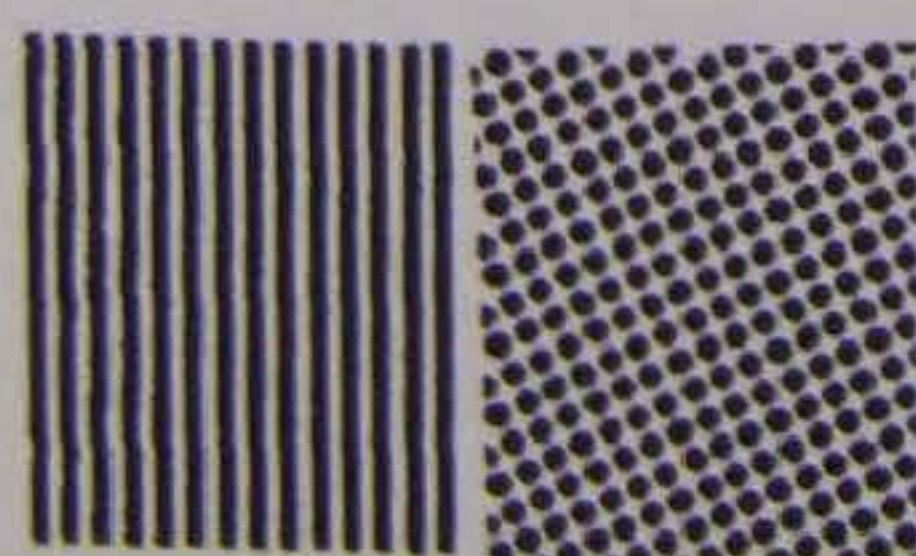
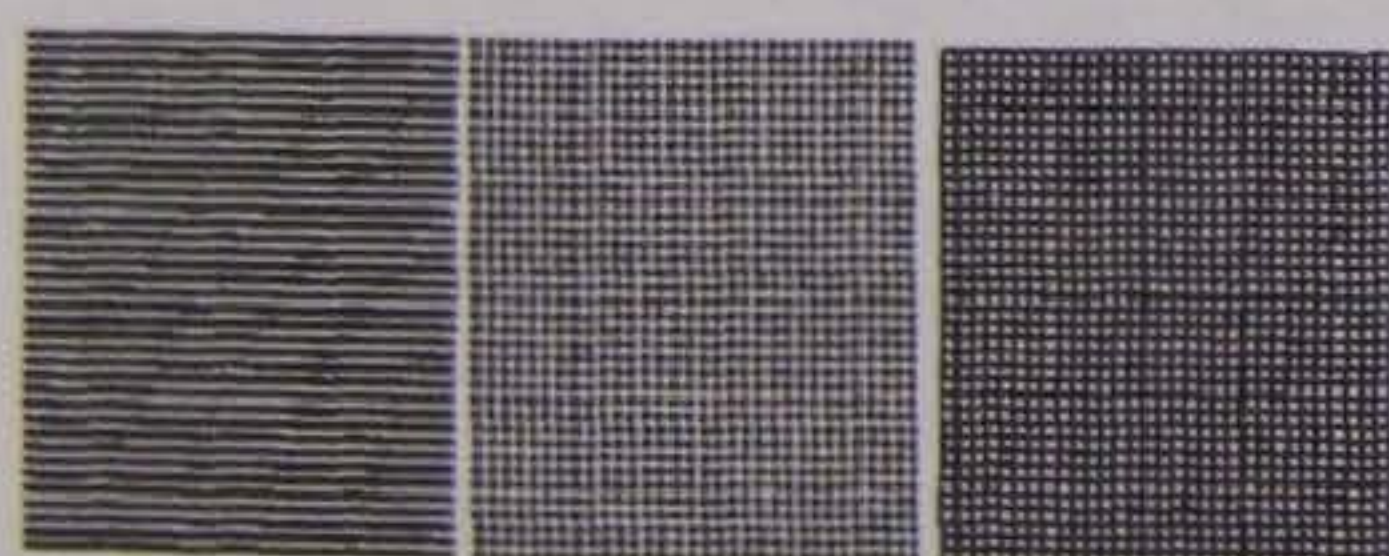






1

2



1

2

4

5

12

## GEO $\neq$ zonal

### LA SÉLECTION DES ZONES D'ÉGALE VISIBILITÉ

Les forêts, diversifiées en essences, ne couvrent pas l'ensemble de la feuille. Il peut être utile de faire la somme visuelle de la forêt, toutes essences confondues. Les catégories de la composante  $\neq$  essences ne sont donc pas visuellement ordonnables, et la variation de valeur est exclue (1).

(2) A égalité de valeur, la sélection des zones repose sur :

- le grain, de longueur 4 environ ;
- la forme de longueur 2 à 3.

Le nombre des paliers sensibles est fonction de la dimension des zones, il diminue avec celle-ci mais aussi il augmente, et de grandes zones autorisent, à la limite, l'emploi de l'orientation, dans les gros grains.

La couleur sélectionne les zones et sa longueur varie de 3 à 7 environ suivant la dimension des taches et la complexité.

### La construction de signes sélectifs.

Le tableau (2) donne un total de 12 signes relativement sélectifs. Mais ils sont difficiles à dessiner, et lorsque l'on utilise les trames préfabriquées, le choix n'est pas grand, contrairement à l'impression première. Les trames disponibles sont mal étudiées et un classement logique (3) montre par exemple que pour une valeur et une forme donnée, par exemple un point 50 %, il est impossible de constituer une série de trois grains différents. De même, on ne trouve une bonne progression de valeur que dans un seul grain et dans deux formes. Si l'on aborde les trames de formes figuratives, il n'y a plus aucune logique visuelle et l'emploi des négatifs de trame (N. dans le tableau) n'apporte que des mécomptes.

Pratiquement on est conduit à introduire, dans les petites taches, une légère variation de valeur.

### L'emploi des trames préfabriquées.

On ne peut utiliser les trames préfabriquées sans tenir compte :

1°) de la réduction - Des grains trop fins ne se réduisent pas, ils se bouchent. C'est d'ailleurs cette capacité de réduction qui offre le meilleur moyen de définir un grain. 500 ‰ signifie en photogravure une réduction de 1000 à 500 c'est-à-dire une réduction linéaire de moitié. 750 ‰ = 1000 à 750 soit 4 à 3.

Dans la colonne "grain" ces notations signifient que l'ensemble des trames correspondantes peut supporter une réduction de 500 ‰, de 750 ‰ ou ne peut supporter aucune réduction (1000 ‰).

2°) du support de dessin.

Un collage sur calque, ou sur tout support transparent peut être reproduit par transparence sans réduction. C'est ainsi que l'on obtient la meilleure reproduction des trames. Il peut être reproduit avec réduction si le photographeur emploie un éclairage par transparence. Mais tous les photographeurs ne sont pas équipés pour le faire.

Un collage sur papier blanc ne peut être reproduit que photographiquement et dans ce cas, plus le grain est fin, plus les trames noircissent, plus elles se bouchent. Une progression en valeurs peut ainsi être détruite.



Les cases sans chiffres montrent les trames inexistantes

(1) zentak

(2) Raster

(3) west

ORME  
↓  
GRAIN  
↓  
VALEUR →

500 ‰

750 ‰

1000 ‰

500 ‰

750 ‰

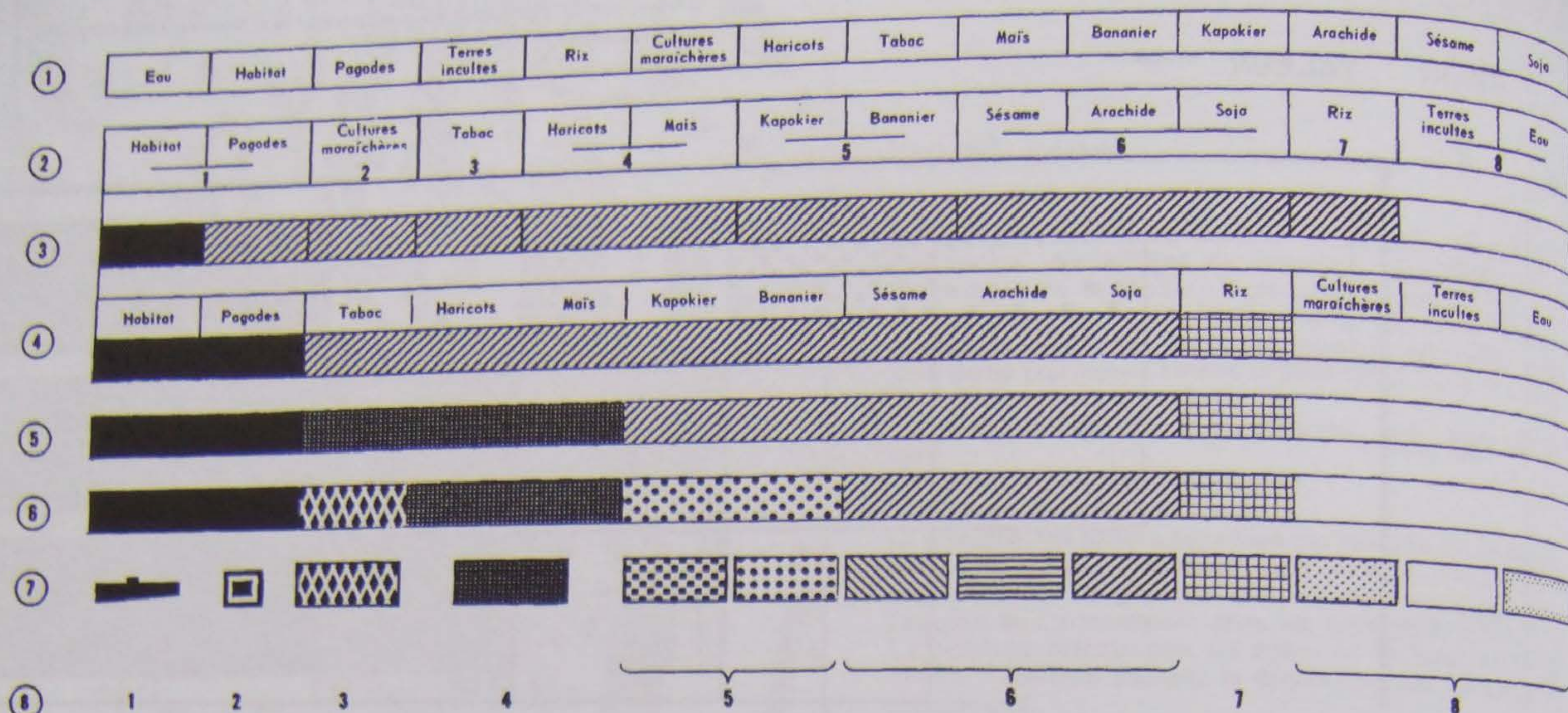
1000 ‰

	93	90			109	1
	85	83	32	34	35	11
			60	12	15	

207	206	205	261	262	
	264	256	252	251	2

819	821	817	811	N-811	N-817	N-8
	610	608	612	611	N-611	N-6
517	616	502	501	509	B 1 N (3)	
	717	N-723	N-703	N		
	363	N-404	79			





## LA SÉLECTION DES ZONES DE VISIBILITÉ VARIABLE

Dès que la nature de la composante  $\neq$  autorise une mise en ordre, le nombre des paliers sélectifs est considérablement accru et les groupements visuels se construisent sur la variation de valeur.

### La construction d'une légende ordonnée.

Soit l'information suivante :

GEO - répartition géographique de :

$\neq$  - 14 types de zones : eau, habitat, pagodes, terres incultes, riz, cultures maraichères, haricots, tabac, maïs, bananier, kapokier, arachide, sésame, soja, dans le terroir d'un village cambodgien (D'après J. DELVERT, *Le Paysan cambodgien*, Paris, Mouton 1961).

L'intérêt doit être mis sur l'opposition de cartes montrant la différence de distribution entre la saison sèche et la saison humide. Il y a donc lieu de faire des signes sélectifs, afin de comparer telle ou telle catégorie  $\neq$  d'une carte à l'autre.

(1) Le rédacteur établira en haut d'une grande feuille la liste (1) tirée directement de l'information brute. C'est le point de départ de la mise en ordre, qui s'échelonnera visuellement du noir au blanc.

(2) Immédiatement en-dessous, il ordonnera et regroupera ses catégories. Il devra se donner une base : par exemple la mise en ordre peut s'inspirer ici de l'importance économique ou sociale des diverses catégories. On voit ainsi qu'il faut, à ce stade, faire appel à des éléments nouveaux, extérieurs à l'information originale. Le rédacteur devra les découvrir dans une recherche personnelle, ou en discuter avec le spécialiste, avec l'auteur, et lui faire saisir que le dessin devant être visuellement ordonné, il est nécessaire que cet ordre corresponde à quelque chose de significatif.

(3) L'ordre d'importance établi, on affectera le noir à l'habitation, et le blanc aux terres incultes et à l'eau.

(4) Il ne faut compter que sur 5 paliers de valeur pour rester sélectif. Il y a donc lieu de faire des regroupements. Les pagodes seront regroupées avec l'habitation. Les cultures maraichères sont en fait liées à l'habitation, mais elles ne changent pas de place d'une saison à l'autre et de plus elles sont entre les mains des non cambodgiens; on les reportera dans les valeurs claires pour souligner le noir de l'habitation, à proximité duquel elles ont tendance à se placer. Le riz couvre généralement de grandes surfaces et le quadrillage des rizières est une image suggestive, qui peut être dessinée dans une valeur très claire.

(5) Le gris moyen peut être divisé en deux. Avec l'auteur il a été convenu de grouper dans les "plus importants" tabac, haricot, maïs. Les 5 paliers de valeur sont constitués.


(6) Pour diversifier davantage, le grain est disponible. Il convient de donner le caractère grenu aux plus "importants" de chaque groupe (le grain venant généralement "en avant") la combinaison grain-valeur fournit ainsi 7 paliers sélectifs.

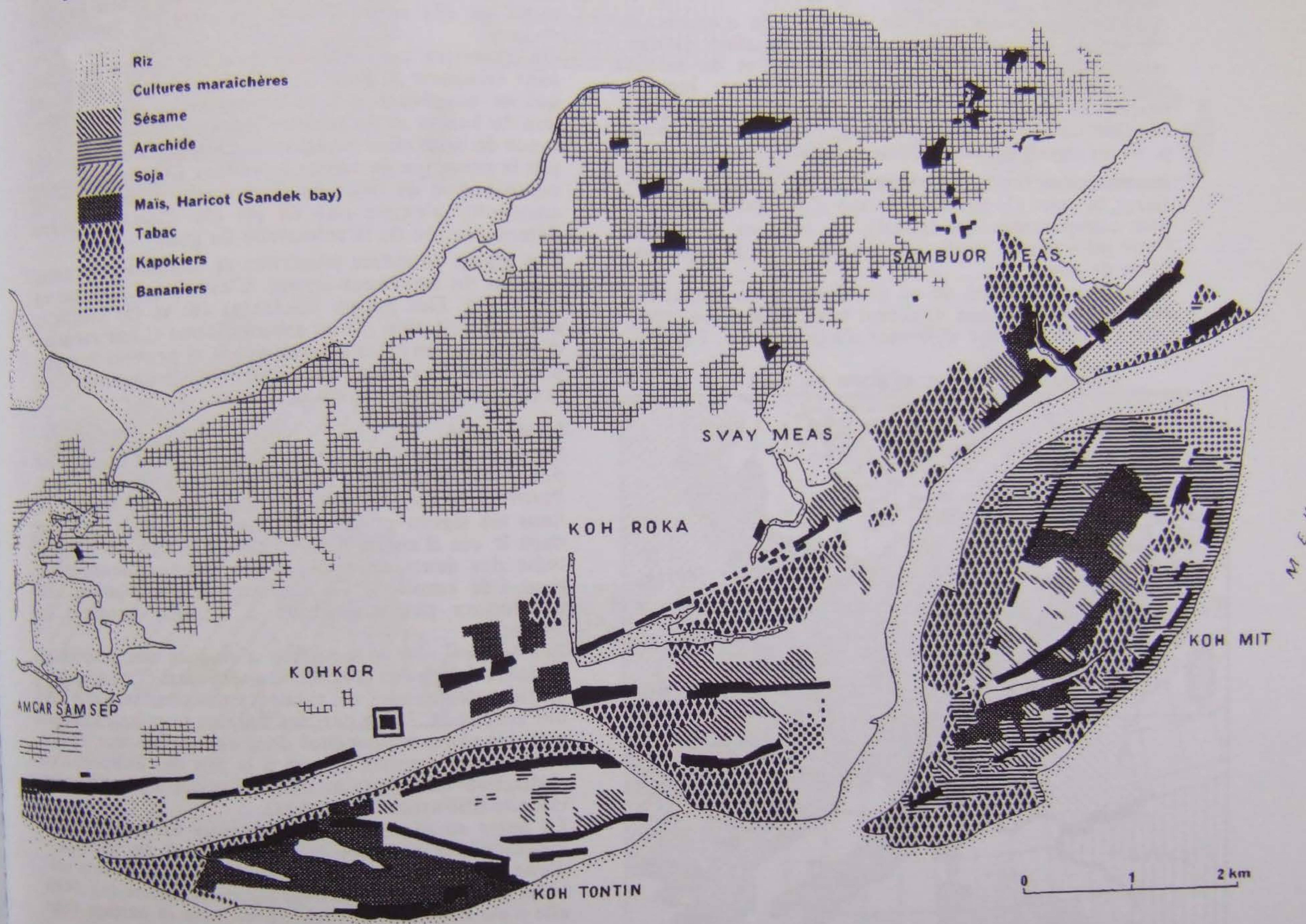
(7) Il reste à diversifier, pour la lecture de détail, les dernières catégories. a) On abandonnera la séparation entre haricots et maïs. b) On se servira de la forme et de l'orientation, qui ne détruisent pas la sélectivité acquise. c) On profitera de la topographie particulière des pagodes pour obtenir un effet de grain ponctuel, au niveau du noir.

(8) Il résulte de cette méthode d'analyse progressive une gamme de 13 catégories, distribuées en 8 paliers sélectifs, comparables d'une carte à l'autre.



SROK DE **KOMPONG SIEM** (SUD)

-  Riz
-  Cultures maraichères
-  Sésame
-  Arachide
-  Soja
-  Mais, Haricot (Sandek bay)
-  Tabac
-  Kapokiers
-  Bananiers





## CAS PARTICULIERS

### Une seule zone par signe.

Si l'on exclut les frontières, dans la carte (1), les zones linguistiques se divisent en deux groupes, sélectionnés par la valeur. La valeur claire correspond aux zones linguistiques qui coïncident avec les frontières, la valeur foncée aux zones ne coïncidant pas avec les frontières.

A l'intérieur de ces groupes, la sélection d'ensemble est inutile puisque chaque signe ne qualifie qu'une seule zone. Les variations d'orientation et de forme suffisent donc. Leurs combinaisons sont innombrables et il est aisé de créer, comme ici, 25 signes simplement différents en lecture élémentaire. Voir p. 94 les signes zonaux d'égale visibilité.

**Superposition totale de zones.** Si l'on inclut les frontières, la carte (1) est l'expression d'une information à trois composantes : GEO (zonal), ≠ langues, ≠ pays. Cette information soulève le problème de la superposition de zones.

La meilleure solution de ce problème, dans lequel les deux systèmes zonaux couvrent toute la surface, consiste à employer une *différence d'implantation*. Les dif-

férentes langues sont représentées par des différences en 3<sup>e</sup> dimension zonale, les différents pays sont représentés par des signes linéaires.

**Superpositions partielles.** Elles sont toujours un problème graphique délicat. Soit à représenter la distribution des zones de consommation du beurre (B), du saindoux (S) et de l'huile (H) dans la cuisine, en France.

On admettra tout d'abord que les limites de zones sont *nettement définies* (2 à 5). Il faut éviter (2) et (3) qui ne suggèrent pas la superposition en un même lieu du beurre et du saindoux, mais au contraire l'existence de nouvelles catégories. Celles-ci sont suggérées par la présence de signes nouveaux (X), formés par la combinaison de deux ou trois signes originaux. Cette ambiguïté n'existe pas en (4) (5). C'est une bonne démonstration de la sélectivité du grain.

Des grains de même puissance se confondent et construisent de nouveaux signes. C'est ce qui se passe en (2) et (3). Des grains différents (4) et (5) combinés avec l'orientation (4) ou avec la forme et une variation d'implantation (5) se sélectionnent et peuvent se superposer tout en restant parfaitement individualisés. C'est la solution graphique du problème.

### Le dégradé.

Supposons maintenant que les limites de zones soient floues. Le dessin doit suggérer un dégradé progressif. Points et lignes (6) permettent de suggérer le dégradé dans les signes grenus. Lorsque le grain est très fin, dans le cas d'aplats de couleurs par exemple, le système des dents de scie ou des bandes rubanées (7) peut être employé. Choisir autant que possible une orientation perpendiculaire à la ligne générale de contact.

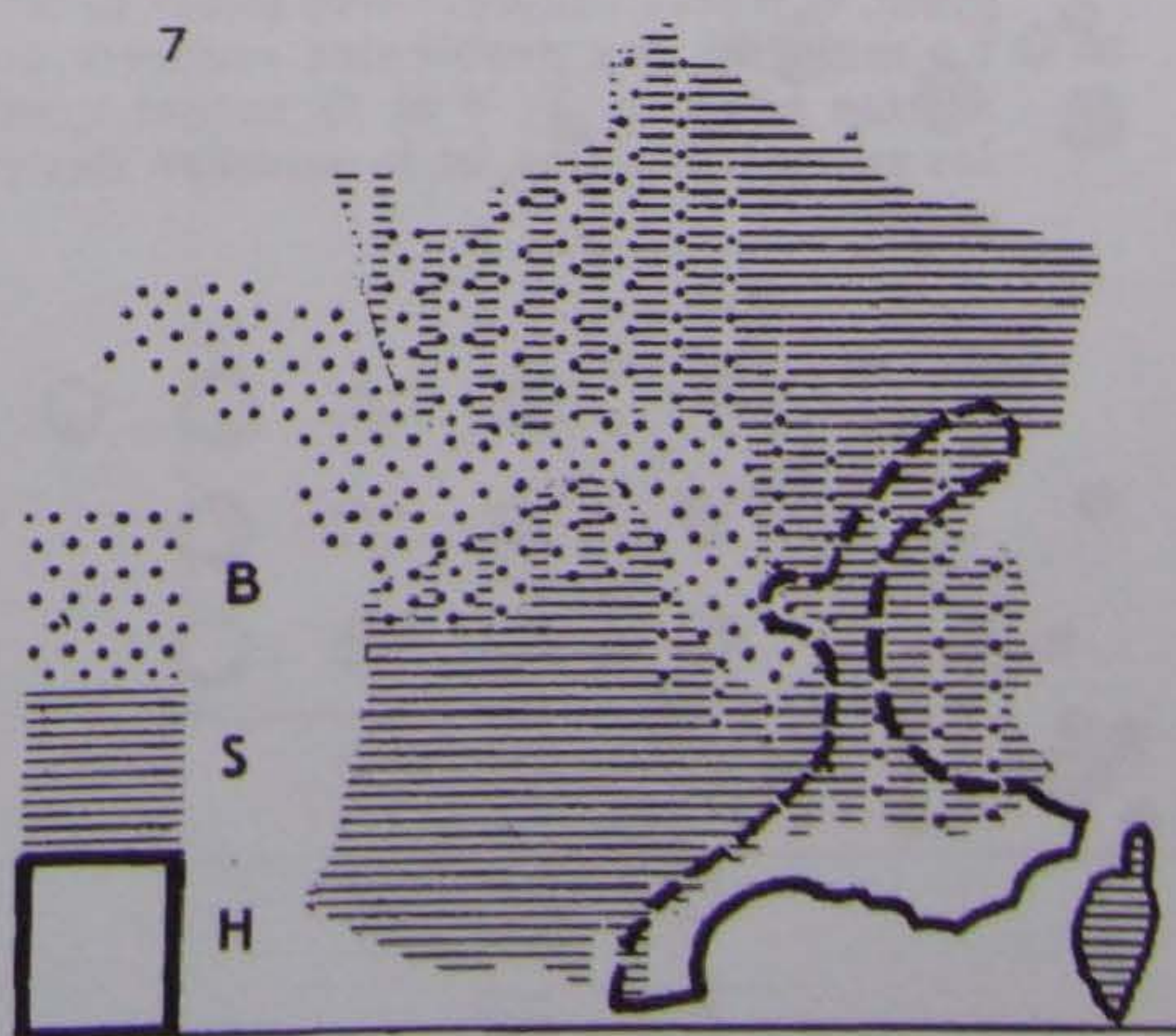
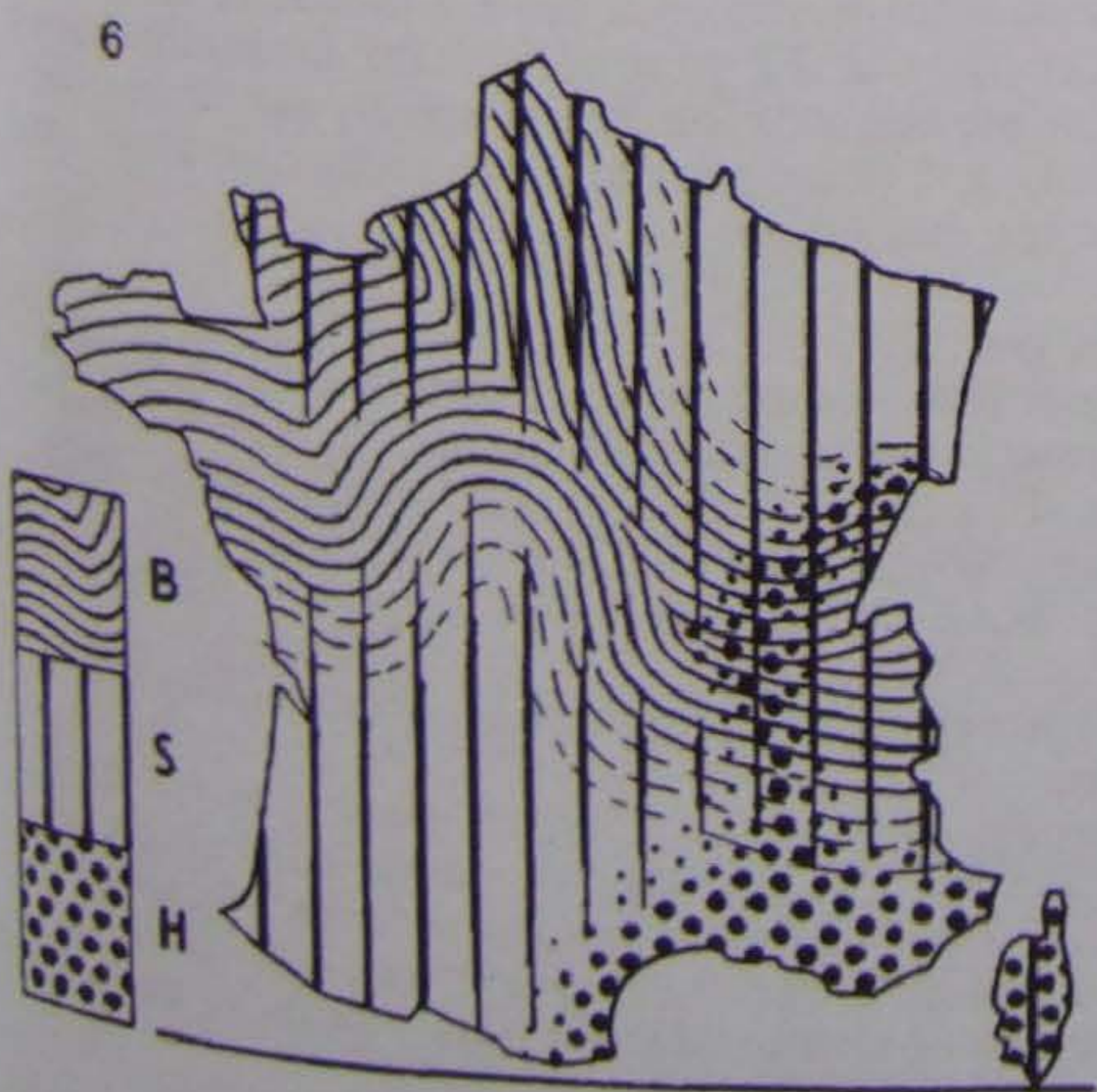
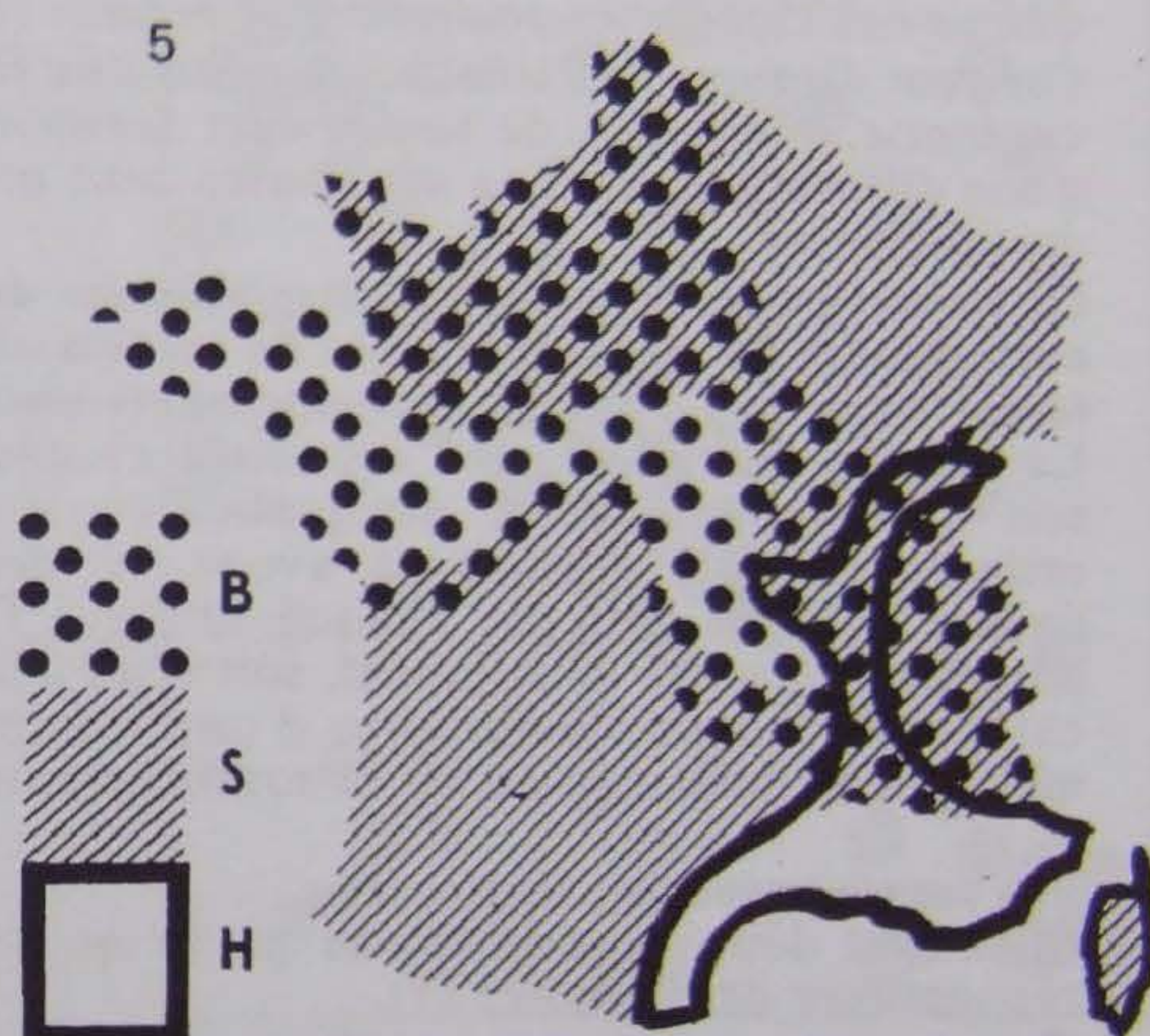
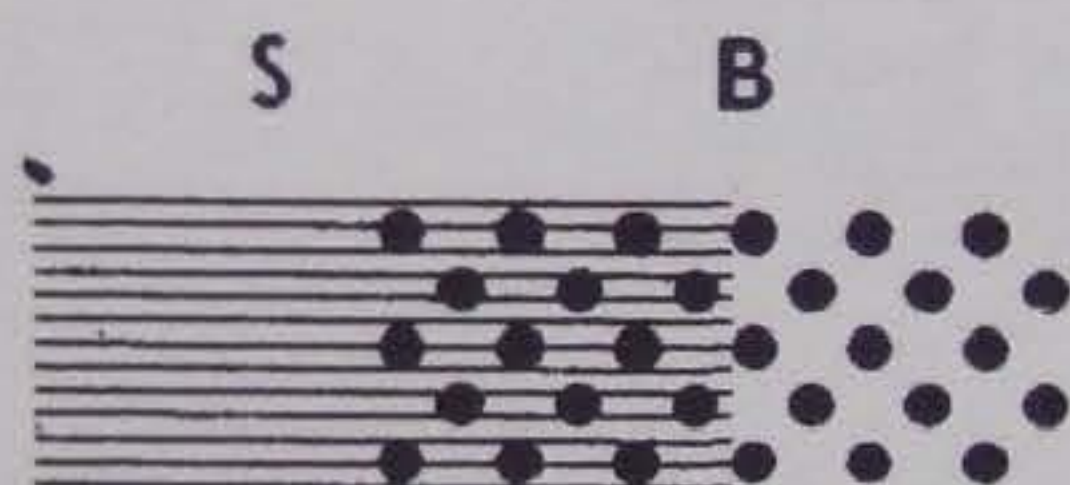
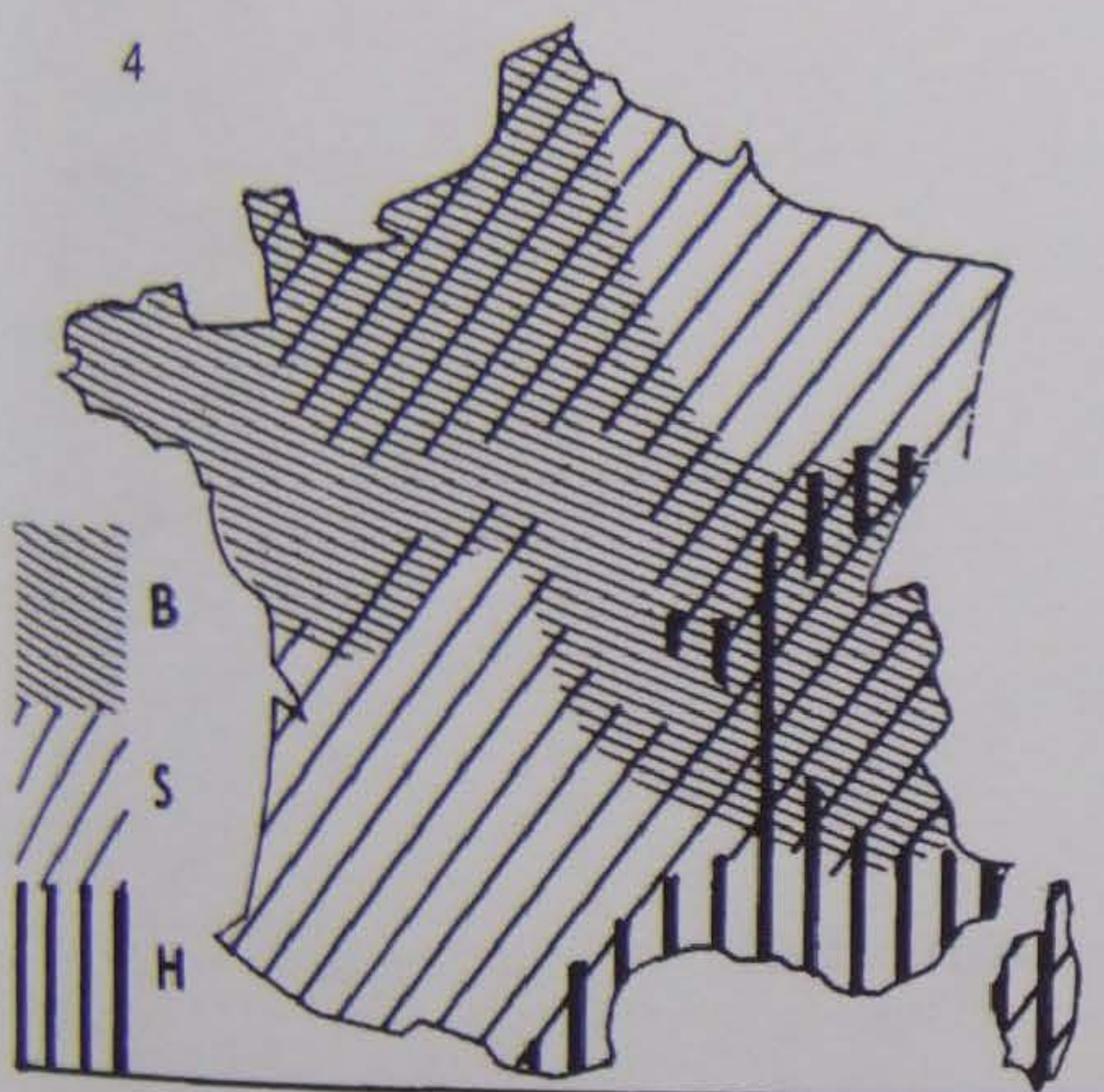
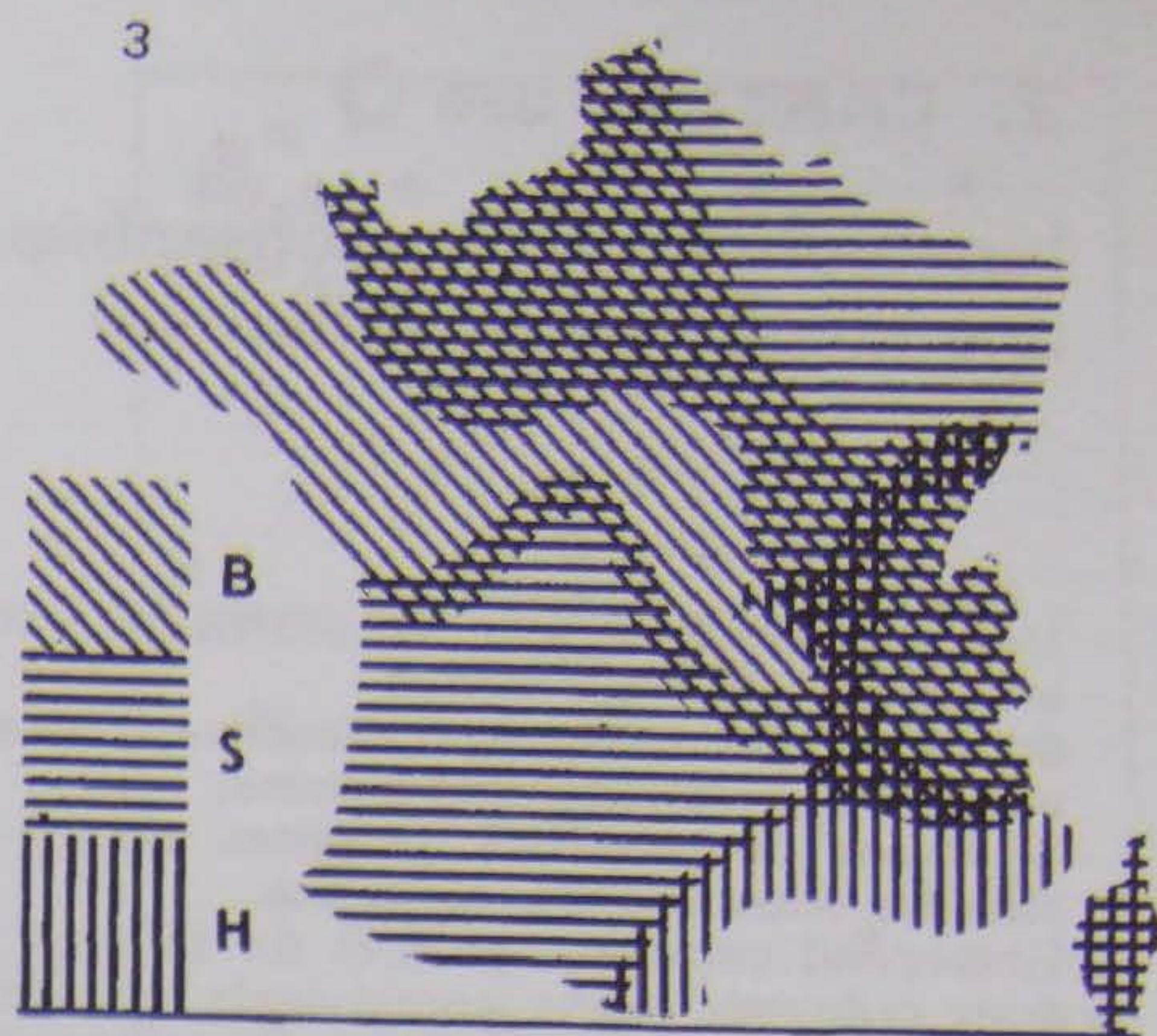
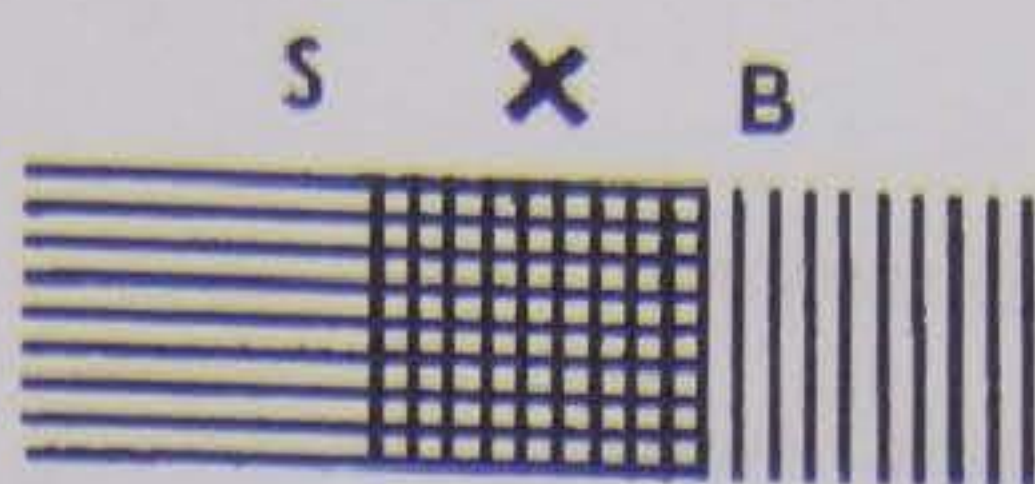
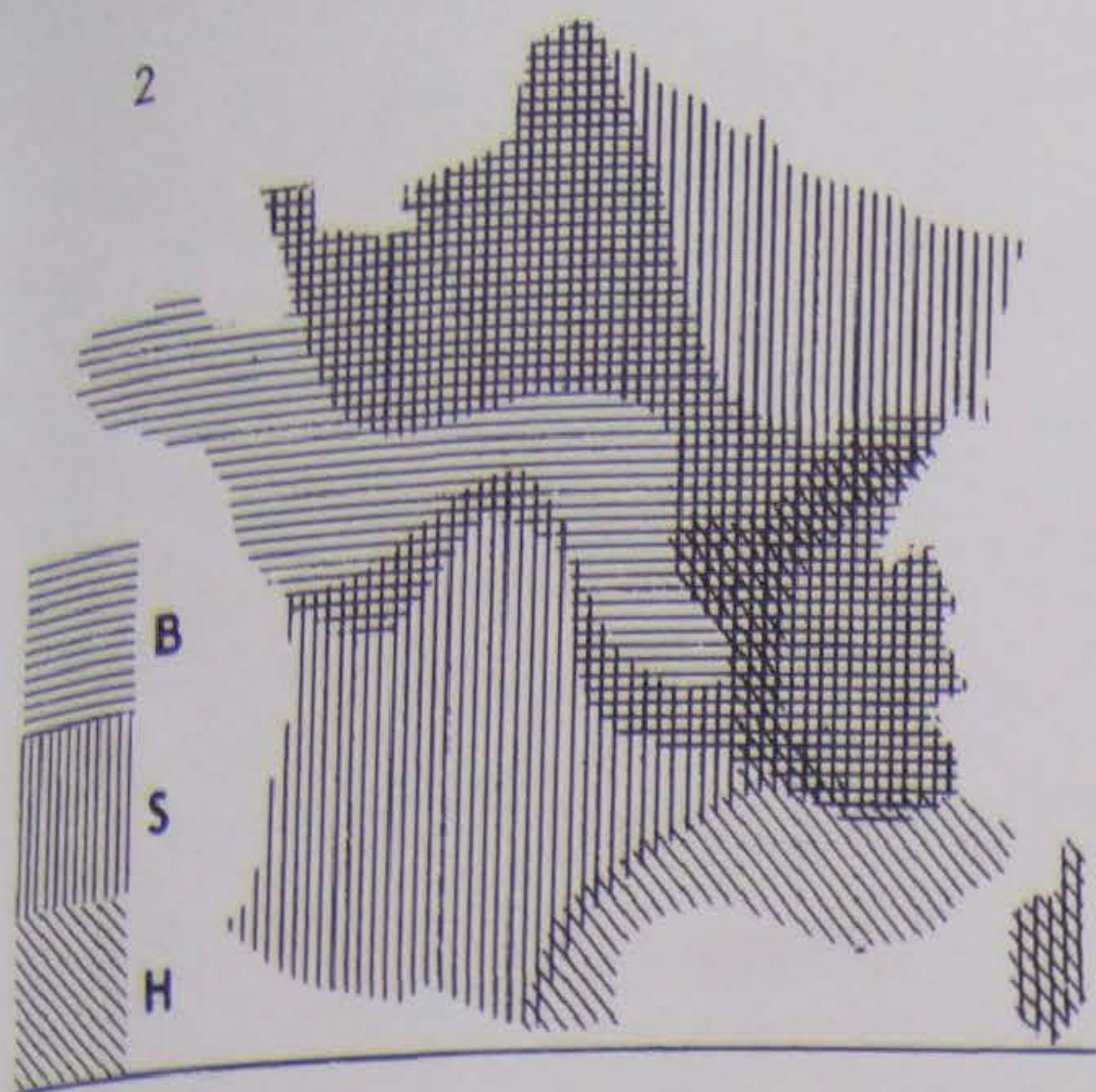
Les bandes sont susceptibles d'évoquer une proportion variable des deux catégories superposées (7). La largeur unitaire des bandes est relativement constante et s'établit autour de 3 mm car des bandes trop larges suggèrent des zones homogènes dans chaque couleur, et des bandes trop étroites posent à la fois des difficultés de réalisation technique et des difficultés d'identification visuelle (diffusion des taches).

La lettre en disposition géographique est quelque fois spectaculaire et évite la légende tout en informant d'une distribution générale, des équivalences verbales et en évoquant le dégradé de la nature (8). Mais elle n'est utilisable que lorsque le plan se partage dans une distribution extrêmement simple.

STRUCTURE DE L'EUROPE EN 1848









## 2. CARTES GEO O

(une composante géographique  
une composante ordonnée)

Une composante est **ORDONNÉE**, et seulement ordonnée :

1°) Quand ses catégories s'inscrivent dans une suite unique et universellement admise ;

2°) Quand on considère, à priori, qu'il y a la même distance entre chaque catégorie.

Ce second caractère permet de séparer une composante ordonnée d'une composante quantitative.

Une composante est *quantitative* lorsqu'elle témoigne à la fois de l'ordre et de la variation de distance quantitative entre ses catégories.

Cependant chacun a la liberté de considérer une série de mesures ou de dénombrements comme le moyen de définir des catégories *seulement différentes et ordonnées*.

On peut dire que les très faibles densités forment une catégorie, que celles de tant à tant forment une catégorie différente, etc. Les catégories sont alors a priori équidistantes.

La transcription graphique doit s'efforcer de conserver cette égalité de distance, ou si l'on préfère elle doit s'efforcer de ne pas créer de regroupements visuels à priori. La plupart des problèmes ordonnés résultent en fait, soit de composantes  $\neq$  auxquelles on a attribué un ordre significatif et nous en avons vu des exemples dans le chapitre Geo  $\neq$ , chaque fois que l'on pouvait admettre un ordre sous-jacent, soit d'un découpage en catégories ordonnées déduites d'une interprétation de mesures, de datations ou de dénombrements.

### Les représentations ordonnées.

Elles sont déduites du tableau p. 96 qu'il faut savoir reconstituer de mémoire (1).

- O Les représentations ordonnées reposent sur les variations de taille, de valeur et de grain.
- $\neq$  O La majorité des problèmes admet une *visibilité variable* et peut être représentée par T ou V.
- $\equiv$  O Quelques problèmes requièrent une *visibilité constante* (associativité). Ils n'admettent donc que le grain, et il sera toujours très court (3 ou 4 paliers).
- $\neq$  O La majorité des problèmes requiert aussi la *perception sélective*. T, V et G seront combinés avec les autres variables, et le nombre des paliers sera réduit.

	T	$\neq$	$\neq$	O	Q
	V	$\neq$	$\neq$	O	
	G	$\equiv$	$\neq$	O	
1	C	$\equiv$	$\neq$		
	OR	$\equiv$	$\neq$		
	F	$\equiv$			

## GEO O ponctuel

### Séries ponctuelles ordonnées

La figure (2) donne des séries ordonnées et sélectives faciles à construire. Les séries de gauche, basées sur la valeur, excluent la taille qui évoque toujours une certaine proportionnalité. La série associative de grain peut donner lieu à la perception de la somme des points, tous signes confondus : l'image (4) ressemble à (3) et non à (5), cependant on peut voir aussi un ordre dans les catégories de points (4).

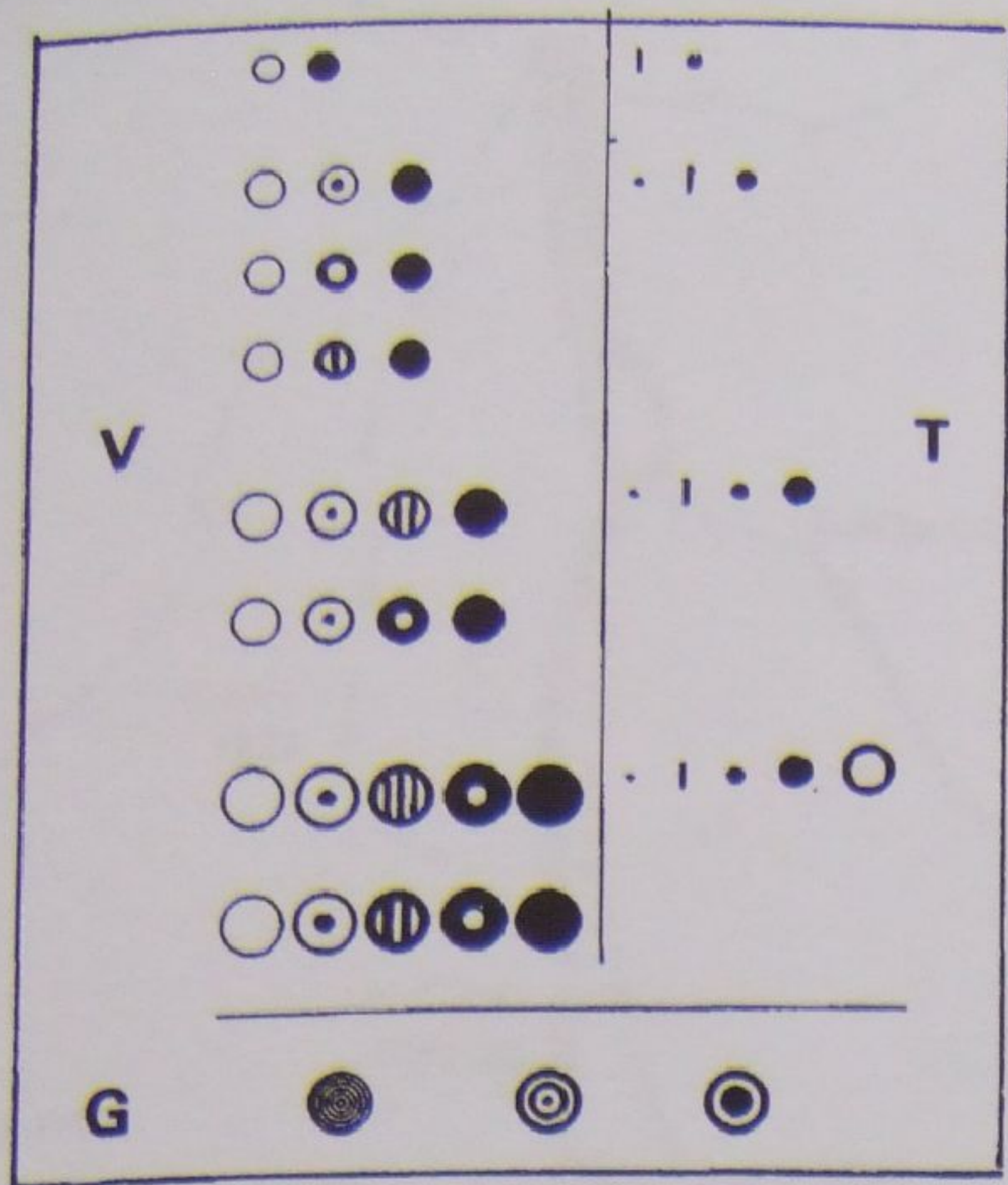
### Points très petits.

C'est un problème courant. La solution est la variation de taille avec, pour les plus petits, la combinaison point-trait. Exemple - Épicentres des séismes dans l'Atlantique Nord 1919-1956 d'après C.H. ELMENDORF et B.C. HEEZEN, Bell System Technical Journal, Vol. XXXVI (6).

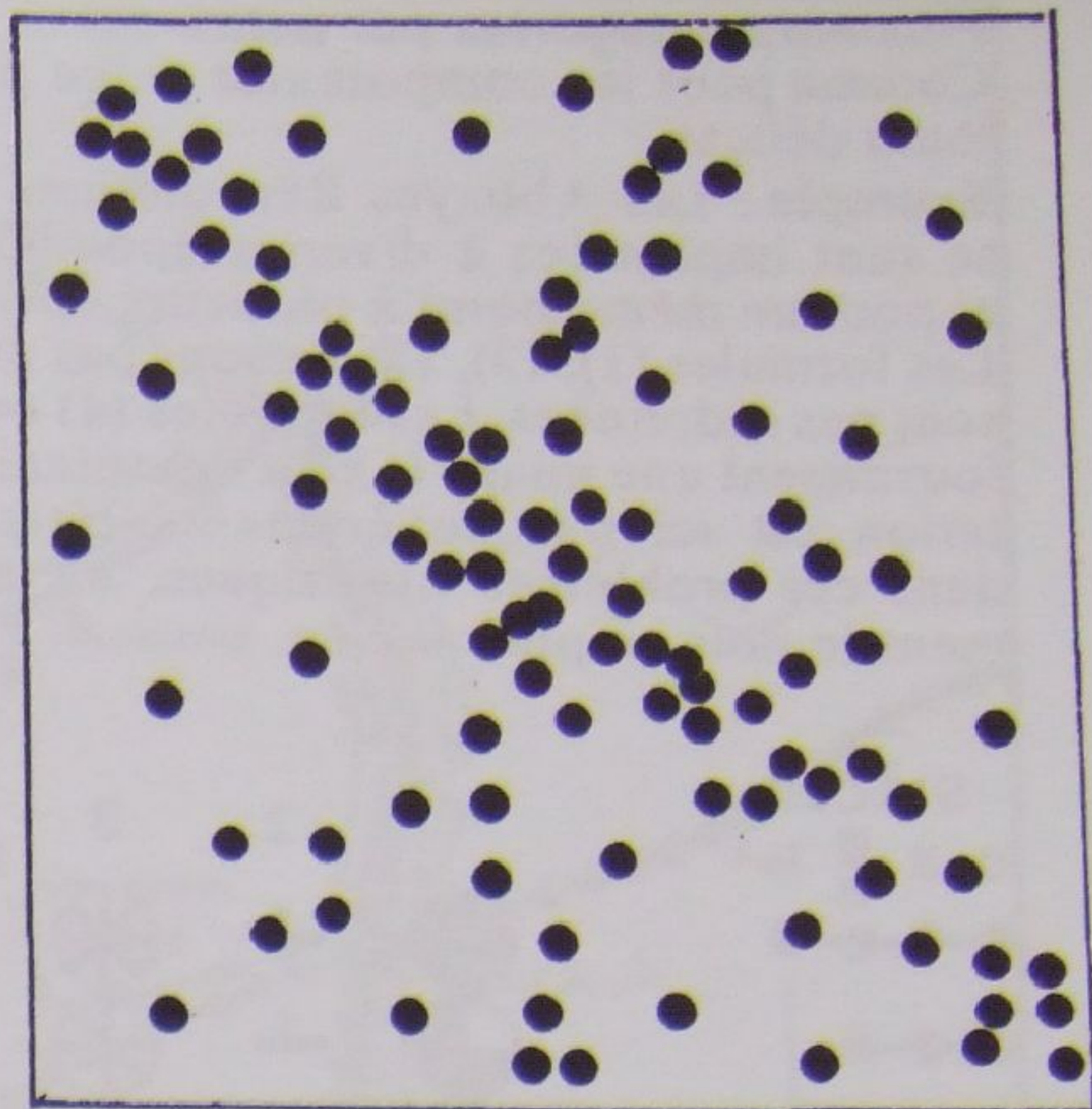
C'est une interprétation ordonnée d'une information quantitative.

On remarquera que cette solution graphique est d'un dessin facile et qu'elle est efficace même dans un dessin fait à "main levée". Noter qu'à de telles dimensions de signes la plus grande catégorie reste à sa place, bien qu'elle ne corresponde pas à une quantité de noir supérieure à la précédente.

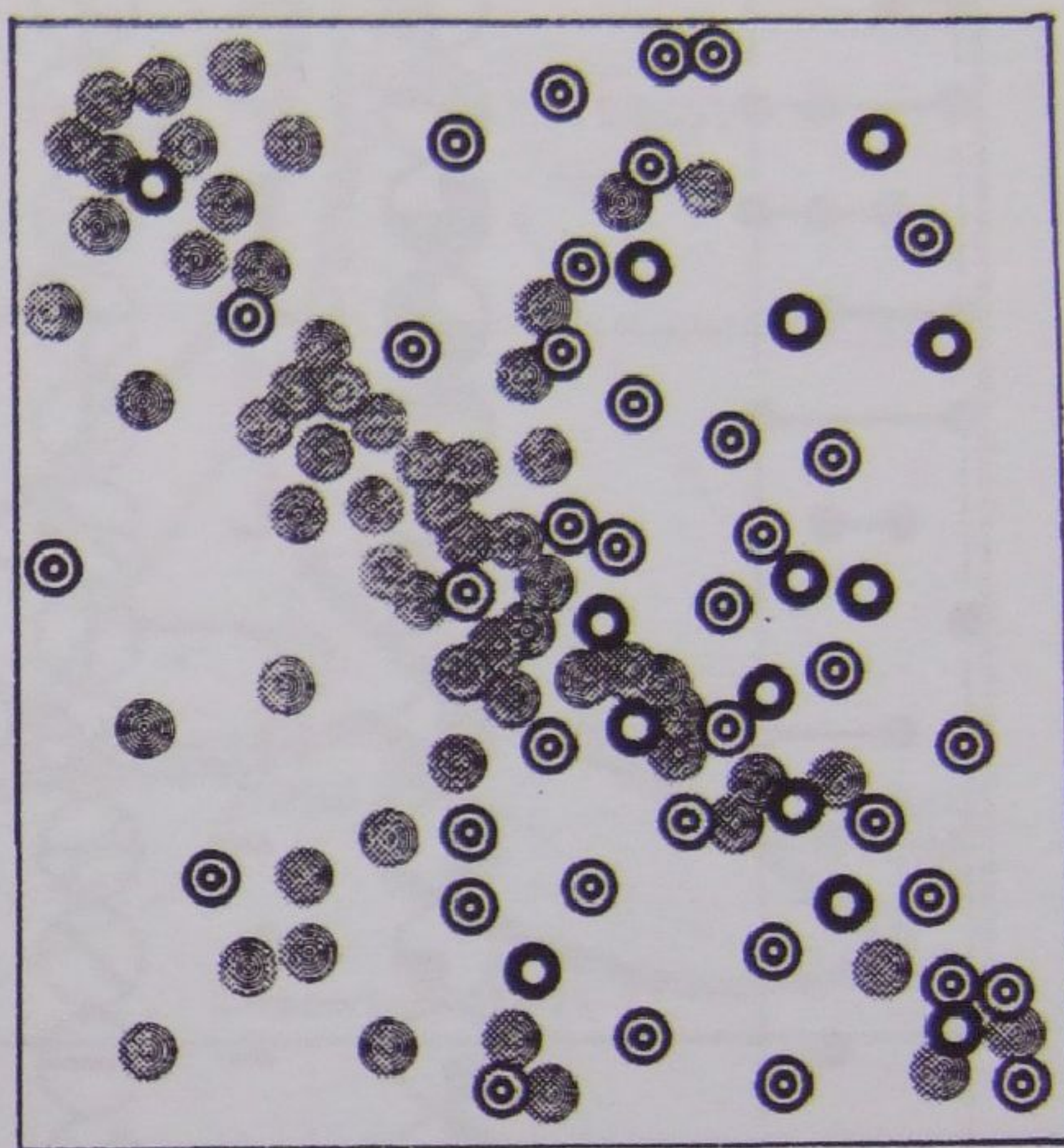




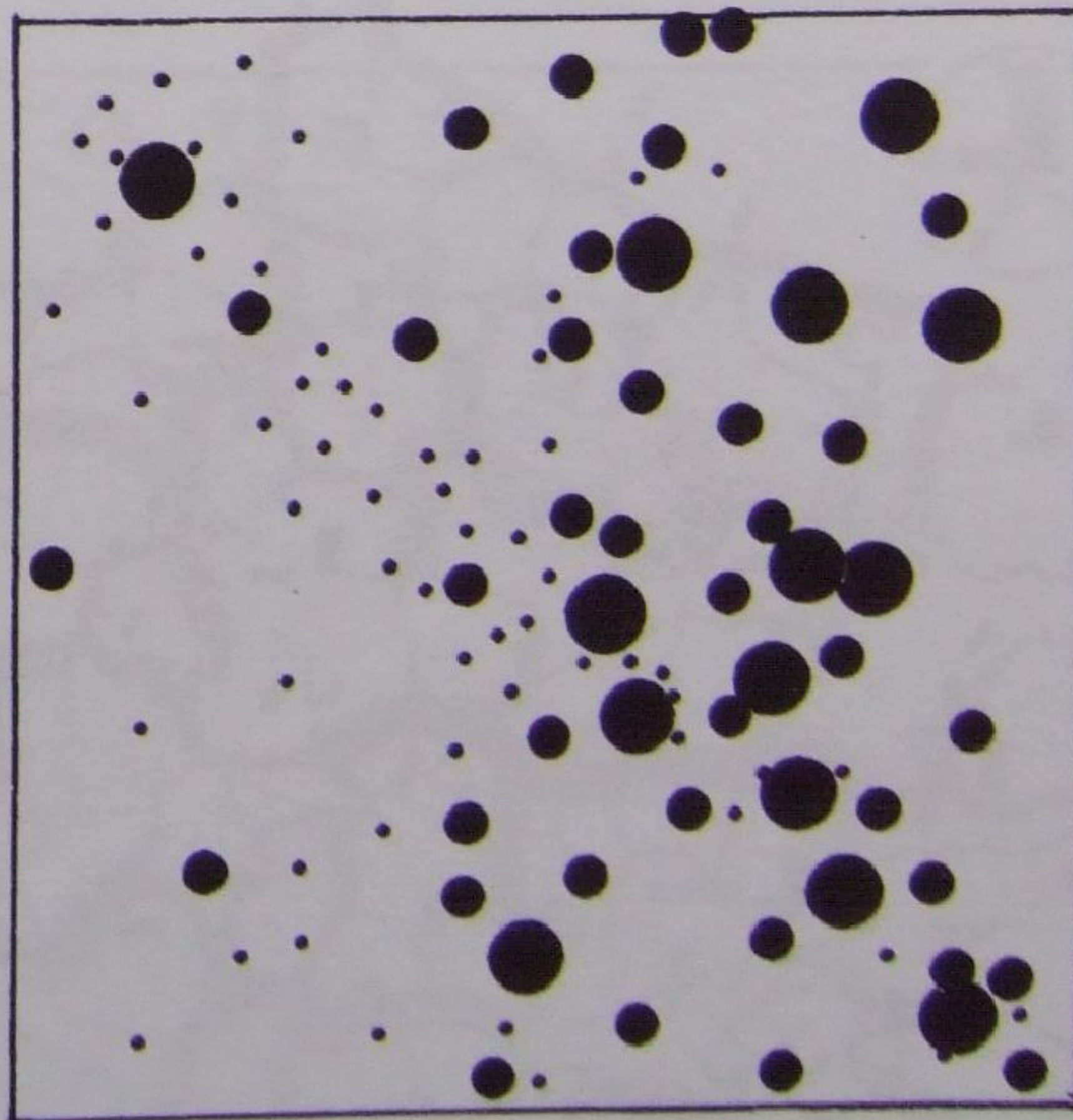
2



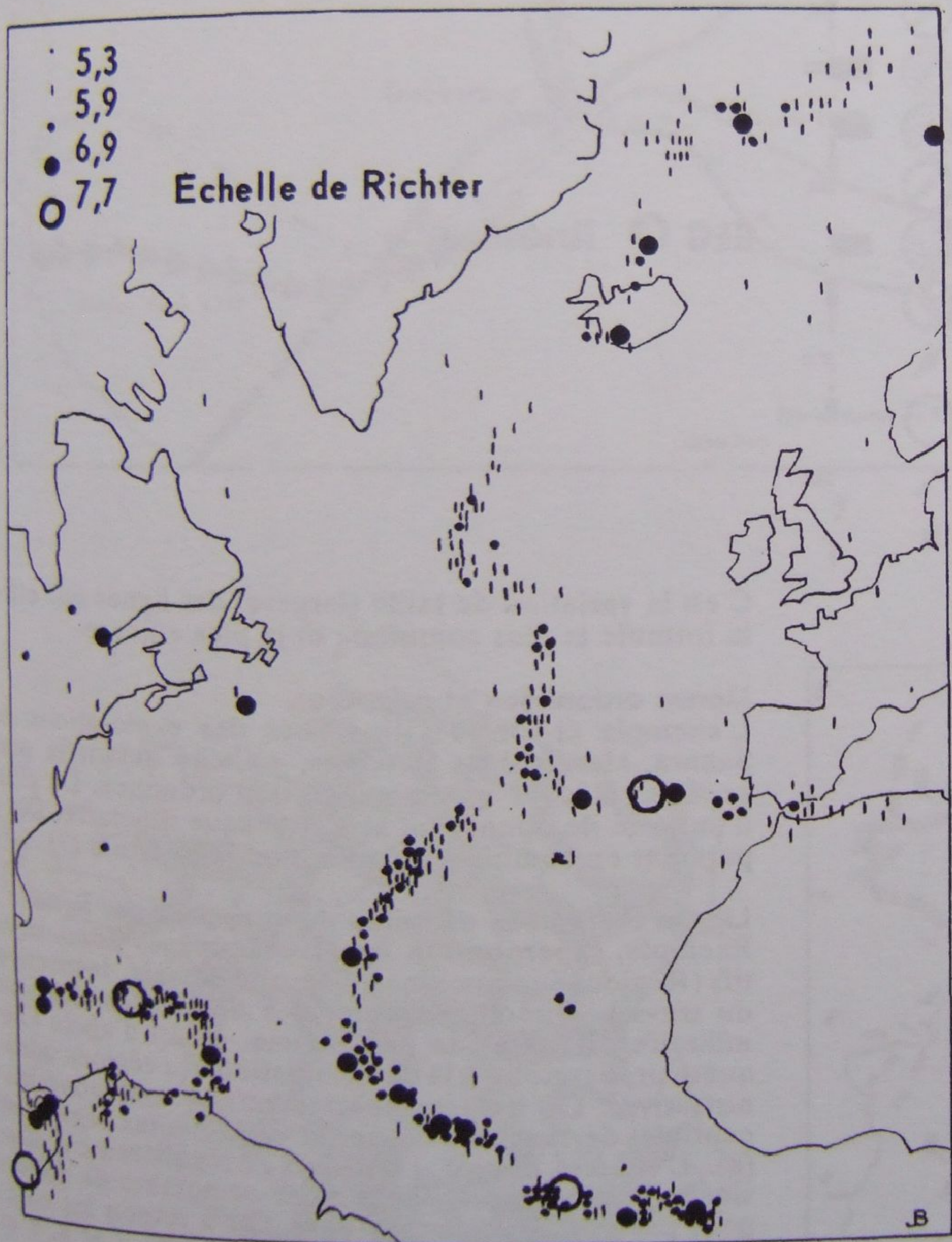
3



4



5



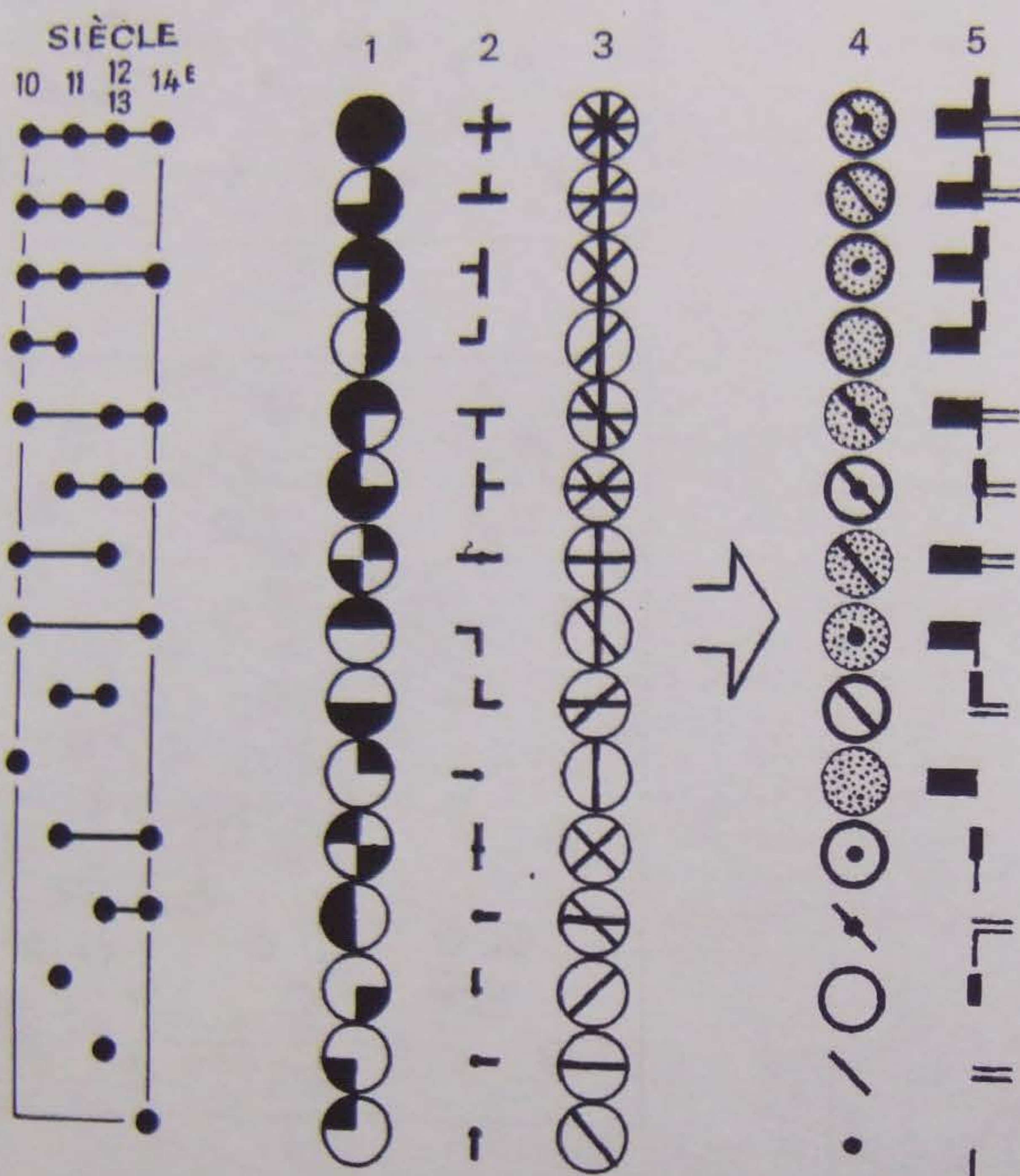
6 Epicentres des Séismes enregistrés dans l'Atlantique Nord, de 1919 à 1956



### Plusieurs catégories par point.

Comme pour les composantes  $\neq$ , ce problème est toujours délicat.

**Exemple :** Les Abbayes Bénédictines de Reims. Elles se sont implantées à diverses époques dans la région, et pour un même point à plusieurs époques successives. Les formules (1), (2), (3) ne sont pas efficaces. Elles ne sont pas ordonnées. Les formules (4) ou (5), ordonnées, fournissent une image (6). La combinaison avec l'orientation est ici particulièrement sélective. Remarque : dans ces problèmes historiques, on affecte généralement le noir au plus ancien.



GEO O linéaire

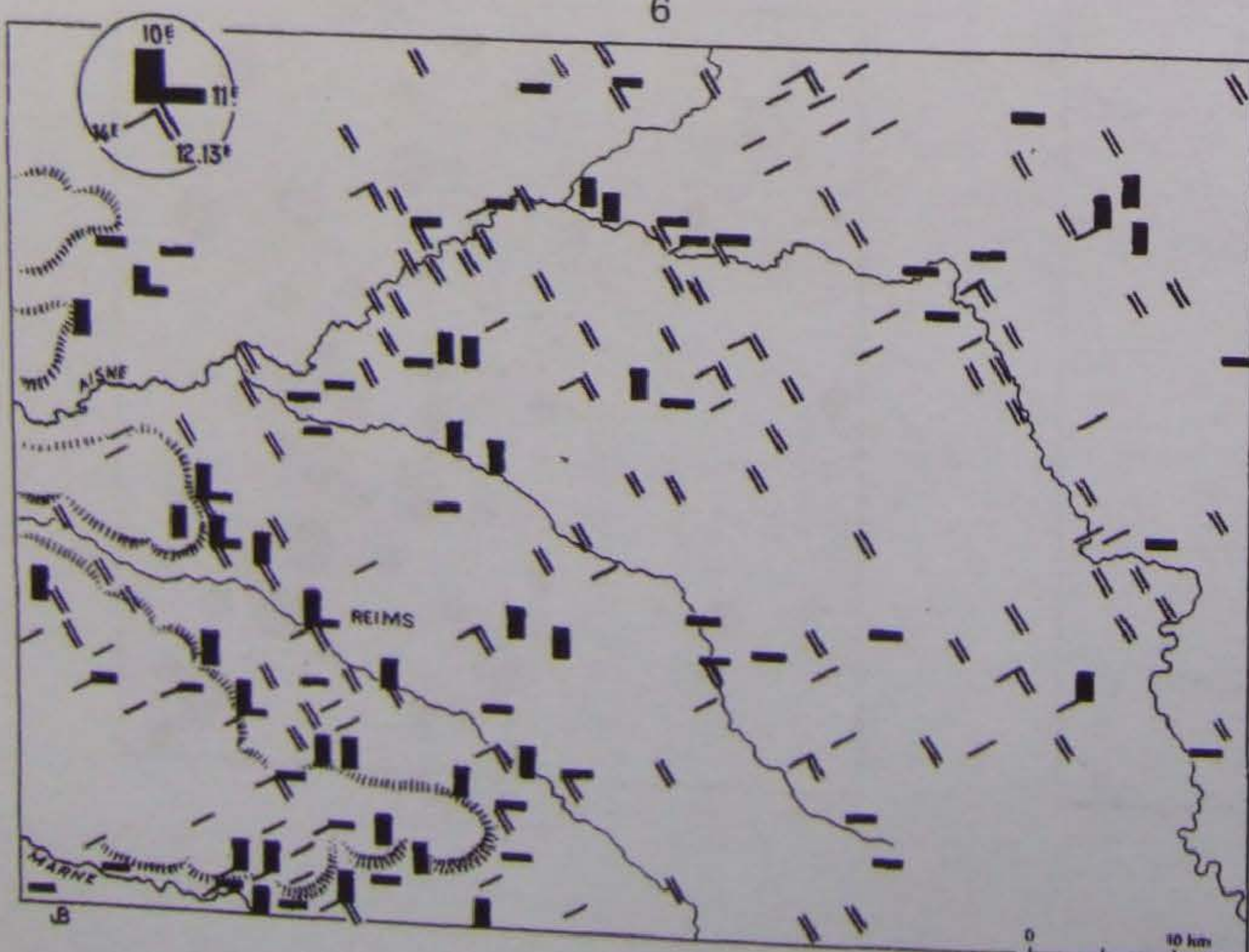
C'est la variation de taille (largeur) des lignes qui offre la formule la plus commode et la plus efficace.

### Lignes ordonnées et orientées.

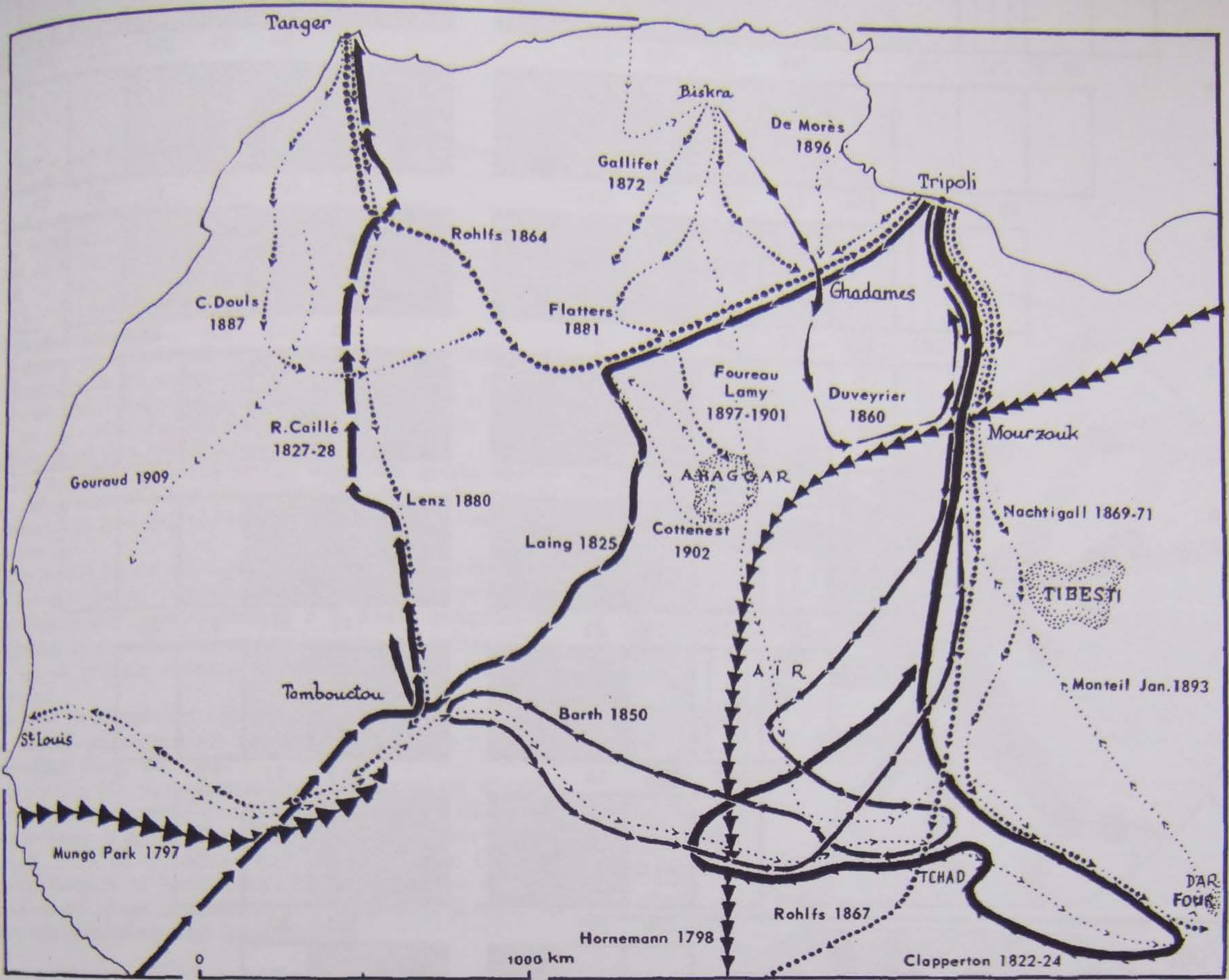
L'exemple ci-contre : itinéraires des explorations du Sahara, classés dans le temps, sollicite autant la perception sélective que la perception ordonnée. De plus, il importe de donner un sens à chaque itinéraire. On y parvient en combinant Taille, Forme et Grain (7).

### Lignes ordonnées déduites de quantités par ligne.

Exemple, superposition de 11 découpages administratifs (Régions économiques, Sécurité Sociale, Inspection du travail, Directions régionales des Postes, Régions militaires, Régions de programme, etc...) d'après l'enquête préparatoire à la détermination des régions administratives. Les limites départementales sont donc susceptibles de recevoir de une à onze limites régionales (8). L'œil est devant 11 paliers, irrégulièrement dessinés. Il est nécessaire de réduire ce nombre de paliers pour parvenir à une image utile. On a retenu les catégories ordonnées suivantes : 1 et 2, 3 à 6, 7 et 8, 9 et plus (9). Elles préfigurent l'essentiel des régions qui ont été retenues.

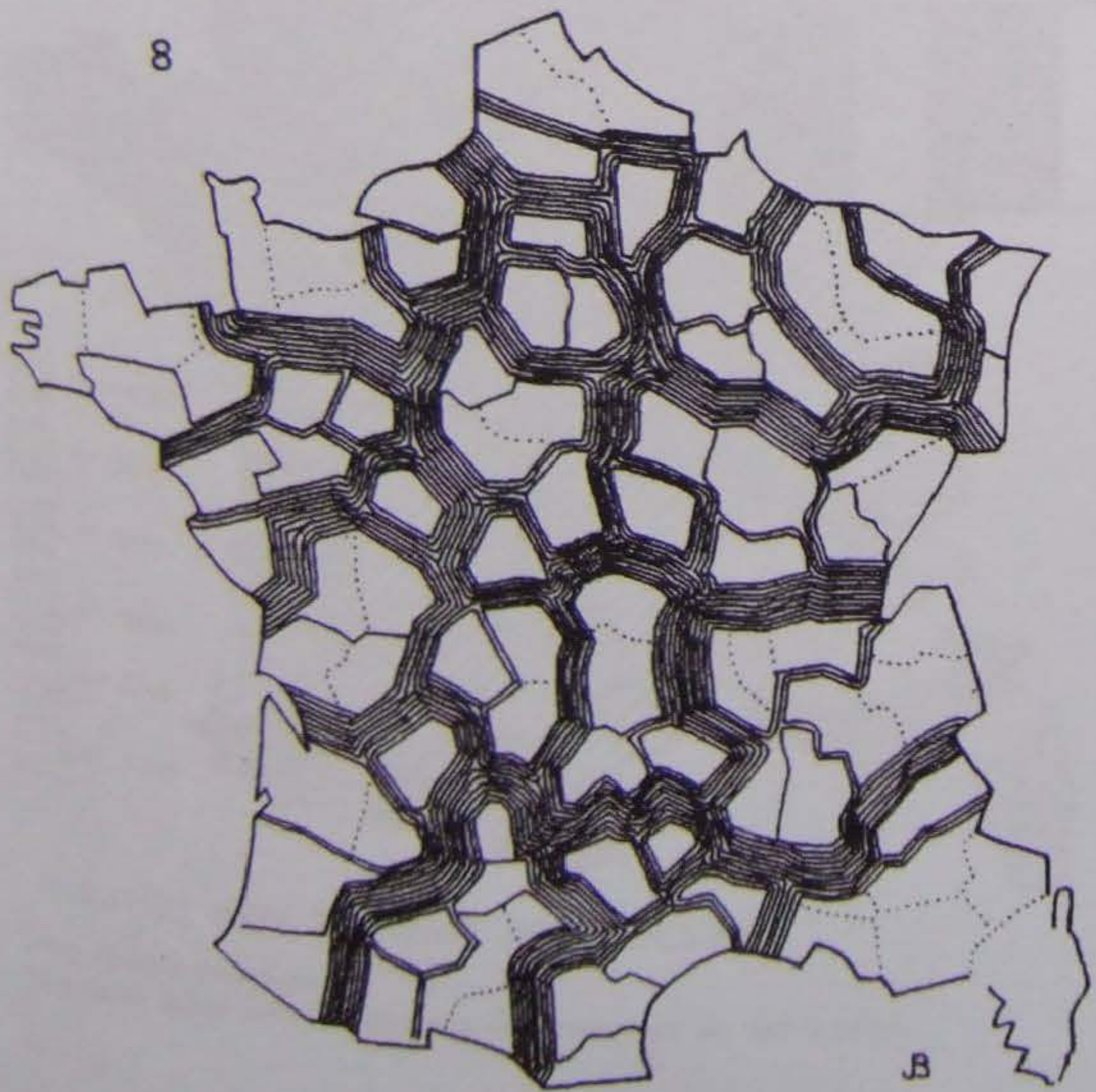




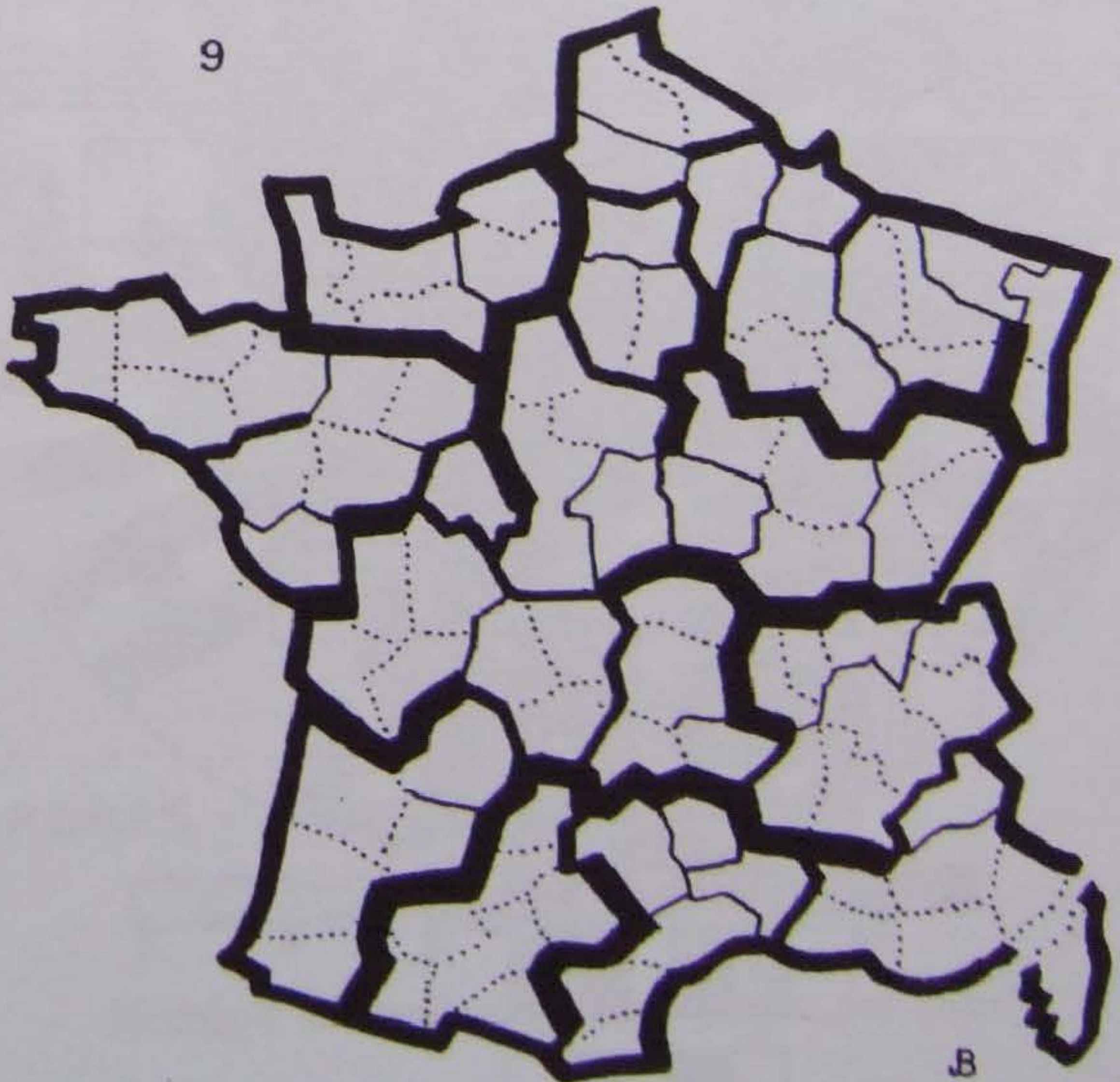


7

8



9





9

8

7

6

5

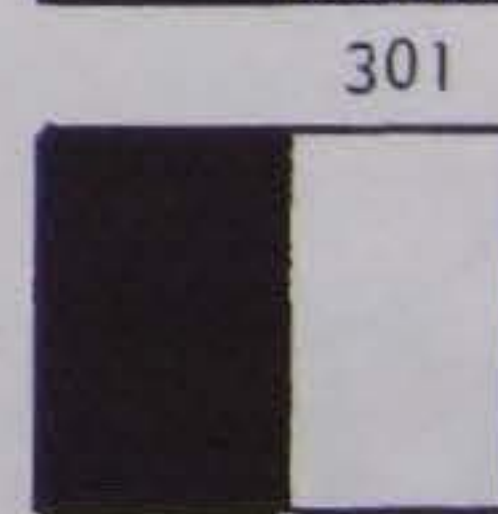
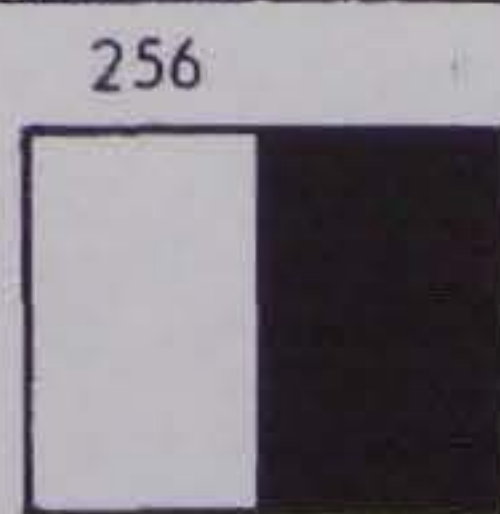
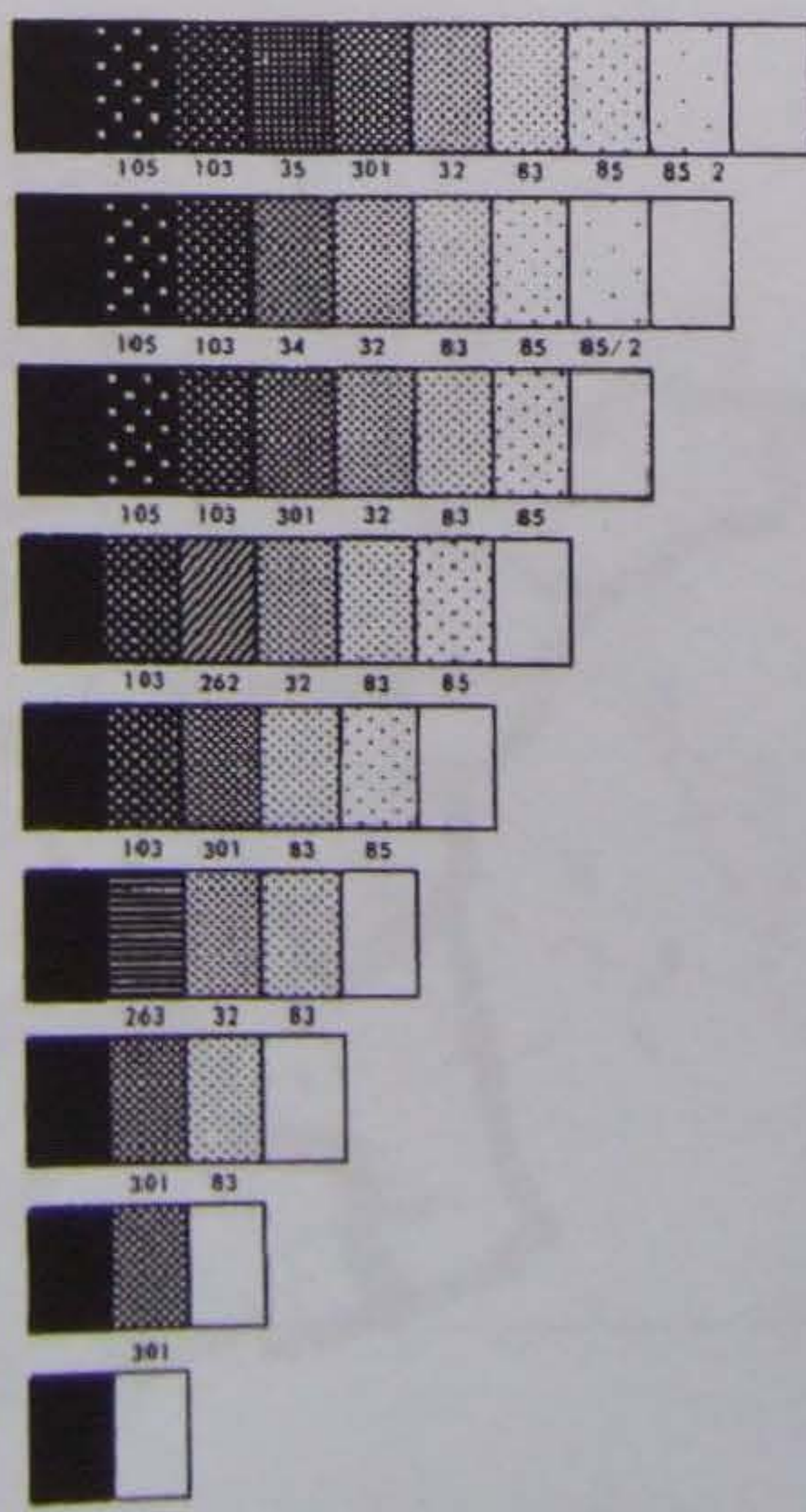
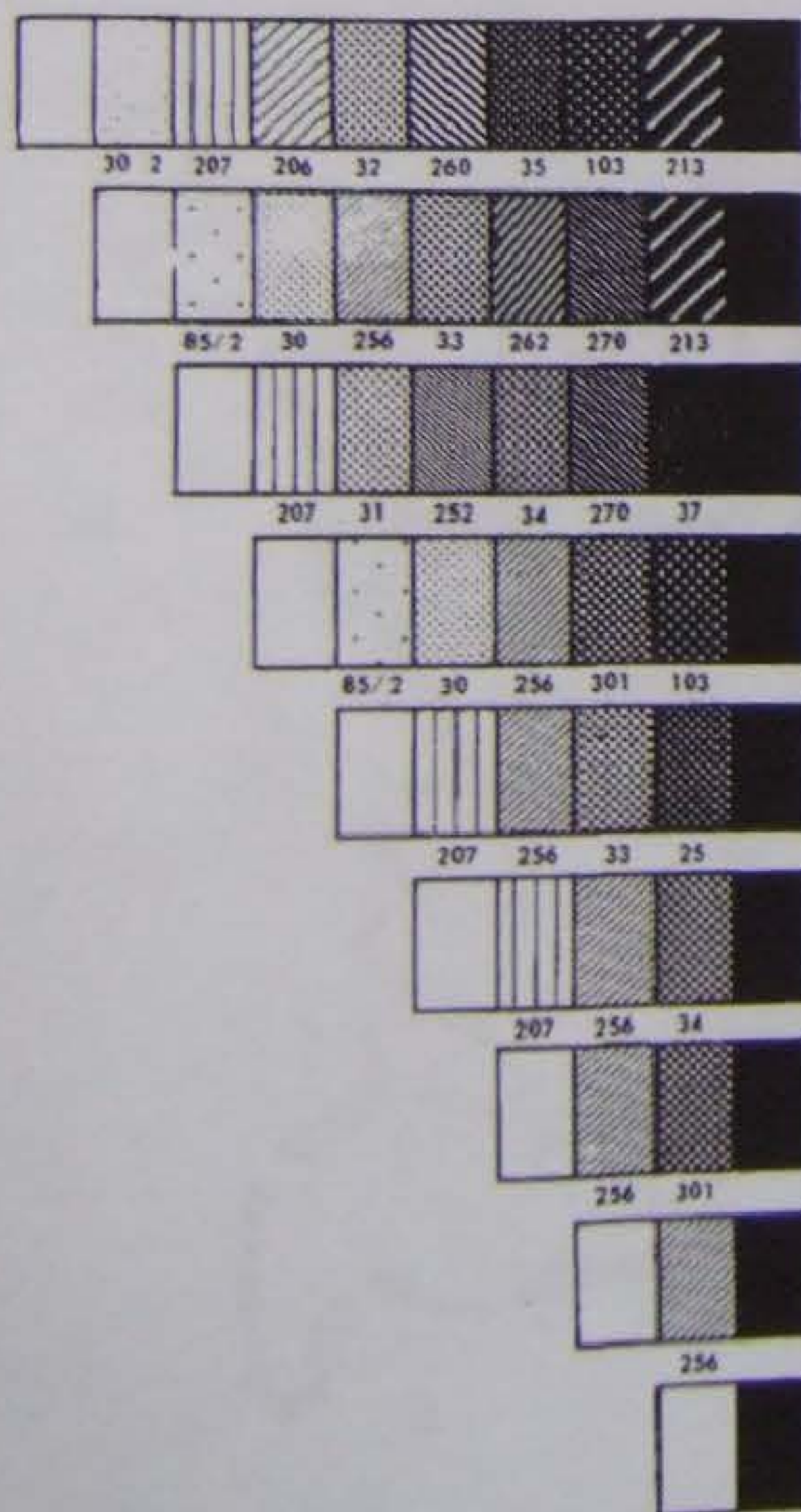
4

3

2

Reduction 1 2

Poliers





C'est la variation de valeur, obtenue par des grisés, qui fournit la base de toutes les formules.

## Ordre et sélectivité.

La redondance avec grain, forme et orientation, favorise la sélectivité. L'exemple p. 332 montre, une fois l'ordre défini, comment construire une légende à la fois ordonnée et sélective.

## Sélectivité inutile.

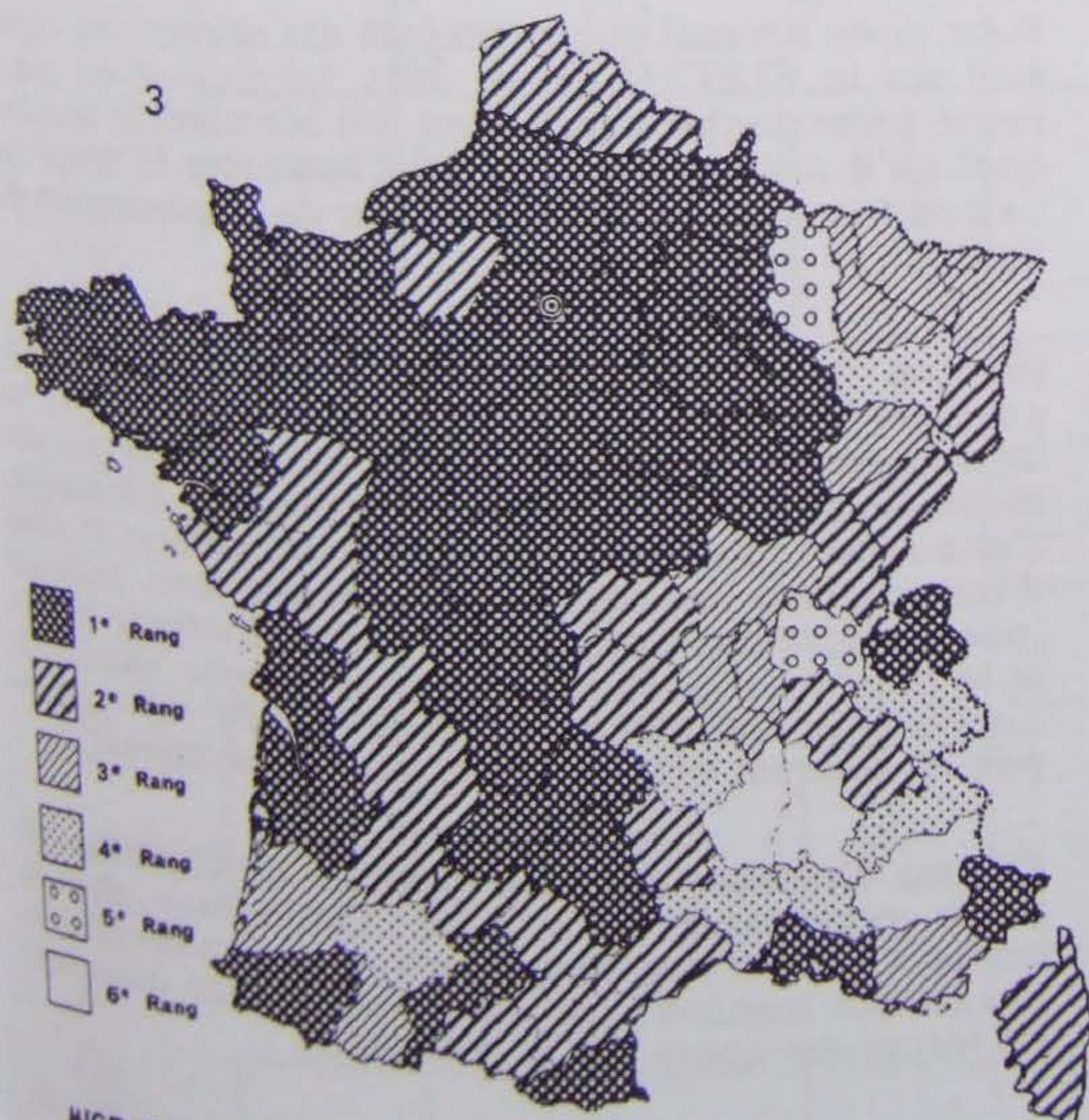
Lorsque la sélectivité est pratiquement inutile, les combinaisons de grisés sont liées surtout aux problèmes de réduction photographique. Des grisés trop fins ne se réduisent pas, et dans la documentation microfilmée, sont très mal restitués.

Voici quelques séries formées avec les grisés mécaniques disponibles (1). On évitera les séries de gauche chaque fois que des réductions importantes sont envisagées (2).

La carte (3) est un exemple typique de série ordonnée. L'information ne fournit que des nombres ordinaux. On notera que, contrairement à la règle générale de lisibilité, le noir ne fournit pas le premier palier. C'est qu'ici sa grande extension aurait allourdi par trop l'image.

La série des grisés est sélective bien que l'information ne suscite pratiquement pas de question du type "le troisième rang, où est-il?"

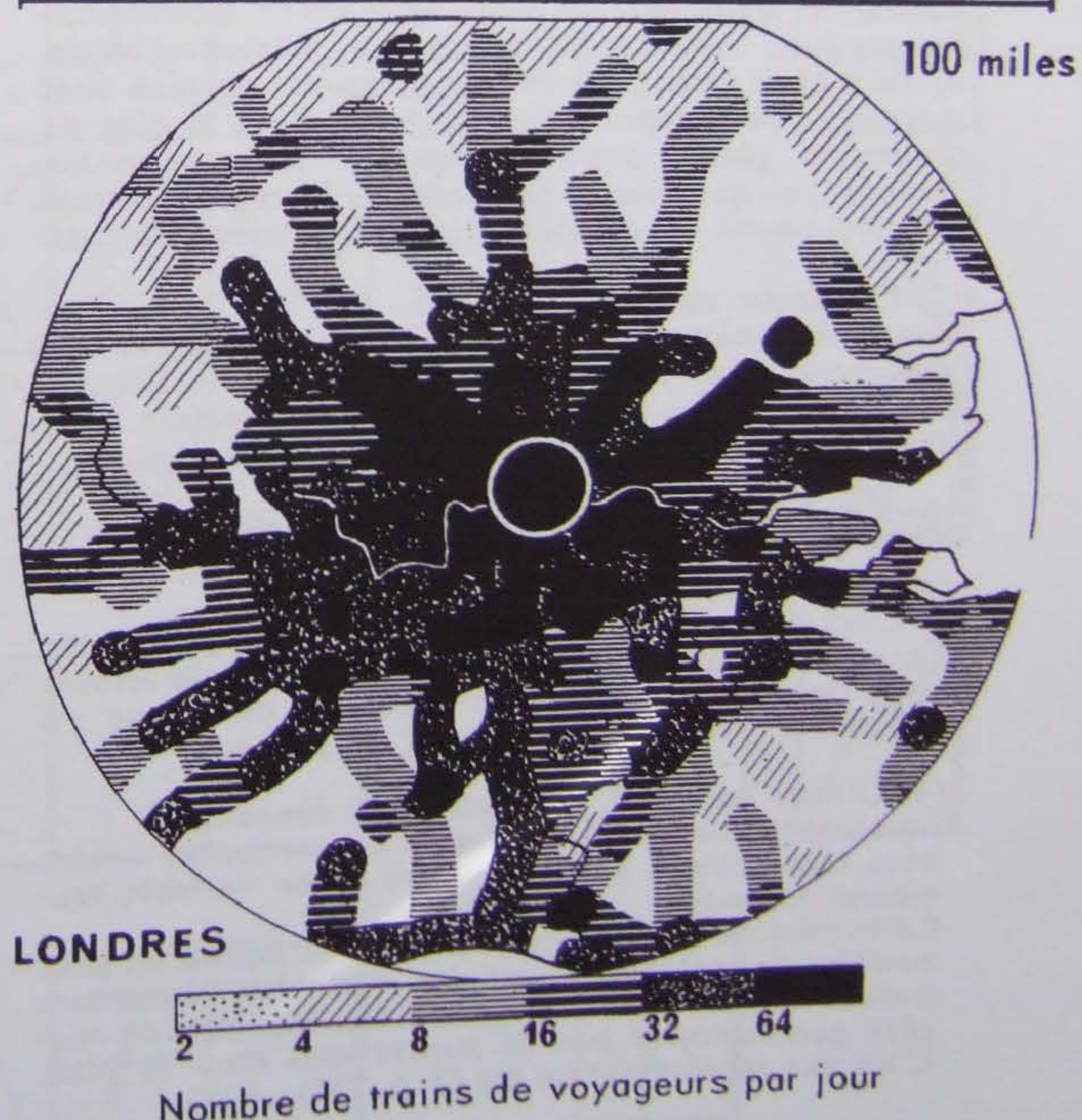
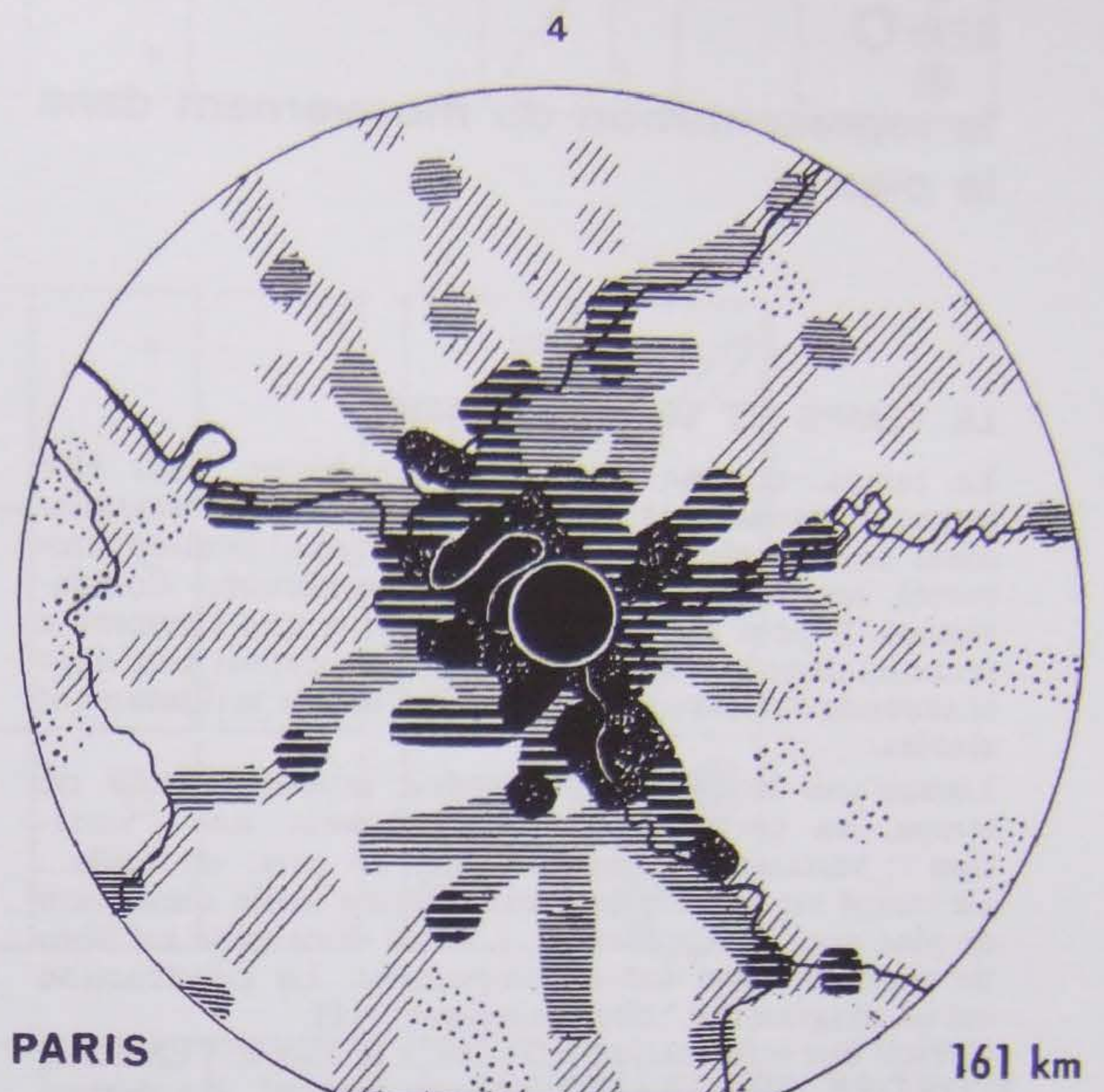
Les cartes (4) par contre sont un exemple d'interprétation ordonnée d'une série quantitative. Elles sont reproduites d'après The Geographical Review, vol. XLIX, 1959, pl. II, éditée par The American Geographical Society of New York. La comparaison de l'extension de zones semblables (en quantité) justifie ici une interprétation non quantitative.



MIGRATION VERS LA SEINE (1962) I.N.S.E.E.

Dans chaque département

rang de la Seine dans l'ordre des départements de destination





## GEO O

### la représentation du mouvement dans le plan

#### LE TEMPS ET LE MOUVEMENT

Le temps, comme l'ordre géographique, peut être introduit dans toute analyse. Composante naturellement ordonnée, c'est un concept d'identification universel, sur lequel se fondent d'innombrables comparaisons. Il peut être quantitatif depuis que l'homme a reconnu dans le jour, dans l'année et depuis peu dans la seconde atomique, la présence d'unités suffisamment stables.

Lorsqu'une information introduit la composante de temps, les correspondances traduisent une "variation": variation de température, de prix, de taille... Le temps est linéaire et il suffit d'une seule dimension de plan pour le représenter. L'autre dimension est libre de supporter une autre composante. La construction est un diagramme "chronologique" (1).

Lorsqu'une information introduit à la fois le TEMPS et l'ORDRE GÉOGRAPHIQUE ou spatial, les correspondances traduisent un MOUVEMENT: mouvement du pendule, mouvement migratoire, démographique, social... Mais quand les deux dimensions du plan sont mobilisées pour représenter l'espace, il n'y a plus de dimension plane pour représenter la composante "temps", ce qui pose le problème de la représentation du mouvement en cartographie. Il y a trois solutions.

#### (2) Construire une série d'images.

Comme le cinéma, cette formule peut s'appliquer aux mouvements les plus complexes. Mais ici le nombre des images est limité par le processus de lecture. Une longue série suggère difficilement une animation.

#### (3) Représenter la trace et le sens d'un mobile.

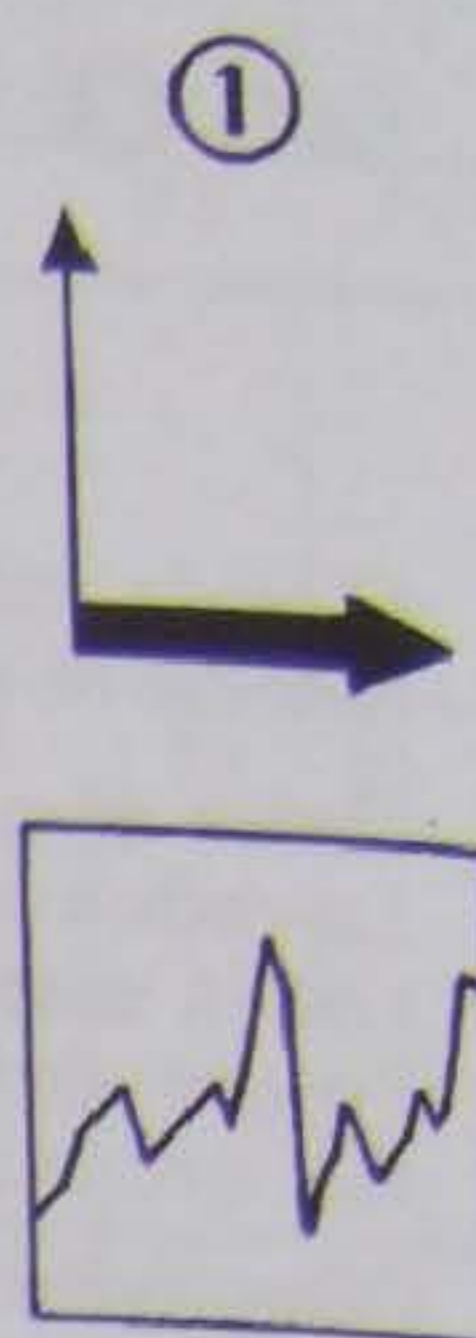
Cette solution peut suggérer un mouvement continu dans le plan, une ANIMATION.

Elle est liée au mobile qui peut être un point, une ligne ou une zone et à la simplicité du mouvement (avec ou sans retour) qui ne peut être perçu que s'il définit une partition élémentaire du plan.

#### (4) Utiliser une variable visuelle de 3<sup>e</sup> dimension.

La composante temps est divisée en catégories ordonnées représentées par les paliers d'une variable rétinienne ordonnée.

Cette solution est liée à la possibilité de définir un petit nombre de catégories car les variables rétinienne ordonnées sont relativement courtes. La figure ne suggère généralement pas de mouvement dans le plan. C'est une représentation GEO O (p. 336).



#### PRINCIPAUX TYPES DE MOUVEMENT

Les mouvements peuvent tracer dans le plan des figures plus ou moins complexes et la construction d'une série d'images permet toujours de les analyser. Mais les autres formules peuvent être plus efficaces pour représenter et animer des mouvements simples.

(5) **Un mouvement continu** (par exemple le déplacement d'un véhicule) trouve sa meilleure expression dans la trace d'un mobile. Cette *trace* correspond à un *changement d'implantation*: le point trace une ligne, la ligne et la zone tracent une zone. Mais celle-ci se recouvre dans les mouvements complexes (retours) et supporte difficilement l'indication d'un sens. En conséquence:

**Seul le point fournit un mobile capable de suggérer un mouvement continu complexe. Il trace une ligne qui devient une FLÈCHE lorsqu'elle est orientée.**

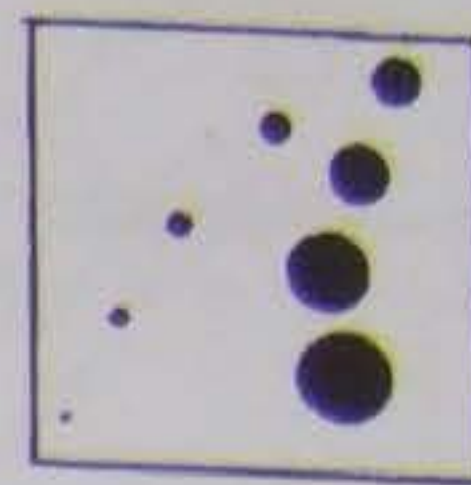
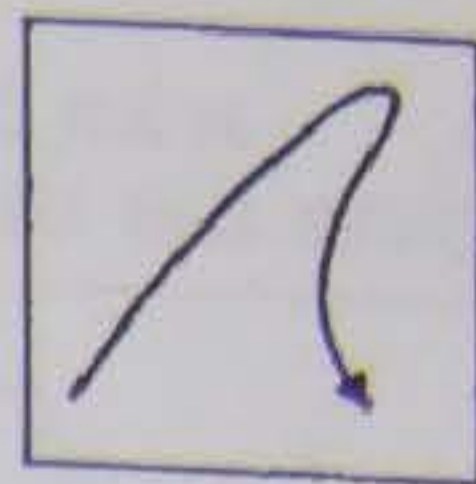
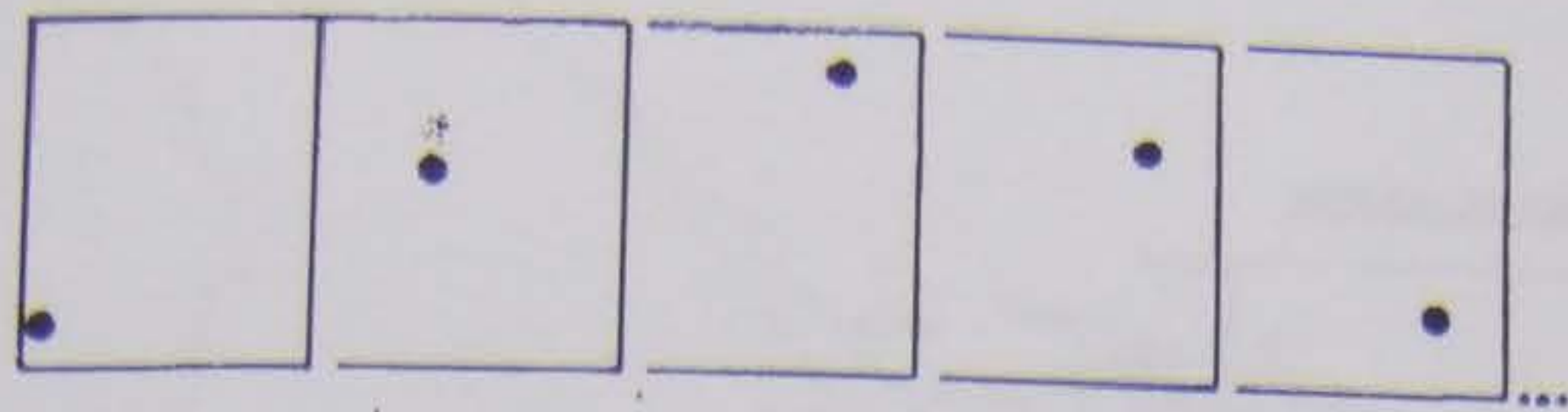
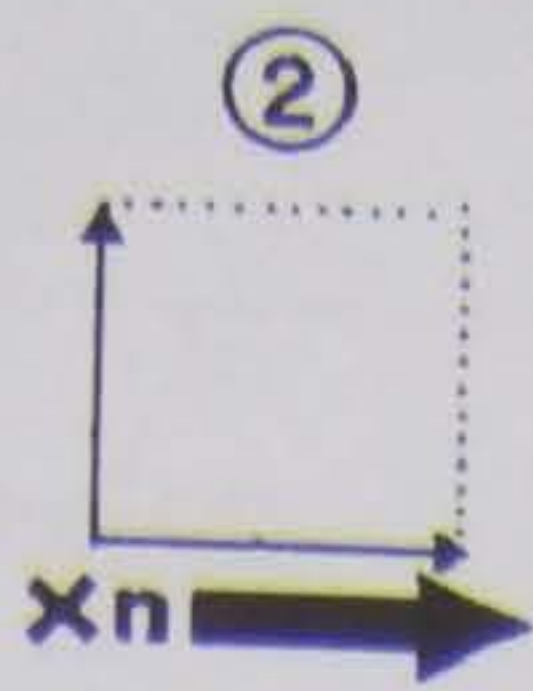
Il est donc normal que la plupart des animations reposent sur la FLÈCHE (v. p. 346). Le lecteur est alors invité à une double abstraction. 1° Identifier le mobile, quel qu'il soit, à un point. 2° Considérer la trace de ce point comme la représentation du déplacement du mobile.

(6) **Une "génération"** de points, lignes, zones (par exemple le déplacement des frontières politiques) est un mouvement discontinu. Il peut être exprimé par une succession de zones, lorsque la répartition est simple. Cette représentation discontinue peut, comme la série d'images, être appliquée à des mouvements continus (par exemple aux progressions marines) lorsque le titre et la nature du phénomène enlèvent toute ambiguïté. La variation rétinienne de taille ou de valeur s'applique, souvent efficacement, aux "générations".

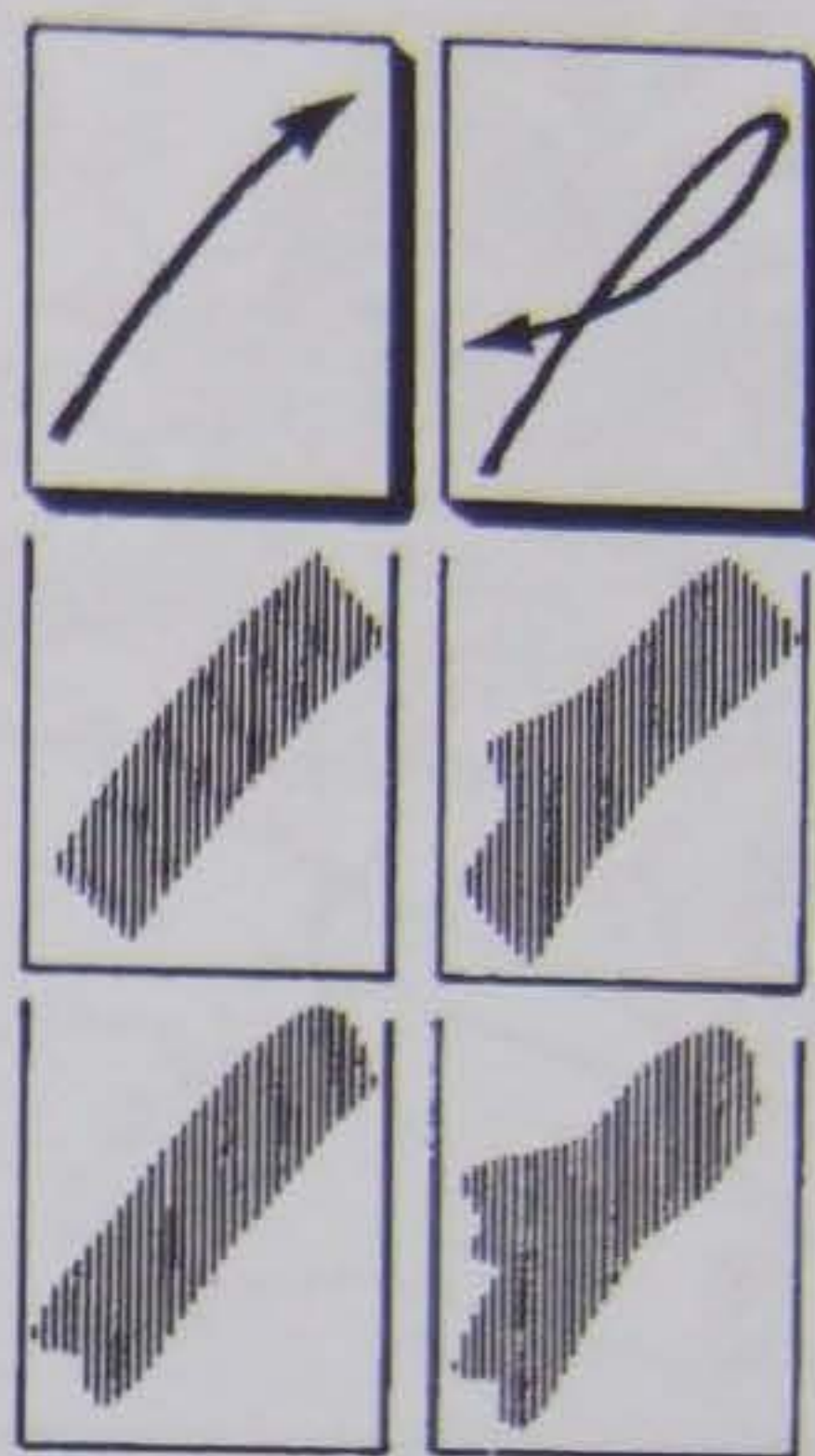
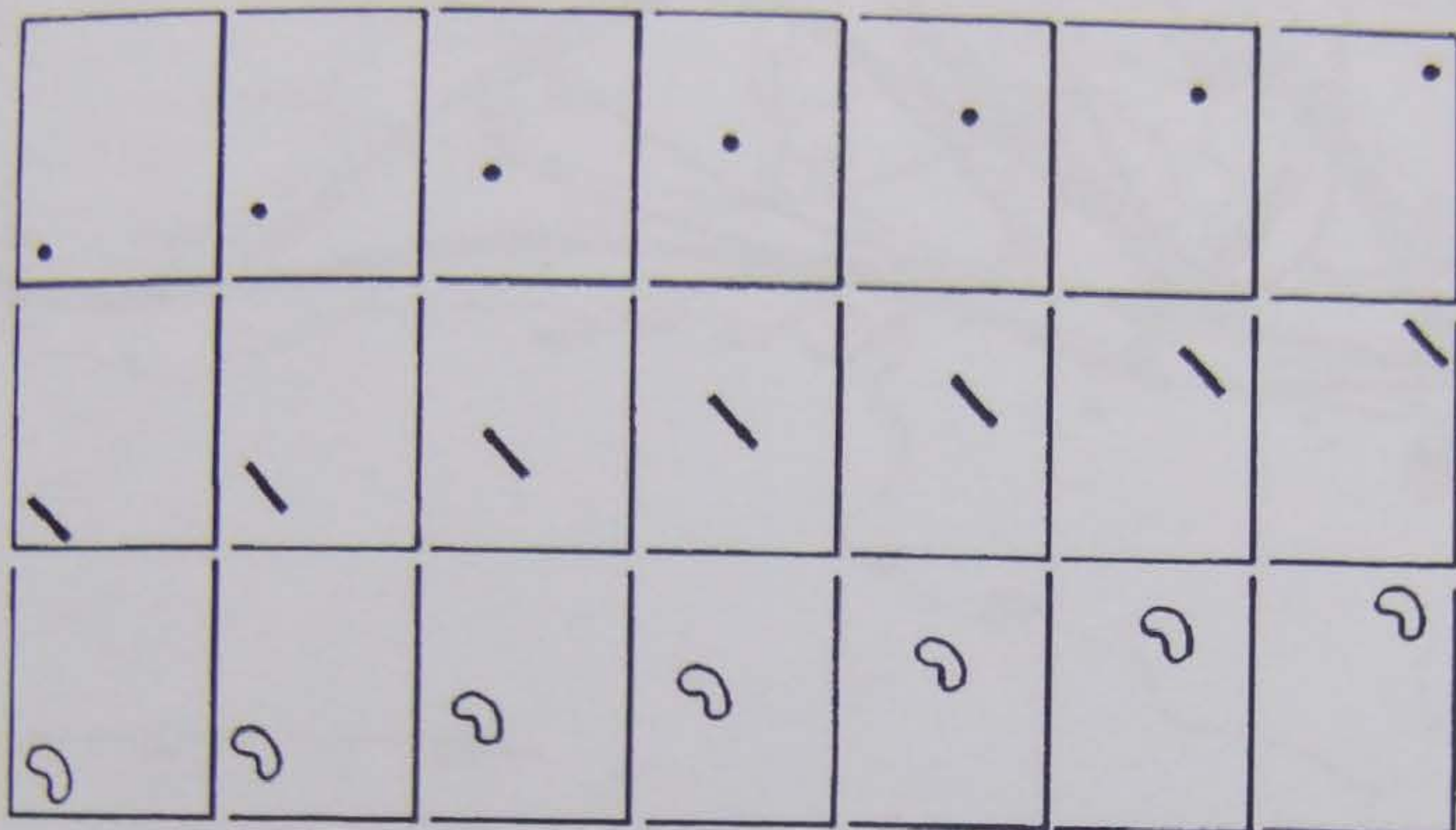
(7) **Des vitesses variables** résultent de l'introduction d'une composante nouvelle: les Quantités d'unités de temps. Celles-ci peuvent se superposer aux lignes (longueurs des tronçons parcourus dans l'unité de temps) ou tracer des zones (ISOCHRONES).

(8) **Les systèmes de relations** sont le résultat du cumul de nombreux déplacements réels ou fictifs. Leur sens et leur animation sont généralement inutiles.

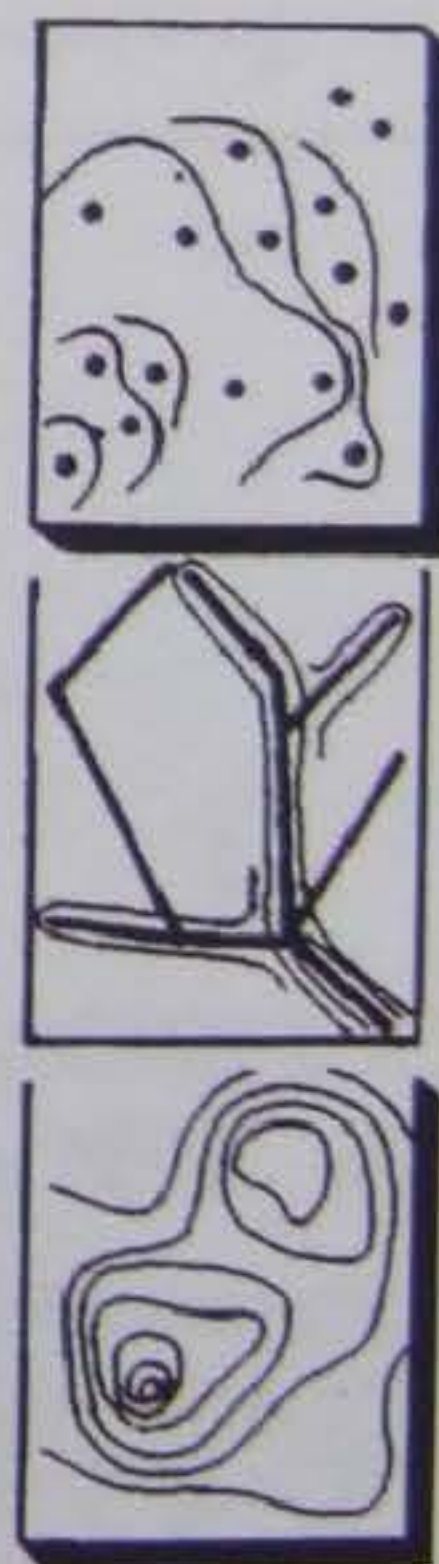
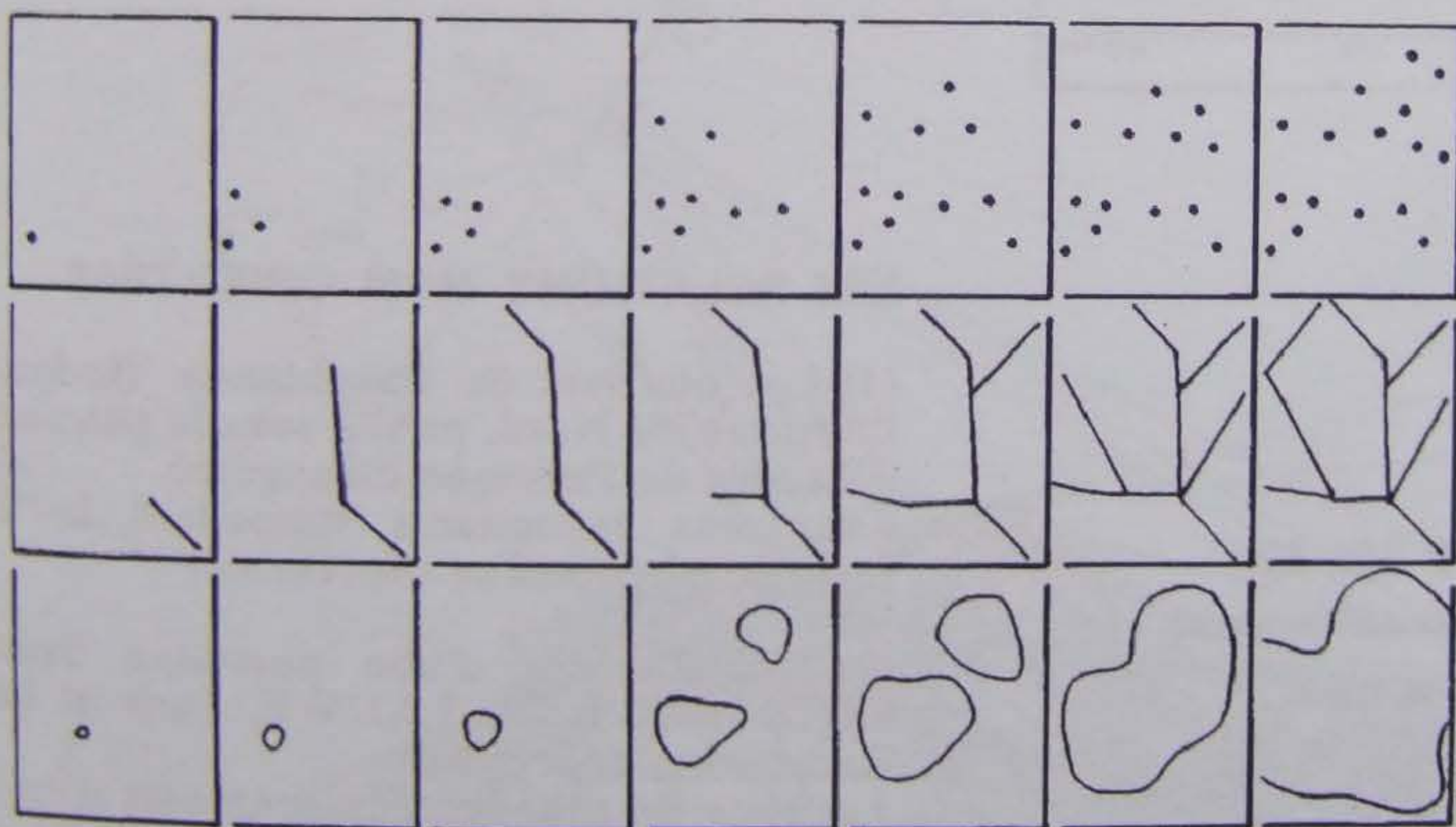




⑤

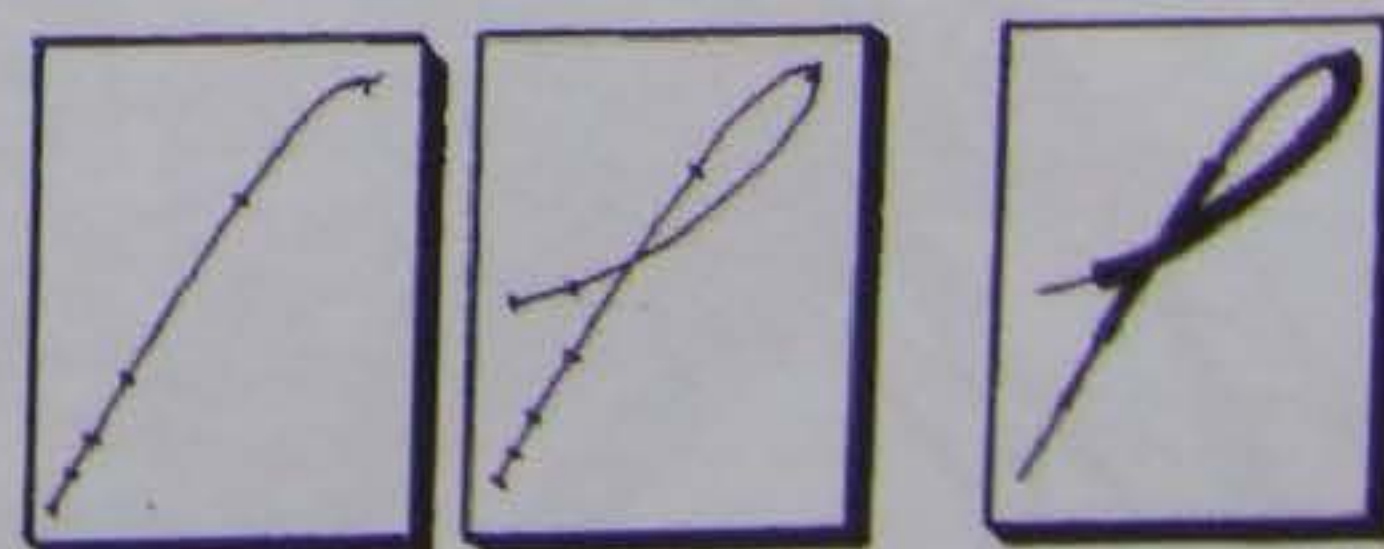
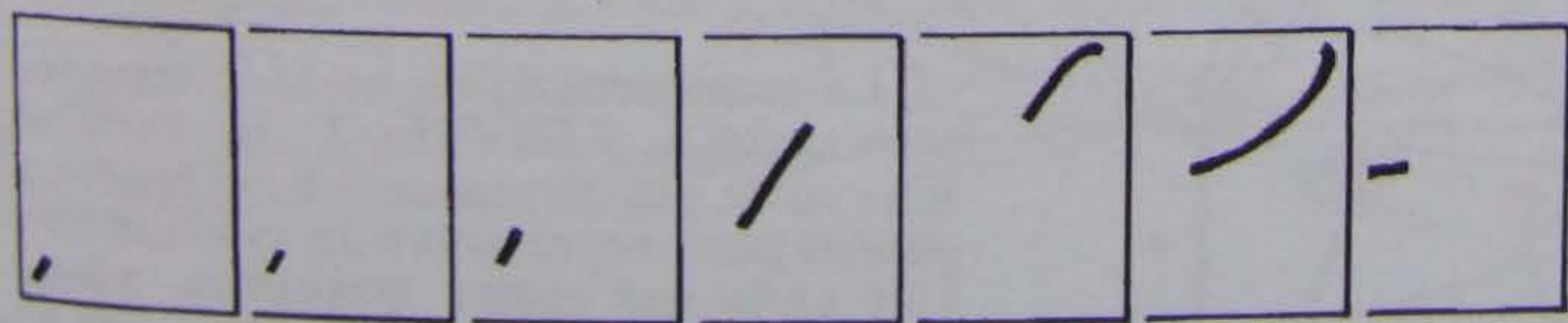


⑥

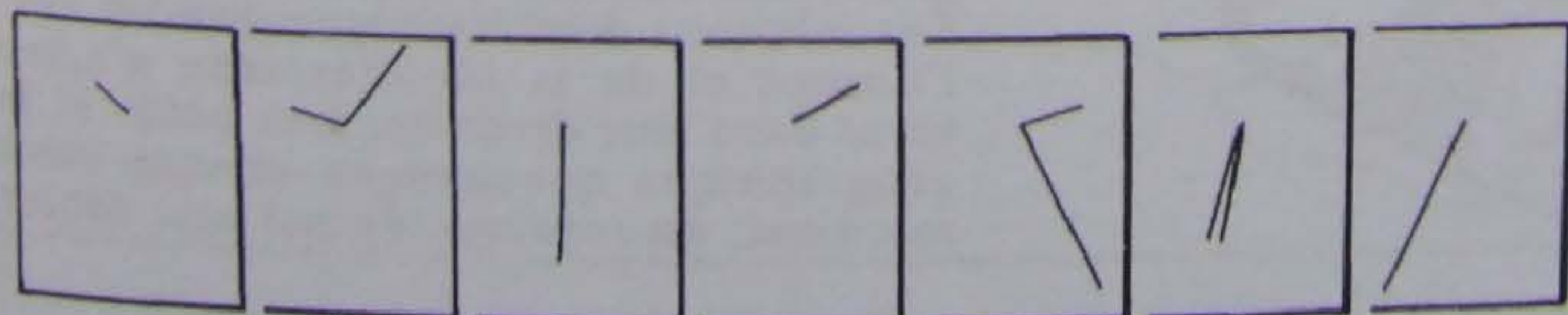


⑦

$t + Q_t$

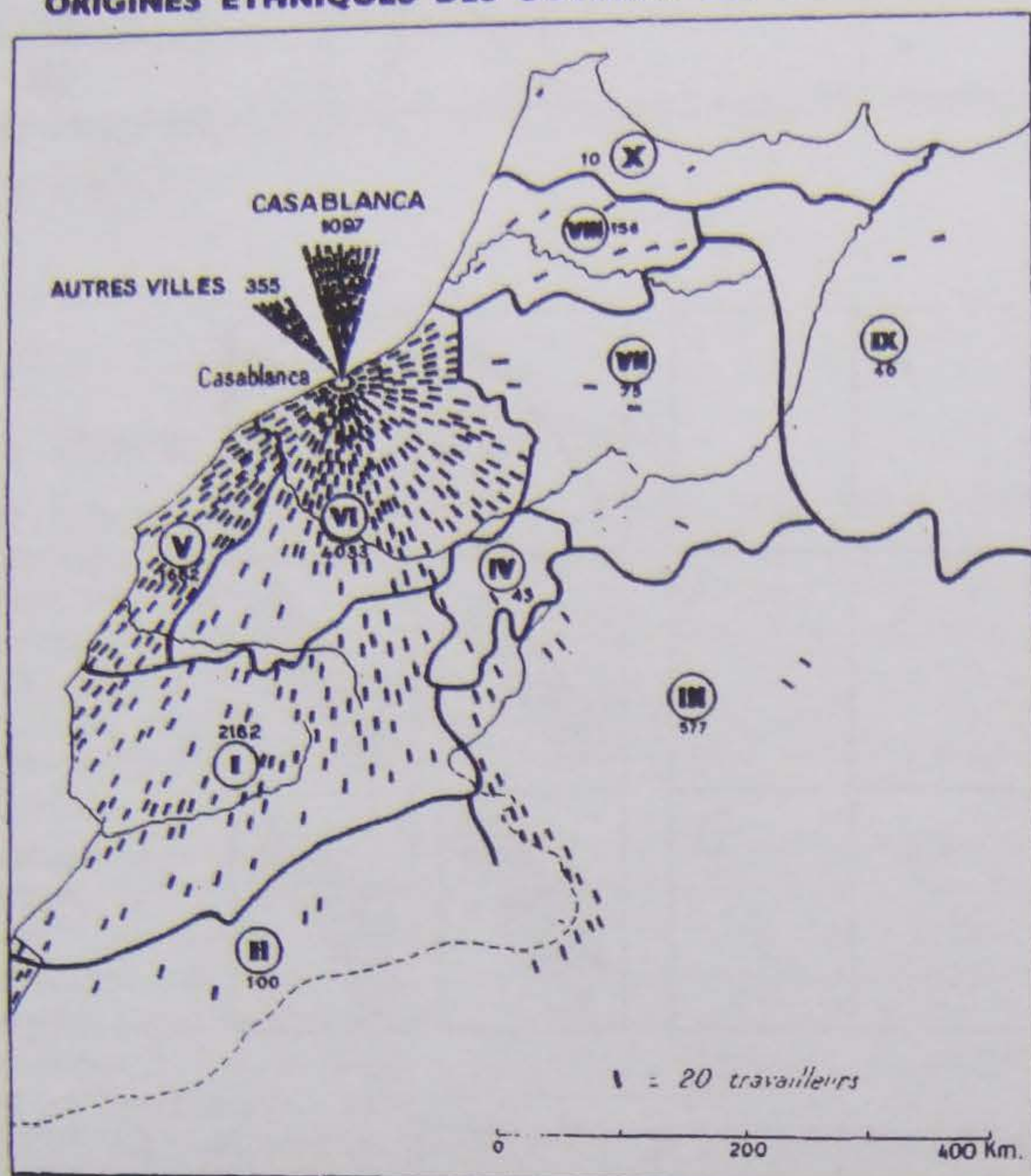


⑧





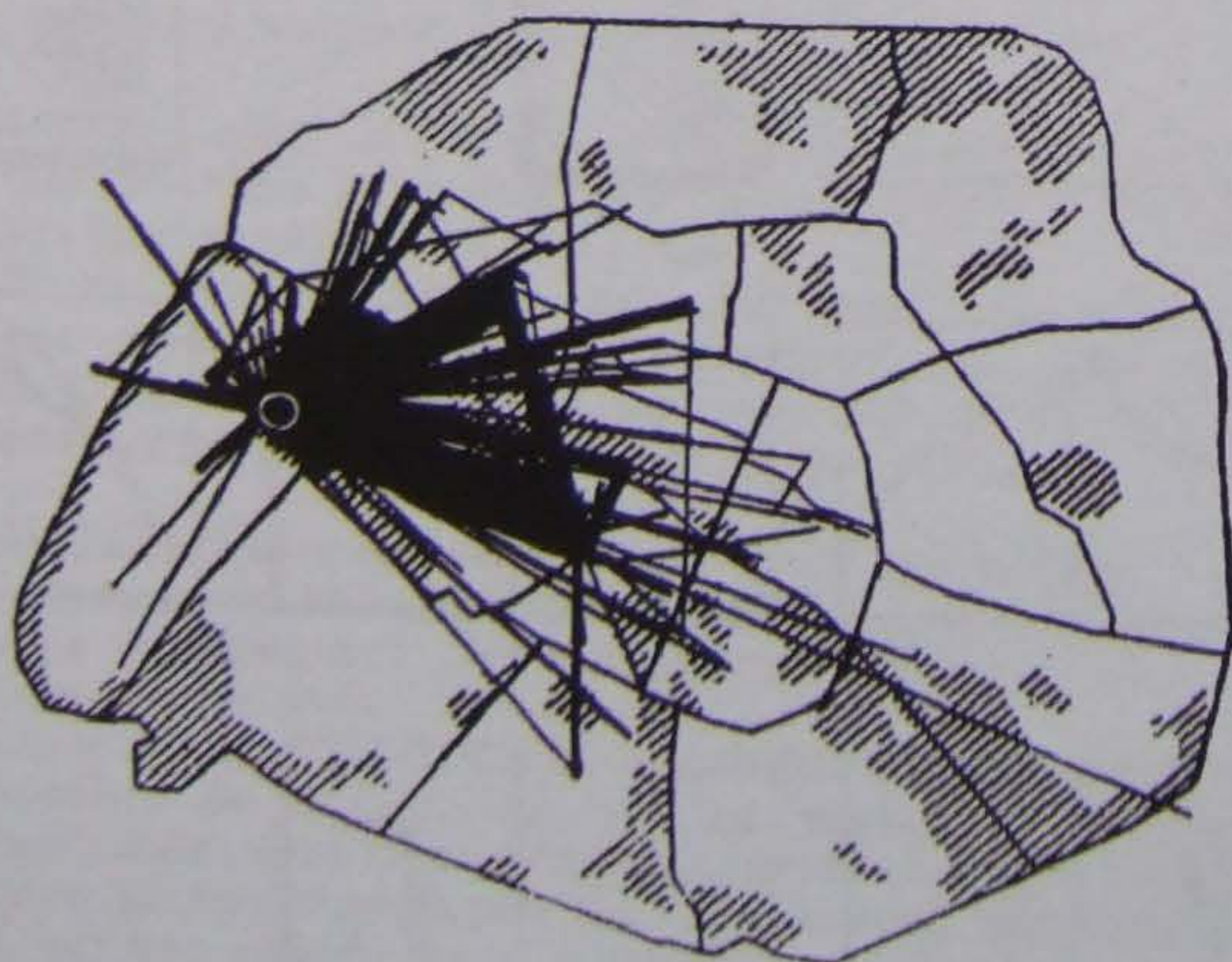
# MAROC ORIGINES ETHNIQUES DES OUVRIERS DE CASABLANCA



1

2

## I. — TRAJETS PENDANT UN AN d'une jeune fille du XVI<sup>e</sup> arrondissement



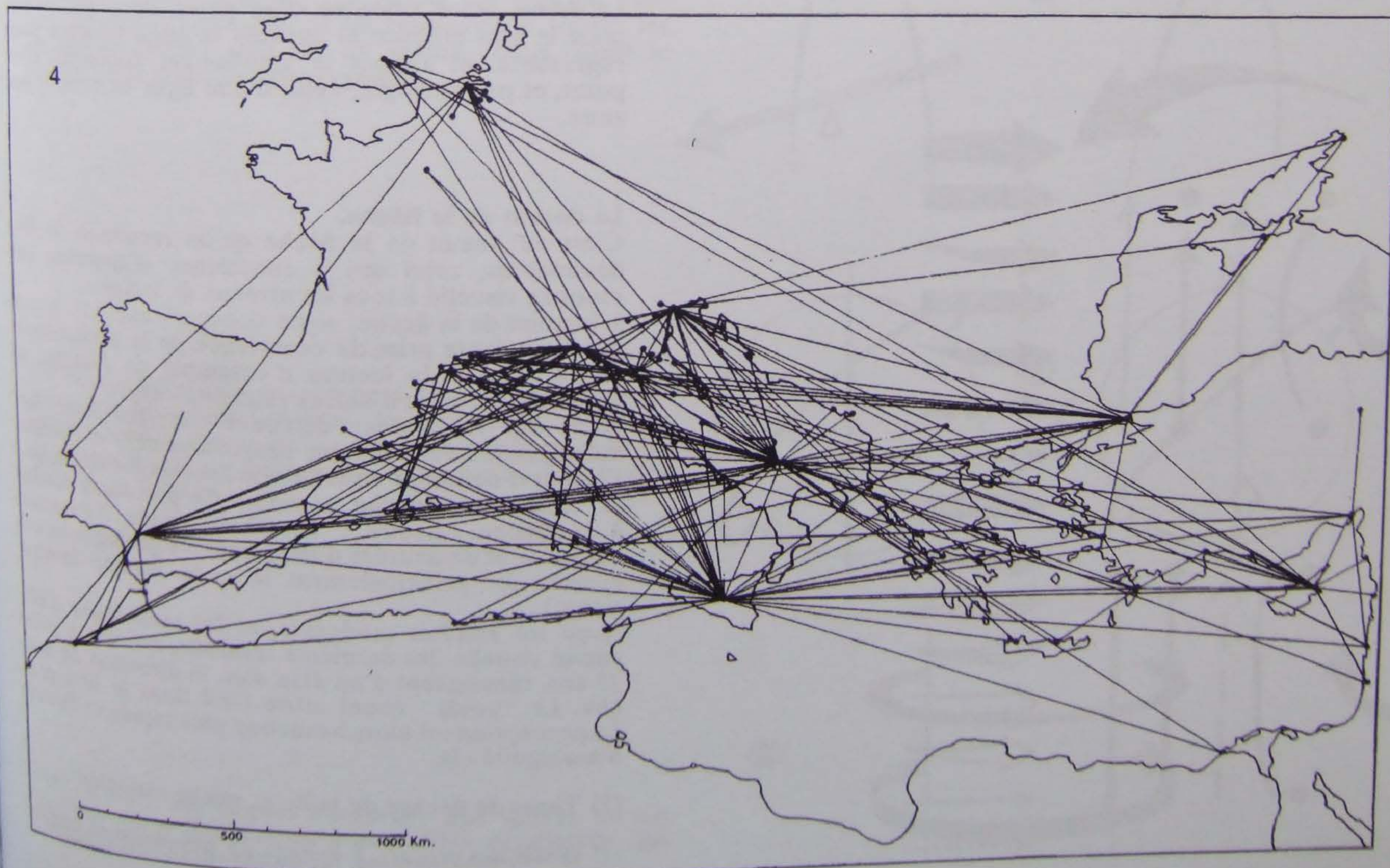
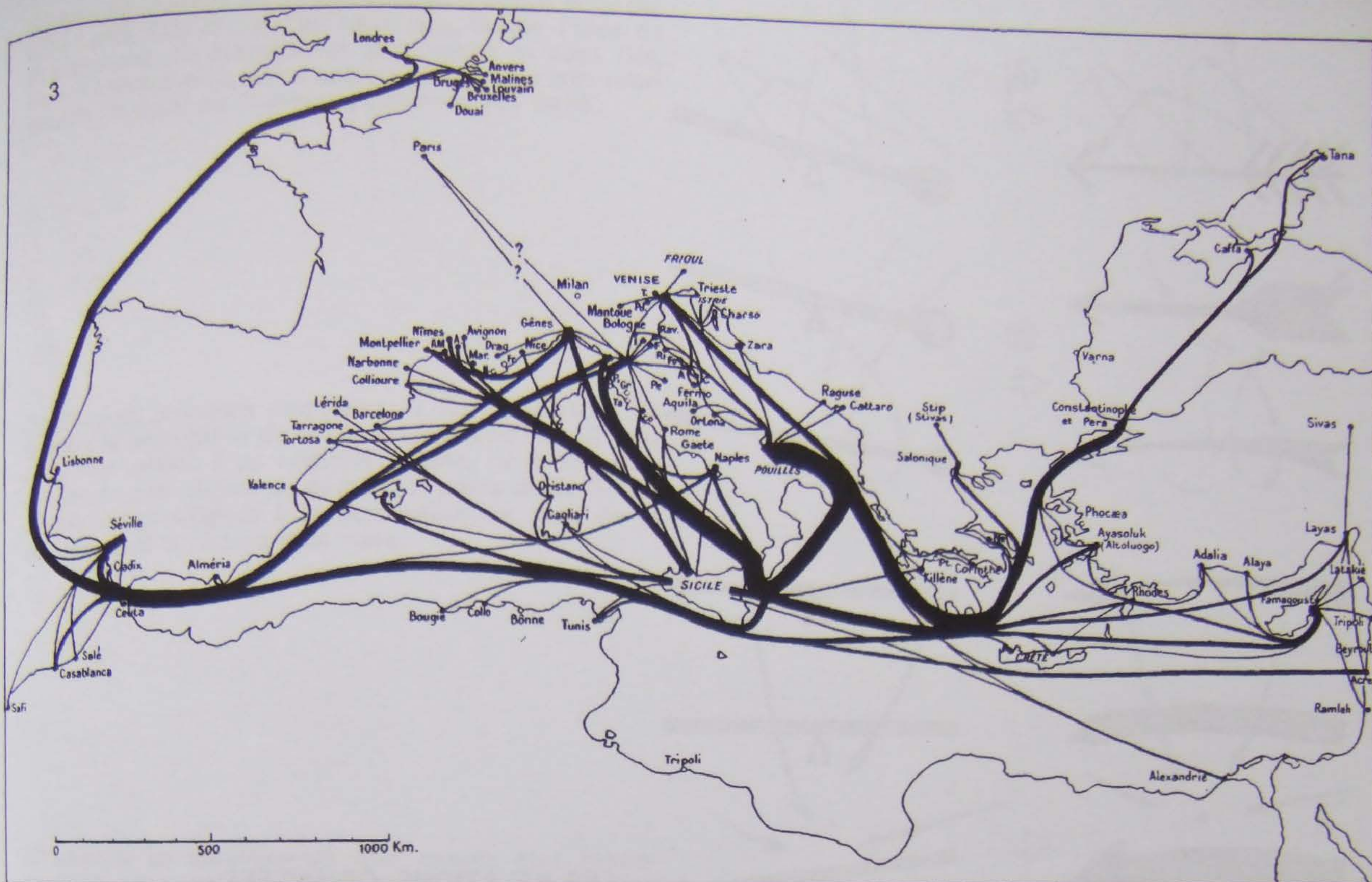
## LES RELATIONS NON ORIENTÉES

(1) Les ouvriers de Casablanca. (Industrialisation de l'Afrique du Nord, publié sous le patronage du Centre d'Études de Politique Étrangère). Les traits rayonnants rappellent la nature migratoire du phénomène représenté.

(2) Déplacement d'une personne dans Paris (P.H. CHOMBART DE LAUWE, Paris et l'agglomération parisienne, déjà cité). La trace de tous les déplacements d'un individu peut être un témoignage de son activité, de son niveau de vie et du nombre de ses relations.

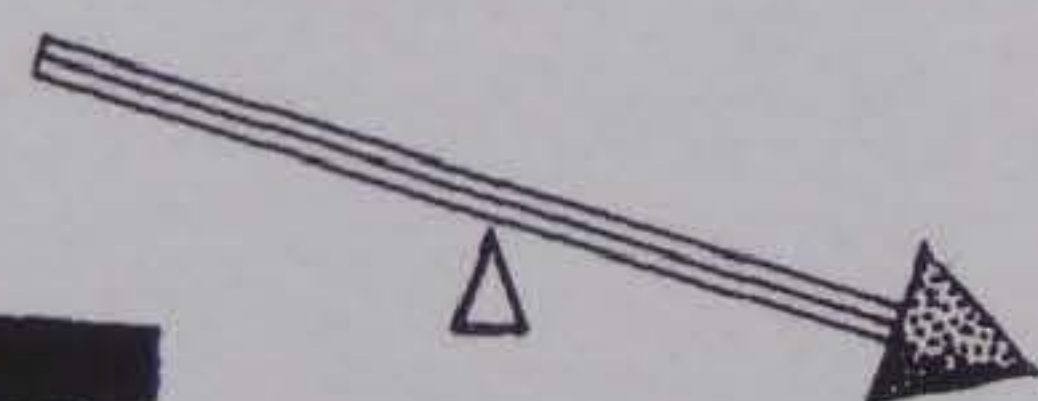
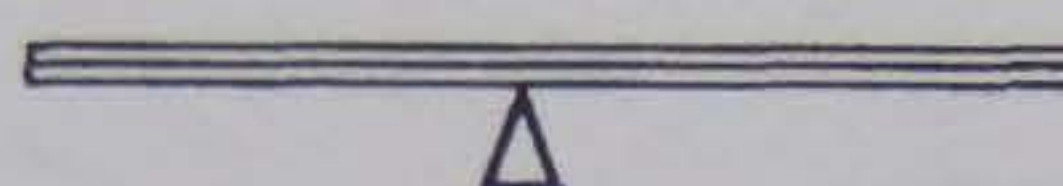
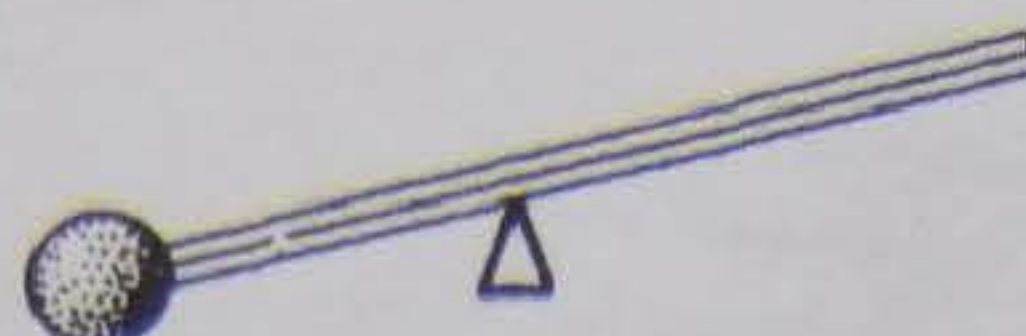
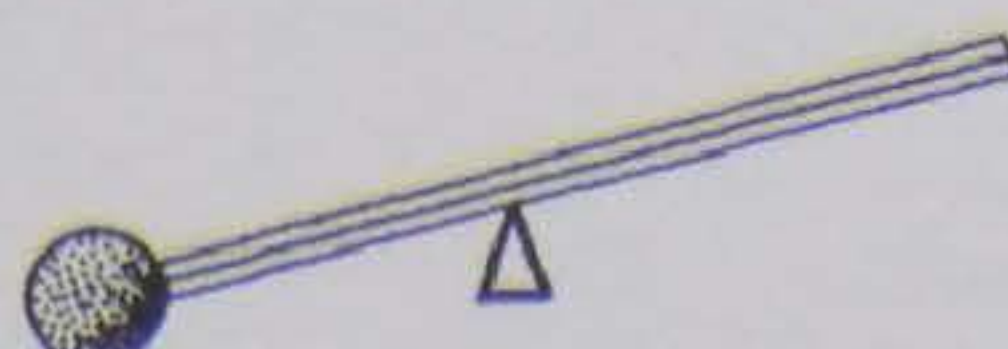
(3) Le commerce du blé en Méditerranée, au XV<sup>e</sup> siècle (Mélanges L. FEBVRE, T. II, Paris, A. Colin 1953). Il ne suffit pas de tracer les itinéraires réellement parcourus pour représenter un système de relation. Une carte des routes maritimes, même pondérée, ne montre pas l'orientation commerciale des centres d'activité. Elle montre la densité des bateaux en mer. Les relations maritimes marchandes entre les villes de l'Europe et de la Méditerranée n'apparaissent seulement dans leur diversité, leur poids et leur orientation géographique que lorsque chaque relation, bien que maritime, est représentée par une droite (4).







1



## LES RELATIONS ORIENTÉES

La *flèche*, trace orientée d'un point, demeure la formule la plus efficace et souvent la seule formule pour représenter et animer le mouvement complexe d'un point, et par analogie, celui d'une ligne et celui d'une zone.

### Le dessin de la flèche.

C'est au dessin de la flèche qu'on reconnaît le bon dessinateur, celui qui a conscience d'apporter une réponse visuelle à tous les niveaux de lecture.

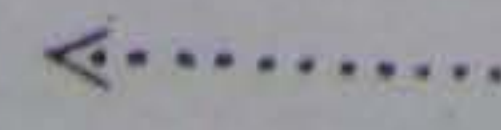
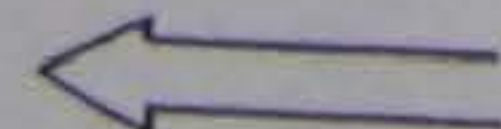
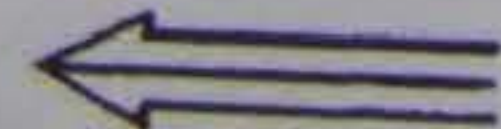
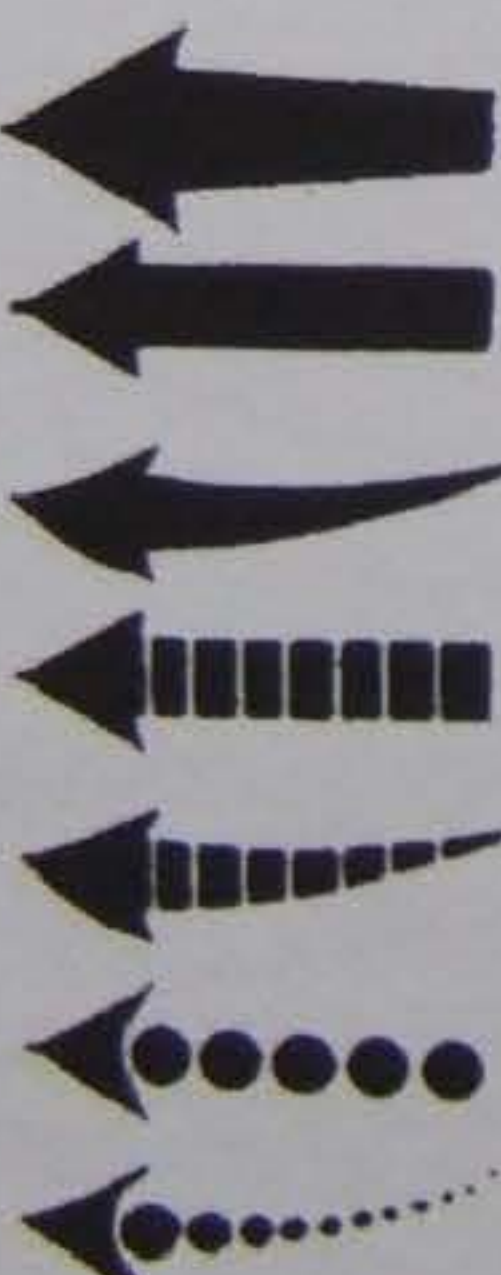
L'histoire de la flèche, signe conventionnel (1), témoigne de la lente prise de conscience de la participation de ce signe à la lecture d'ensemble de l'image, en combinaison avec d'autres éléments visuels.

Alors que les tracés "démodés" doivent être "lus" individuellement, on voit progressivement disparaître l'erreur d'équilibre visuel des premières formes, liées à la "figuration" (flèche ou main). Ce processus conduit à la flèche "neutre", équilibrée, stade d'évolution auquel sont demeurées d'importantes signalisations collectives (et principalement le code routier international).

Avec les emplois modernes, et les recherches d'efficacité visuelle, les dernières formules, qui ont à peine 25 ans, témoignent d'un élan dans la direction de marche. Le "poids" visuel attire l'œil dans le bon sens. La perception est alors beaucoup plus rapide et dénuée d'ambiguïté (5).

(2) Types de flèches de taille et valeur variables.

(3) Quelques erreurs à éviter : ne pas dessiner comme dans la colonne de gauche.

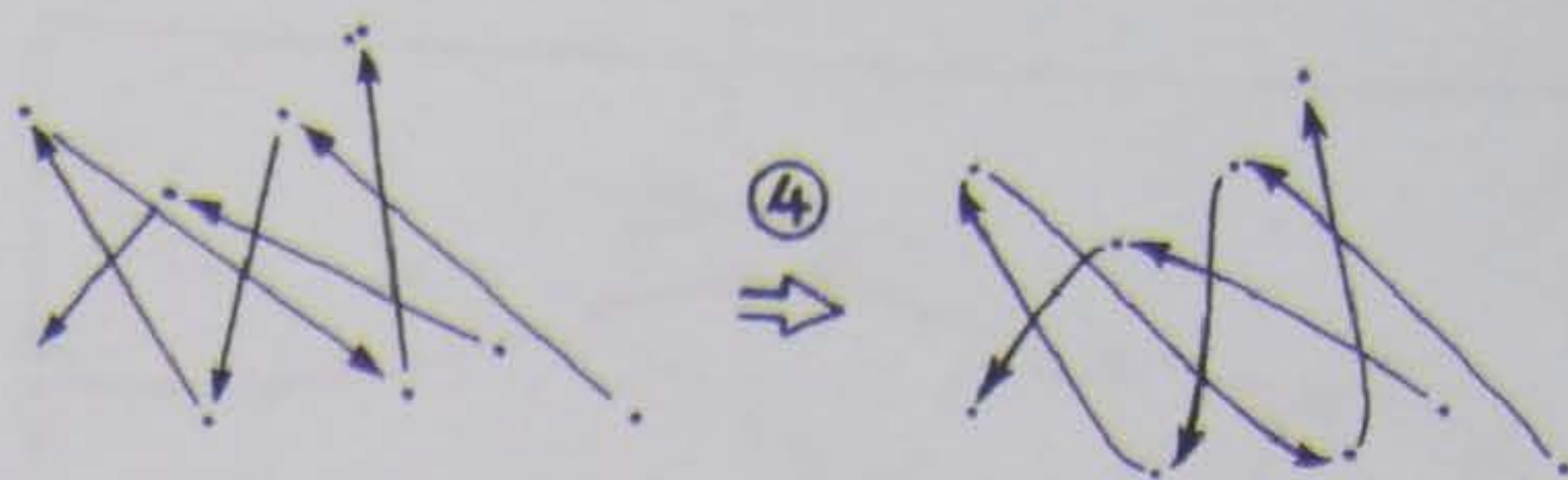


2

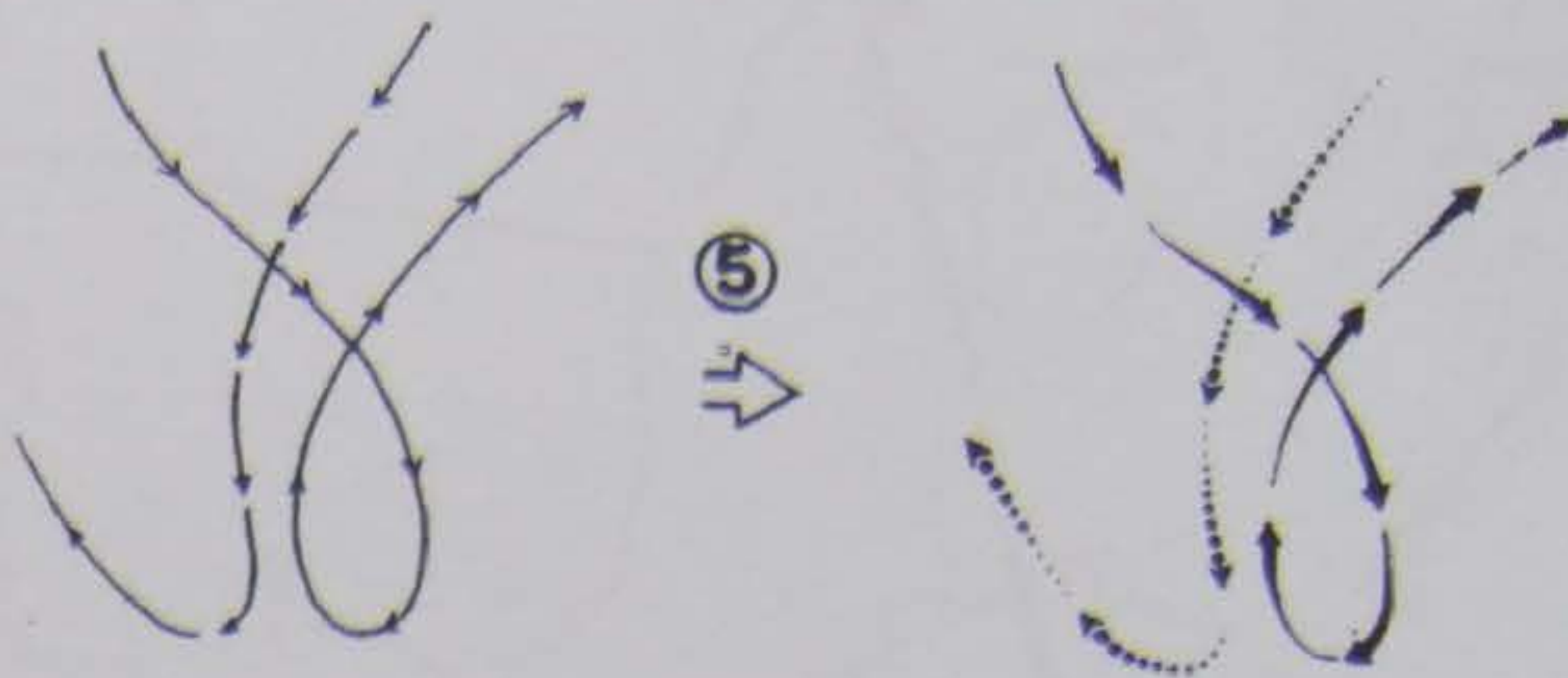
3



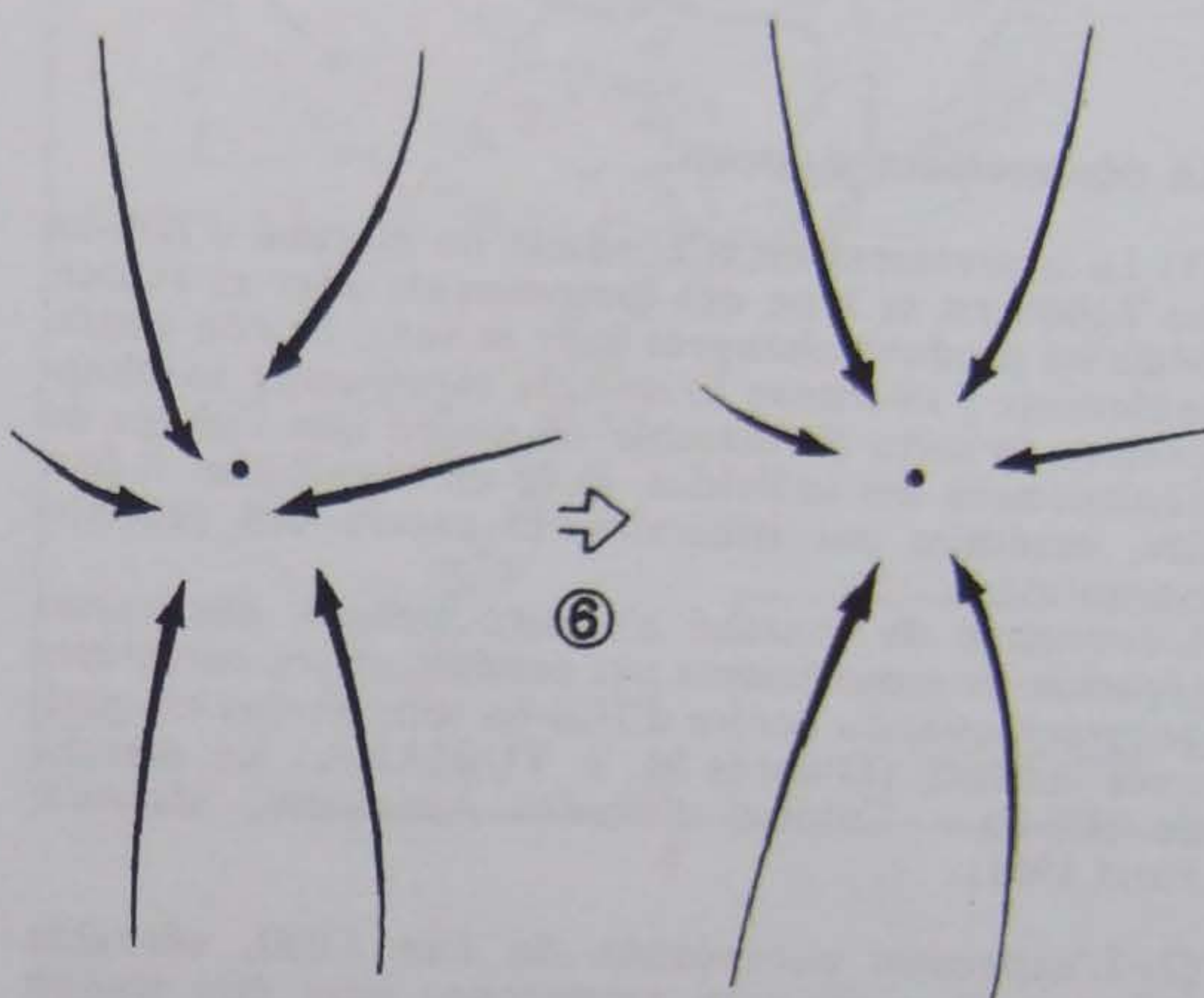
(4) Une ligne brisée est un assemblage d'unités visuelles différentes. Une courbe, au contraire, donne l'idée de la continuité, les éléments se prolongent et sont liés. En sollicitant l'œil à suivre une courbe, même très tourmentée, le tracé de l'itinéraire retrouve son unité.



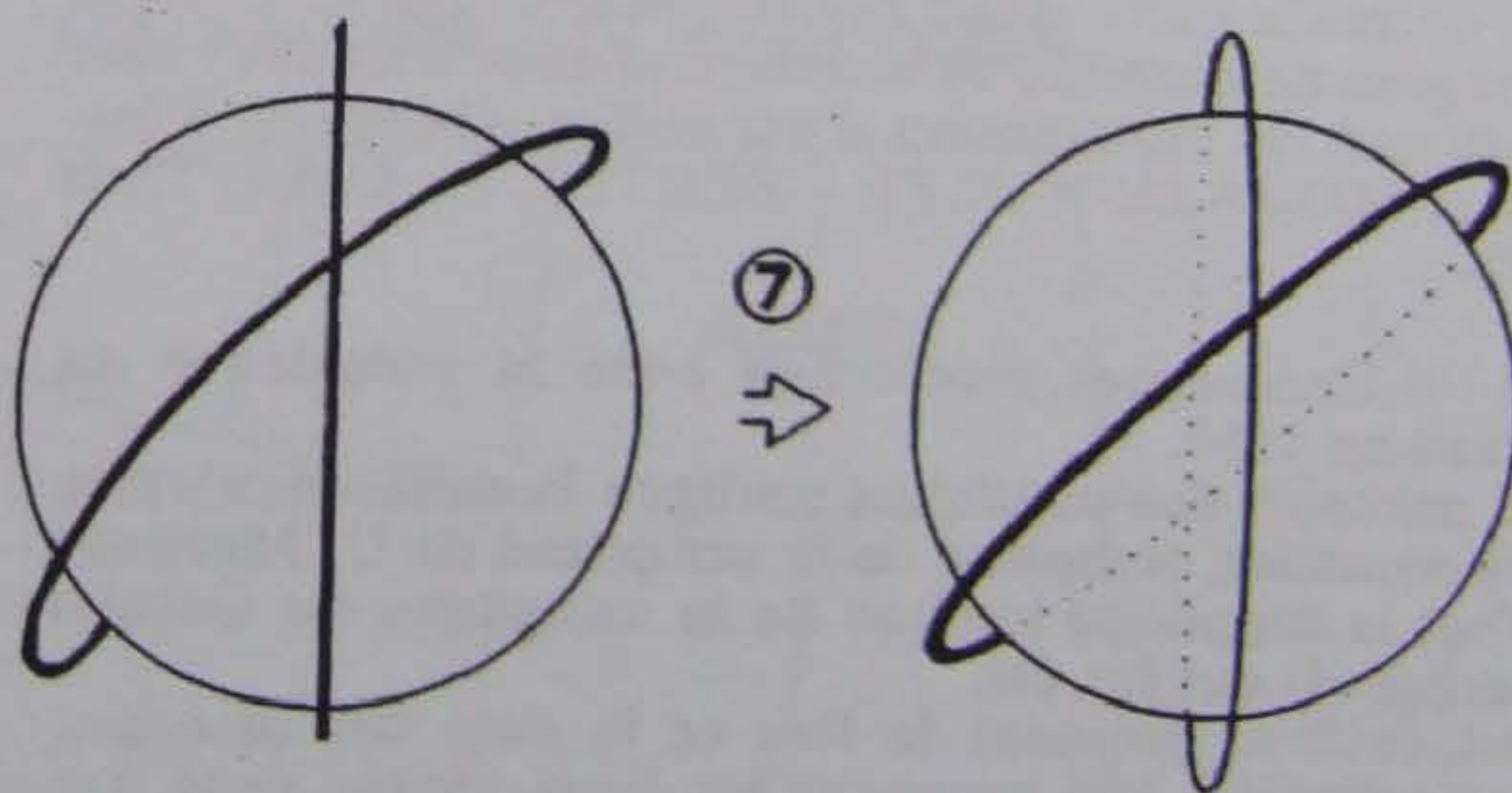
(5) Dans un parcours complexe, il faut s'efforcer de faciliter la perception du sens du déplacement. Il faut éviter l'obligation d'un contrôle répété, lié à une succession de perceptions de détail. Le poids de la flèche entière, en participant à la perception du sens de la marche, rend la lecture plus aisée.



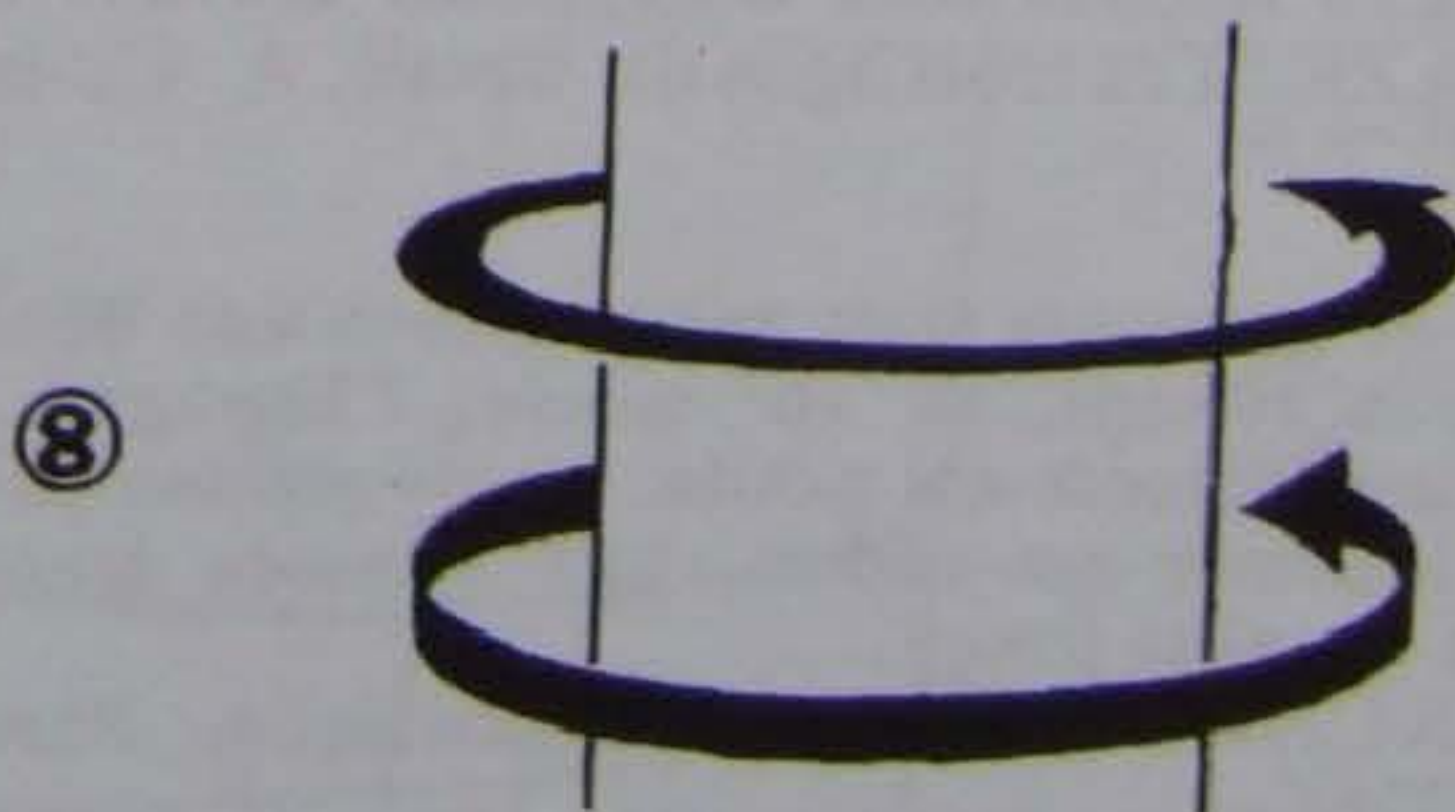
(6) Lorsque les mouvements sont censés être rayonnants ou concentriques, l'axe de la flèche, que l'œil prolonge inconsciemment, doit passer par le point central. De plus la convergence est renforcée si toutes les pointes de flèches sont sur un même cercle, dont le centre est le point de convergence.



(7) Tout plan sécant à la sphère trace une circonférence sur la surface terrestre. Sa perspective est une ellipse. Seul le cercle qui se projette sur le centre de la sphère a comme perspective une droite. Il est préférable de l'éviter.



(8) Le tracé des ellipses entourant une sphère ou un cylindre peut donner lieu à des effets perspectifs qui augmentent l'impression de volume réel.





### Le déplacement du point.

(1) Le mouvement de la clientèle du marché d'Hili-ba au Tchad est le type des mouvements aller et retour. Mais les produits changent avec le sens. Si l'on confie seulement à l'écriture le soin de représenter ce changement, la carte d'ensemble ne donne que l'image du déplacement des individus. Pour en savoir plus il faut lire, itinéraire par itinéraire, la nature des produits transportés.

L'économie du marché s'éclaire lorsque des cartes séparent les mouvements par produit, et les caractères géographiques du centre d'Hili-ba sont perçus en quelques instants. (D'après M. J. TUBIANA : Le marché de Hili-ba - Cahiers d'Études Africaines, Mouton, Paris 1961).

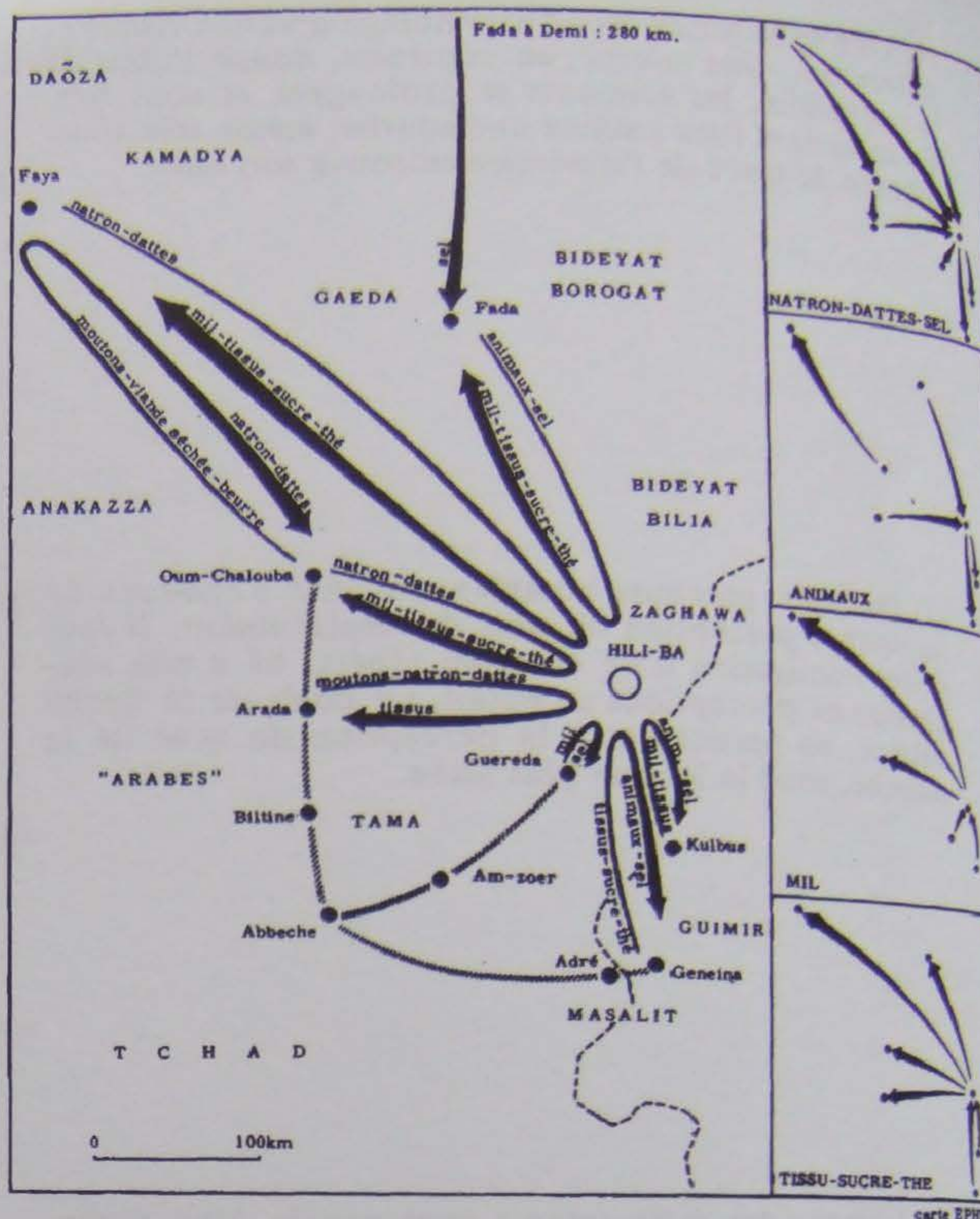
(2) L'expansion européenne de l'an 1000, véritable début de la civilisation européenne peut être traduit par les différents efforts de conquête et de reconquête. On notera le parti visuel tiré des flèches qui noircissent la région de mobilité et isolent une zone blanche, base de départ du mouvement d'expansion. (Manuels d'histoire, MORAZE-WOLFF - BERTIN, A. Colin, Paris 1950).

(3) (4) Campagnes électorales pour la présidence au Brésil en 1950.

Le parcours des candidats souligne la différence entre l'organisation complexe de la campagne de C. Machado (3) et la simplicité logique de la campagne de Getulio Vargas (4) qui fut élu.

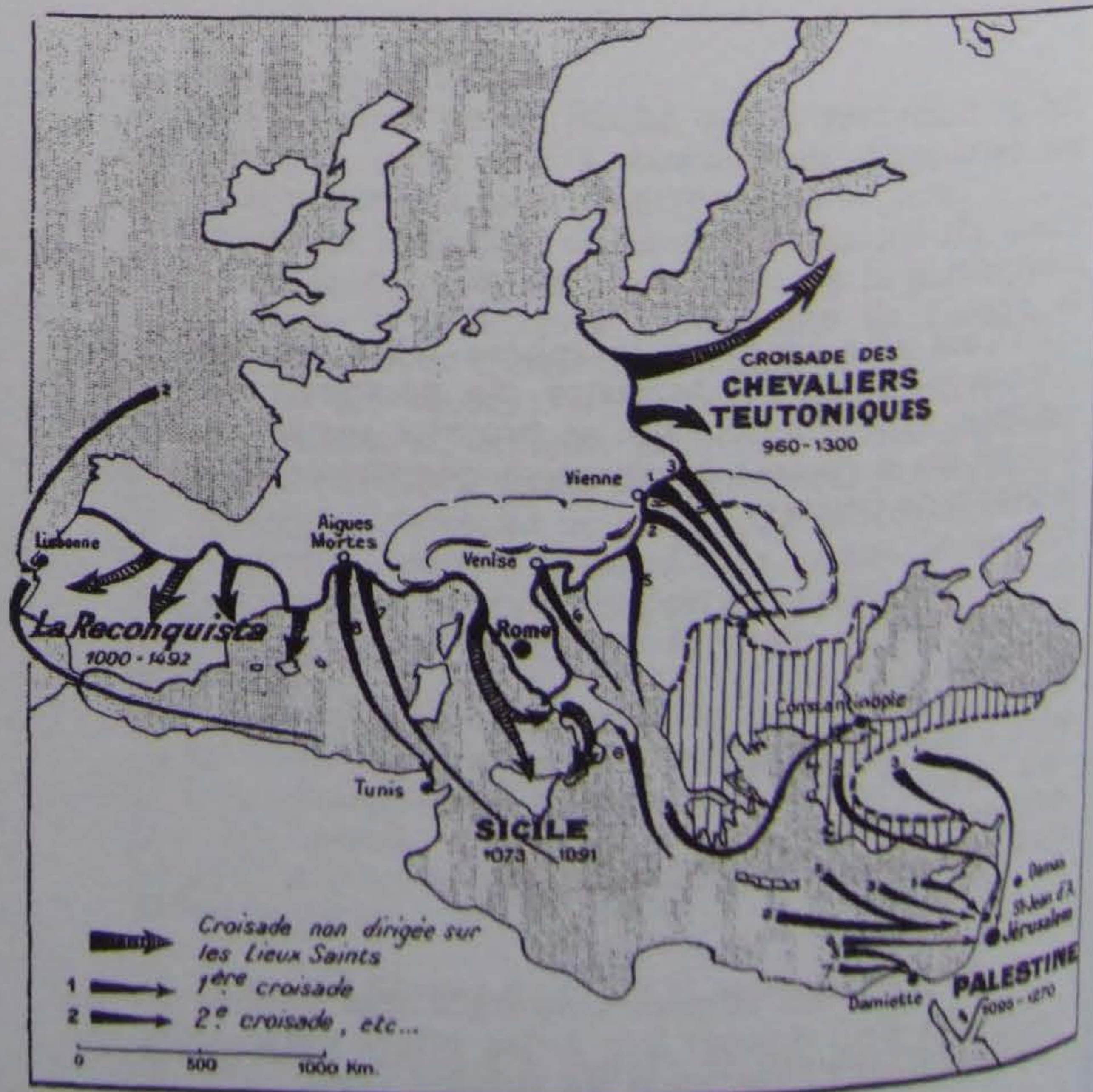
Les chiffres pointent le lieu et la date des discours. Les pointillés fins groupent les lieux visités dans une même journée. Les flèches sont différentes suivant le mois. (C. MORAZE : Les trois âges du Brésil, A. Colin, Paris 1954).

(5) Les vitesses de parcours sont superposées aux itinéraires des navires reliant, au 16<sup>e</sup> siècle, l'Espagne à l'Amérique. Plus la vitesse est petite, plus l'espace parcouru en une journée est réduit. Les vitesses lentes ressortent donc en plus foncé.  
(H. et P. CHAUNU: Séville et l'Atlantique, Paris, S.E.V.P.E.N. 1956).

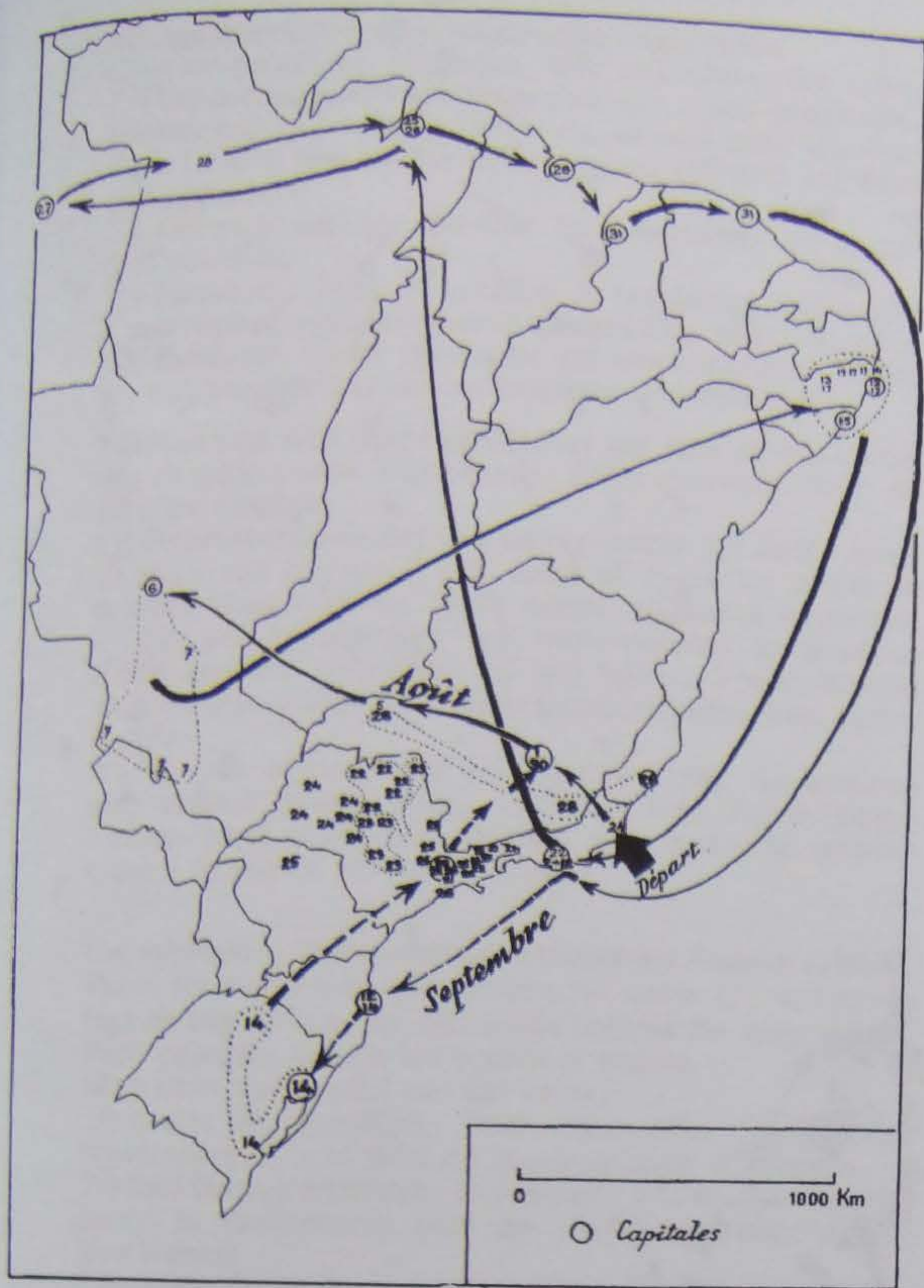


1

2





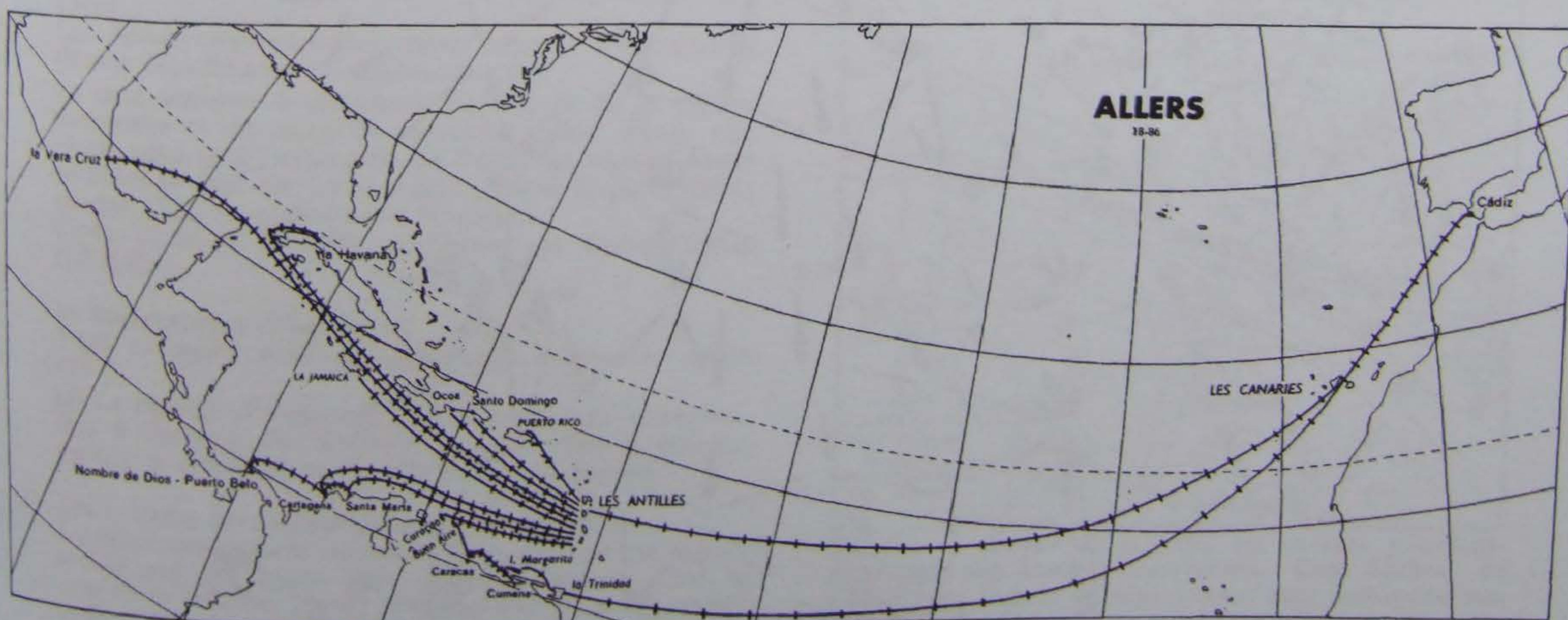


3

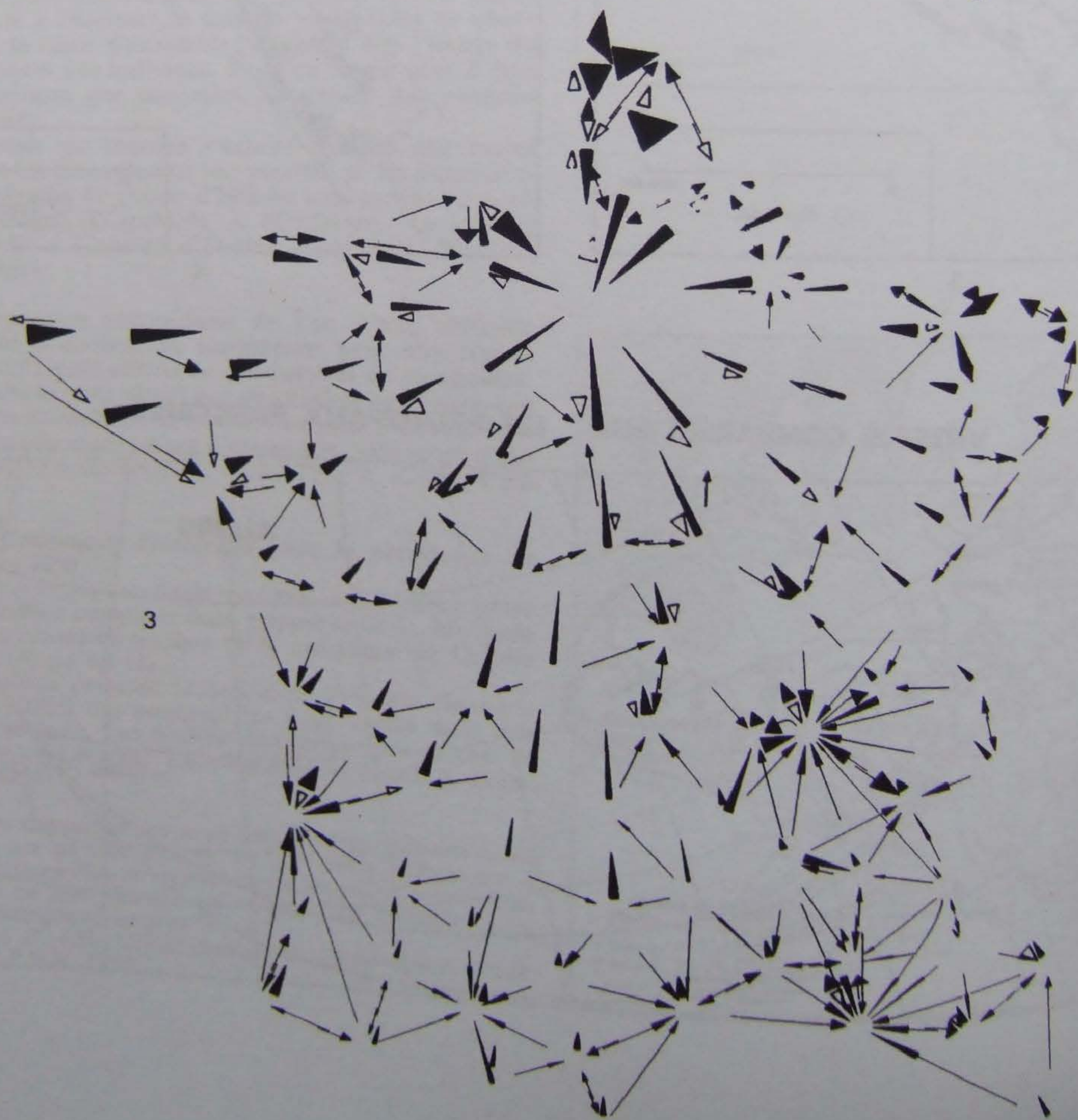
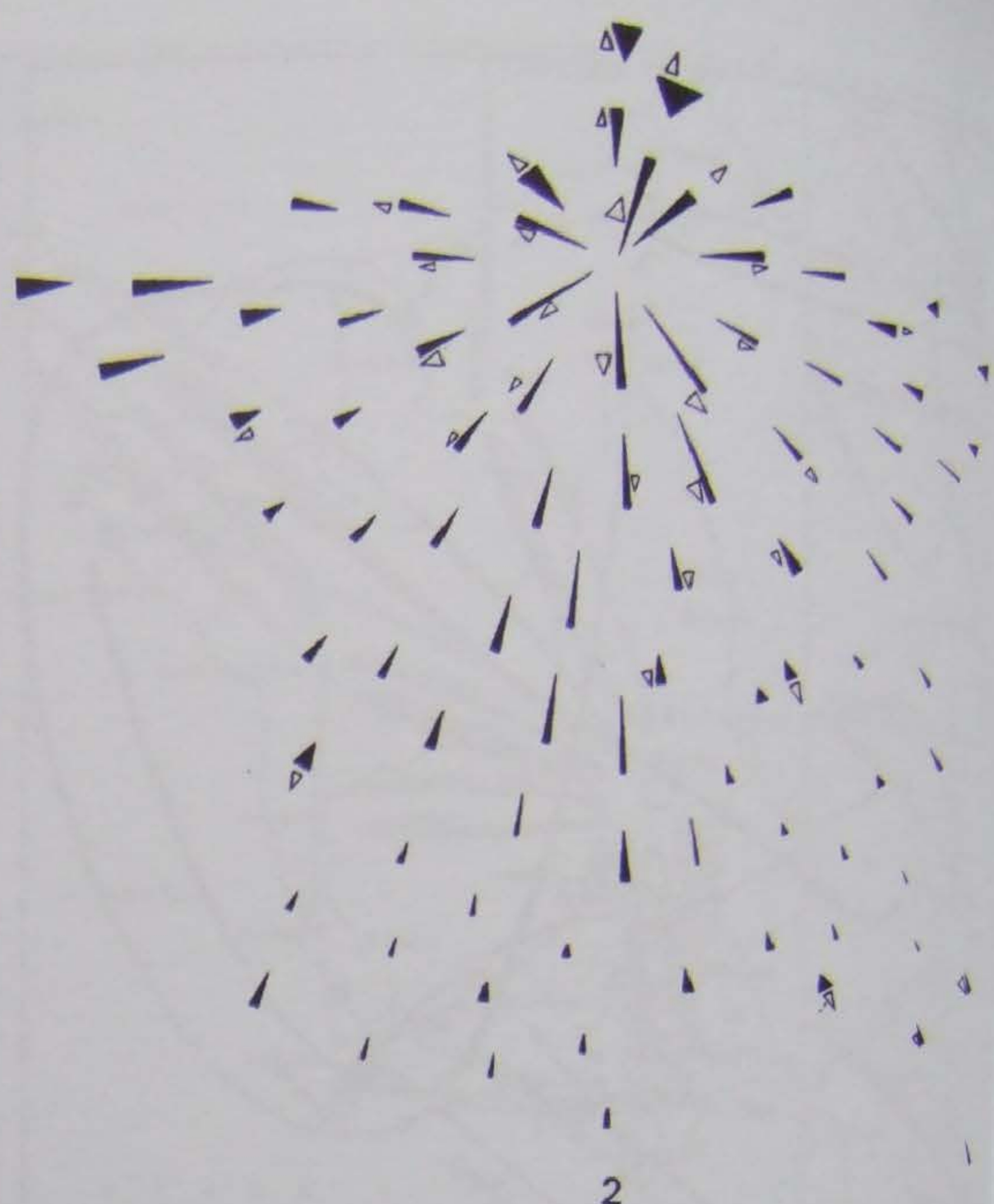


4

## 5 VITESSES COMPARÉES SUR LES PRINCIPAUX PARCOURS









### La représentation des migrations régionales.

C'est un problème classique, très complexe. En effet :  
1°) Les mouvements observés peuvent relier toute zone administrative à toute autre zone, et ceci dans les deux sens. Le seul réseau des mouvements orientés est donc très complexe.

2°) Ces mouvements doivent être pondérés en quantités absolues.

3°) Ils doivent faire apparaître la tendance migratoire d'une région, exprimée par la quantité de migrants pour 100 habitants. Cette tendance est généralement inversement proportionnelle au nombre des habitants.

Lorsque l'on veut tout représenter sur une même carte, des simplifications s'imposent. Elles peuvent être de diverses natures :

1°) Représentation de la balance entre les deux sens, ce qui divise le réseau par deux et évite les allers et retours. Mais la vision de la masse migrante disparaît.

2°) Ne pas représenter les mouvements au-dessous d'une certaine quantité, ce qui allège l'information d'un cortège d'impondérables généralement non significatifs.

3°) Ne pas représenter les mouvements au-dessous d'un certain pourcentage. Mais un très faible pourcentage peut cependant donner une quantité importante si la région est très peuplée.

### Les migrations interdépartementales en France (1954).

Parmi les nombreuses solutions, la carte (3) a l'avantage de représenter les quantités totales de migrations, Paris compris, et non les balances seules.

Mais deux minimums ont été fixés :

1°) toutes les quantités sont transcrites lorsqu'elles représentent 2 % et plus de la population d'origine.

2°) tous les pourcentages inférieurs à 2 % sont transcrits lorsqu'ils représentent plus de 10 000 migrants (triangles blancs).

La surface des flèches est proportionnelle aux quantités absolues.

La longueur des flèches (triangle seul) est proportionnelle à la tendance migratoire (pourcentage d'émigrants) au-dessus de 2 %.

Les flèches se rapportant à la région parisienne (2) (Seine, Seine-et-Oise, Seine-et-Marne) sont situées dans les départements concernés (migrations vers Paris).

Les flèches concernant les autres régions sont situées dans le département de destination (1).

La carte souligne évidemment l'attraction de la région parisienne et de quelques grandes villes. Mais elle révèle aussi qu'à l'exclusion de Paris, les mouvements notables se font en quasi-totalité entre départements voisins. C'est un phénomène d'osmose.

Cartes de Serge BONIN, laboratoire de Cartographie E.P.H.E.

### Le déplacement d'une ligne.

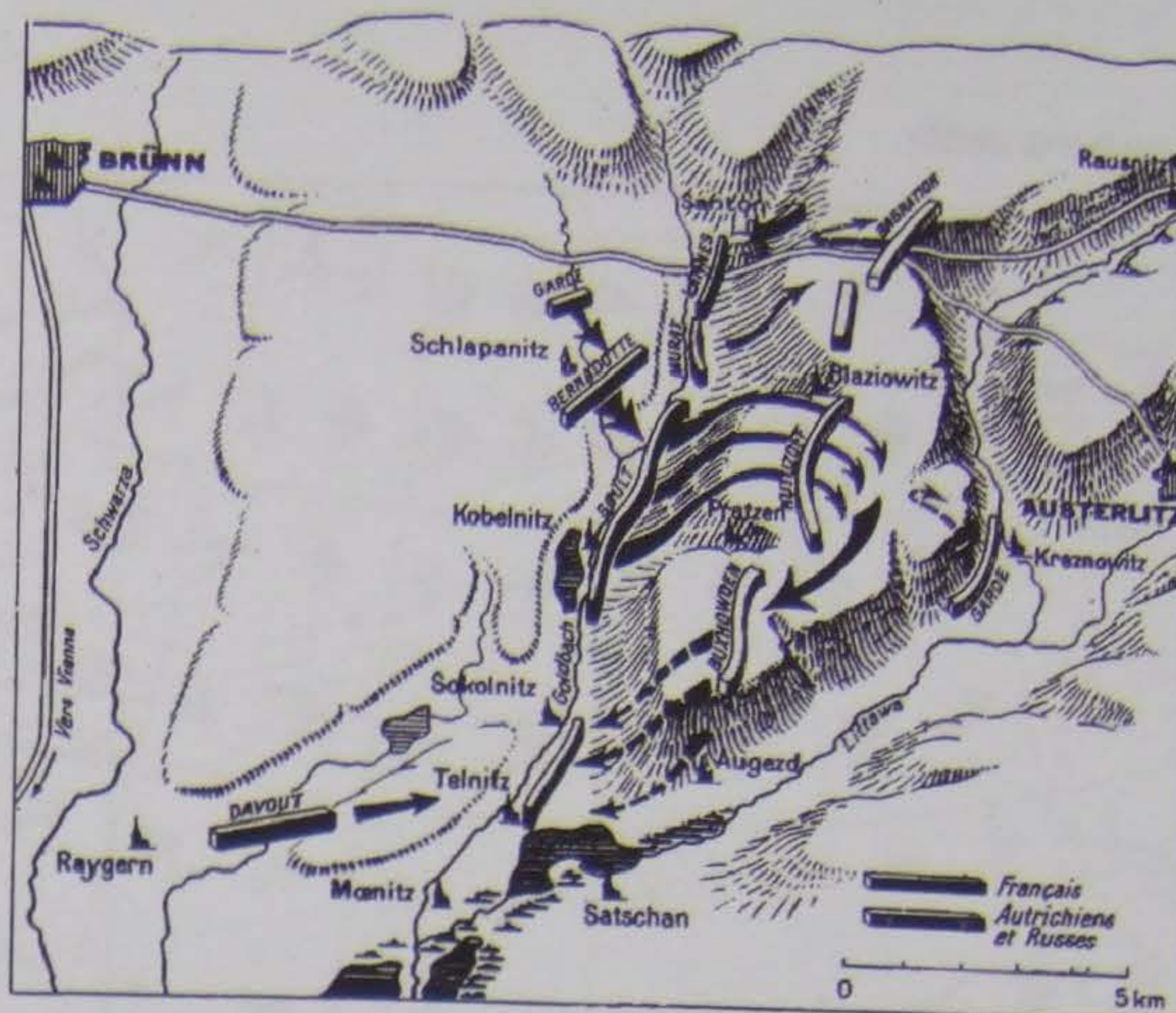
Trois exemples tirés des Manuels d'Histoire (déjà cités) :

(4) La bataille d'Austerlitz. Les lignes sont représentées à l'origine du mouvement. Les flèches tracent ensuite la direction et le sens du déplacement.

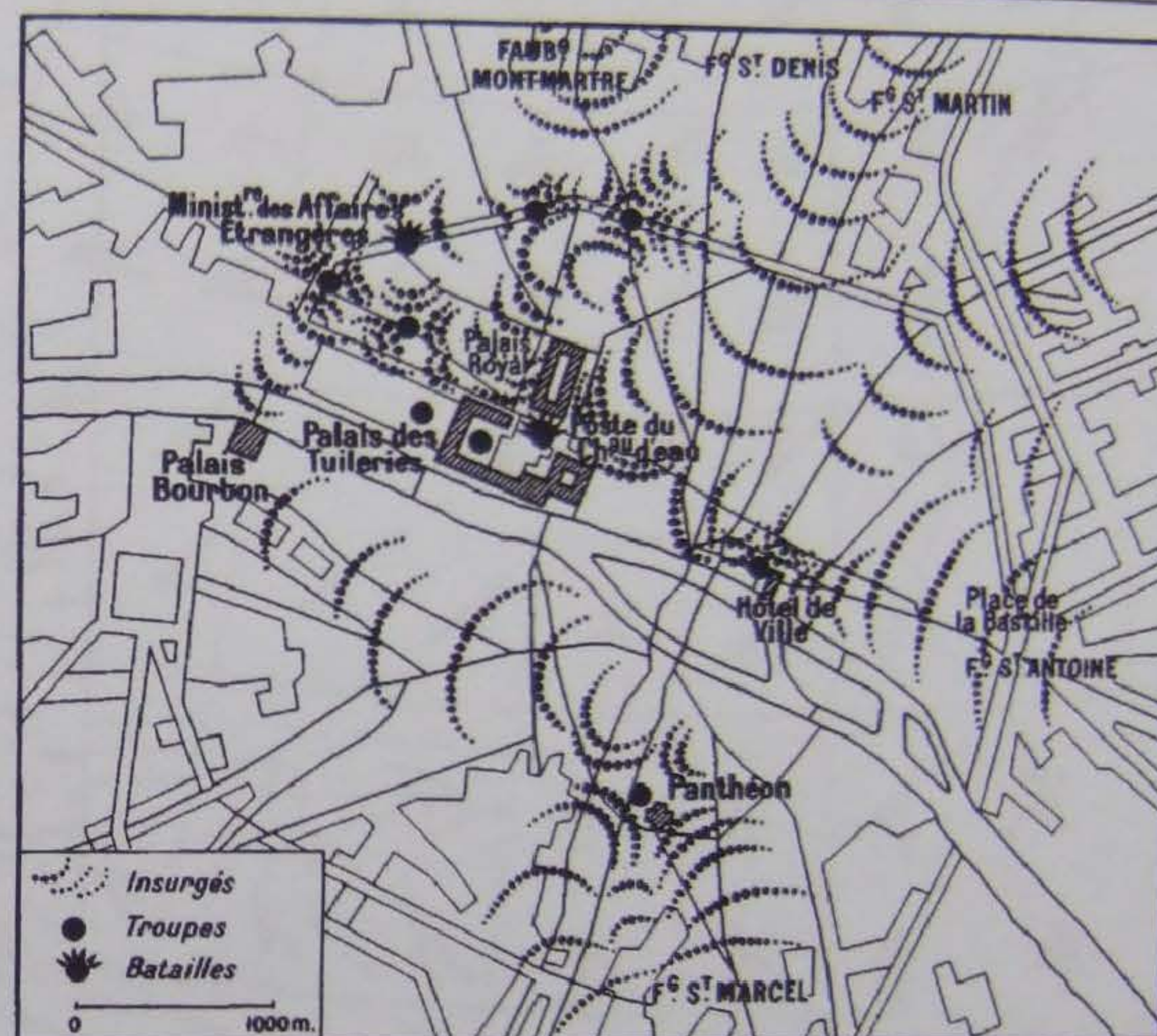
Les journées révolutionnaires de 1848 à Paris.

L'avance progressive des masses populaires est représentée par des lignes successives, convexes dans le sens de la marche. Le 23 février 1848 (5), ce sont les seuls mouvements. La révolution l'emporte.

4



5

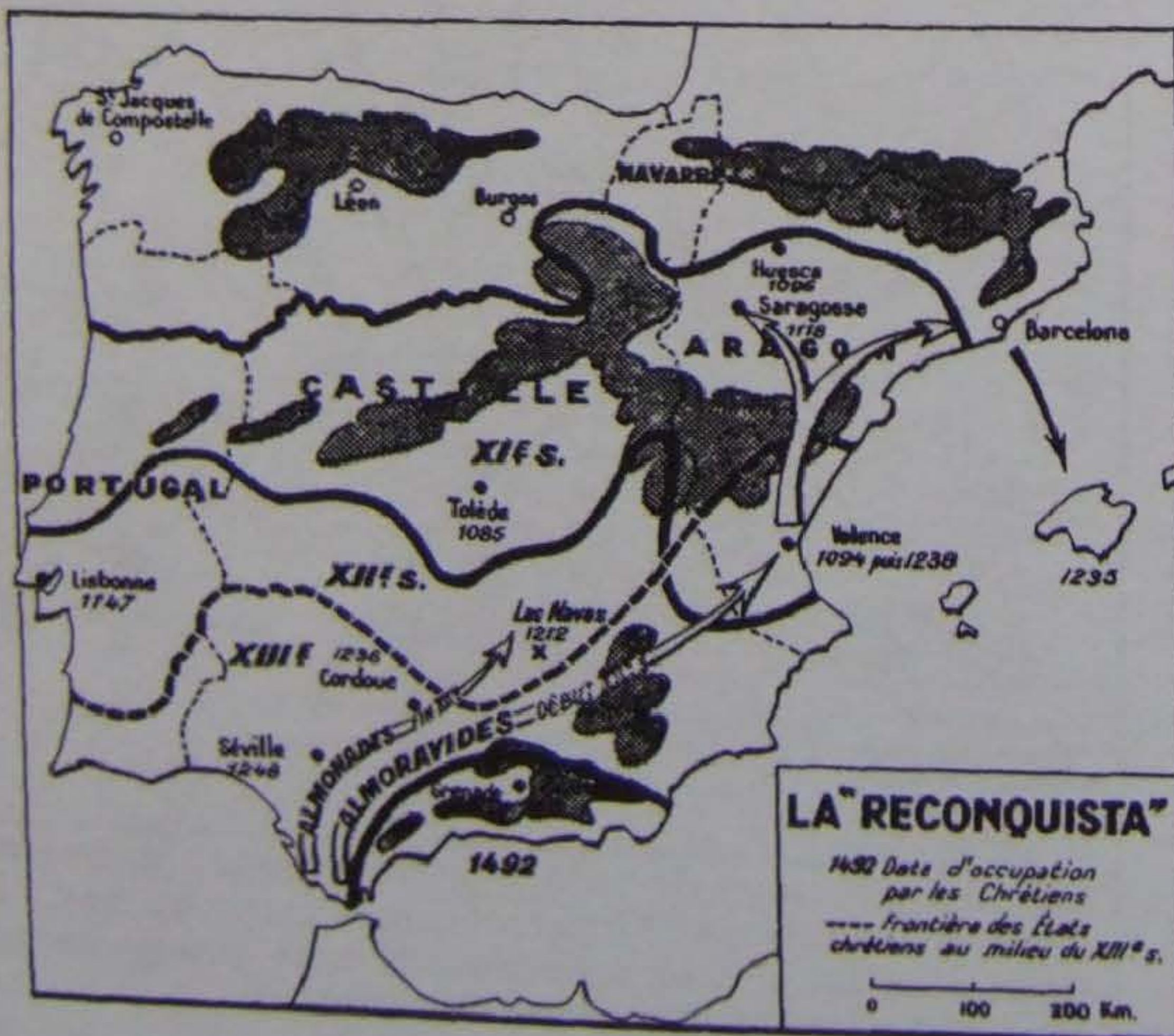
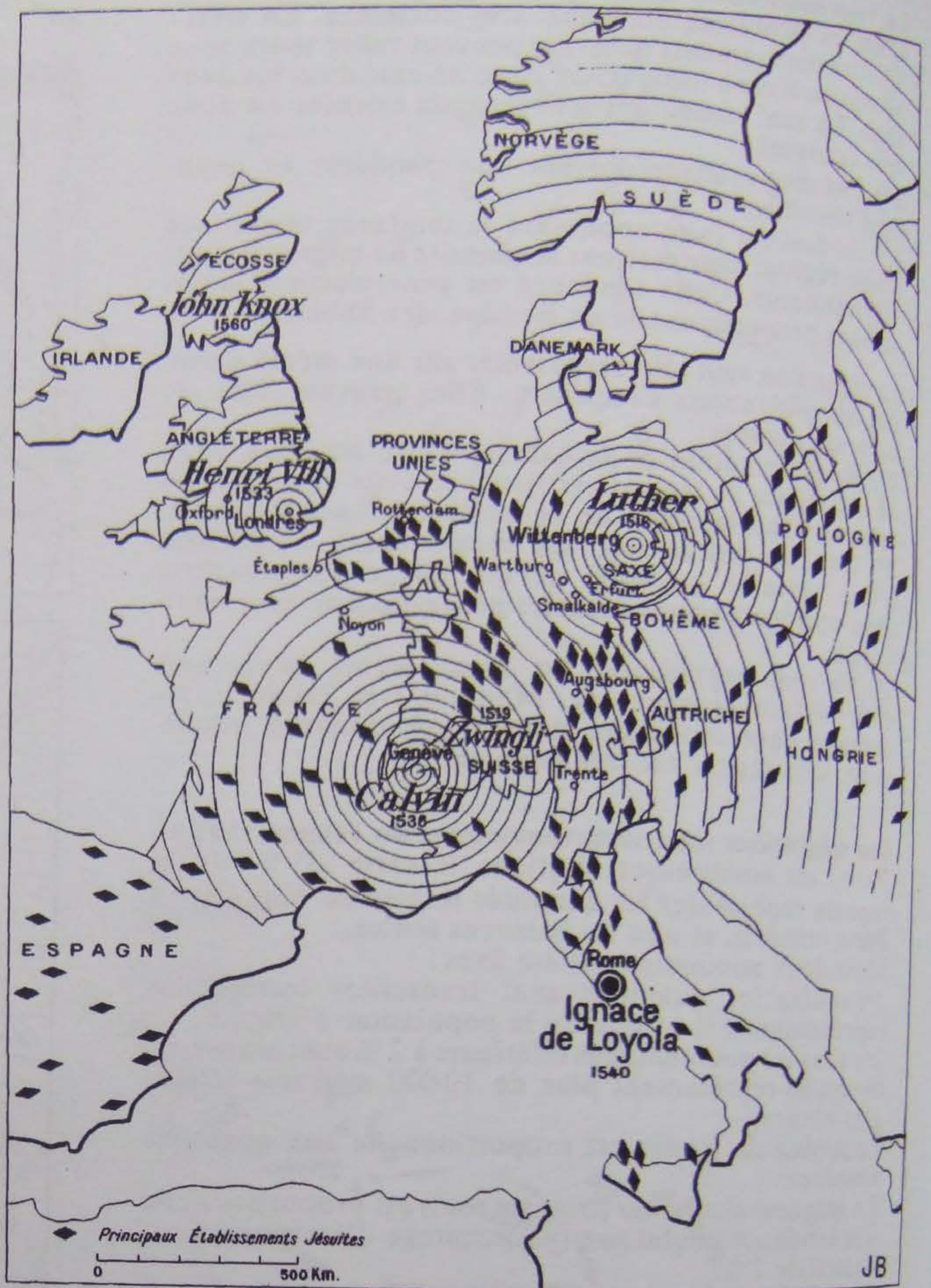


6



Dans les journées de juin (6), les troupes gouvernementales réduisent l'insurrection. Des flèches, de valeur plus foncée se superposent sans ambiguïté aux lignes et dessinent la marche des troupes.





### Les mouvements de zone

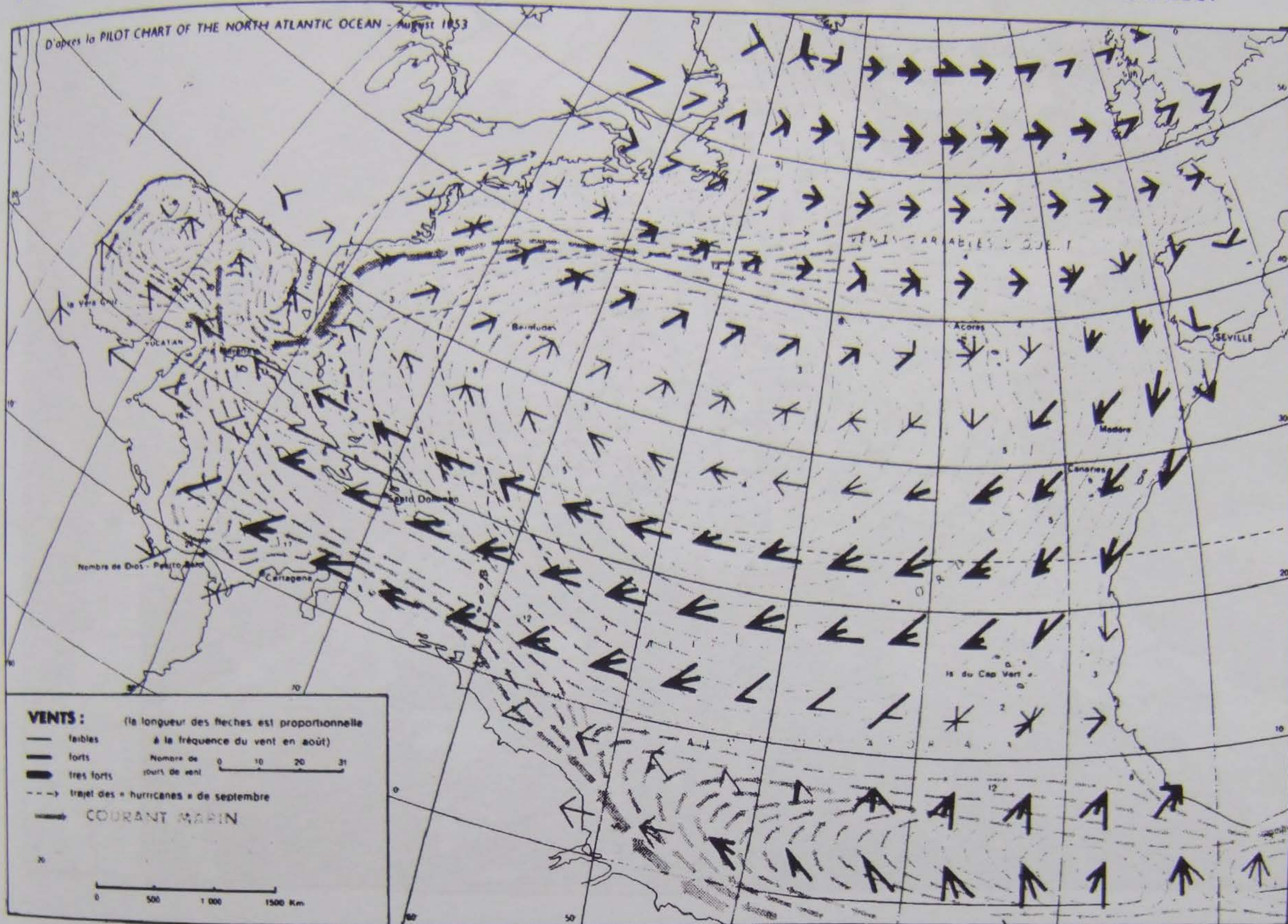
(1) Les étapes de la "Reconquista" ne sont pas sans retour en arrière, et il est alors nécessaire de différencier la ligne qui circonscrit le recul, des autres lignes (XIII<sup>e</sup> siècle). Des flèches permettent d'ailleurs de mieux comprendre l'inversion momentanée du mouvement.

(2) Le développement du protestantisme est un exemple de développement continu de plusieurs zones. Les cercles concentriques évoquent cette progression. En superposition : les Établissements Jésuites, sous l'impulsion centralisatrice de Rome.



# VENTS ET COURANTS MARINS EN ÉTÉ

MOIS D'AOUT

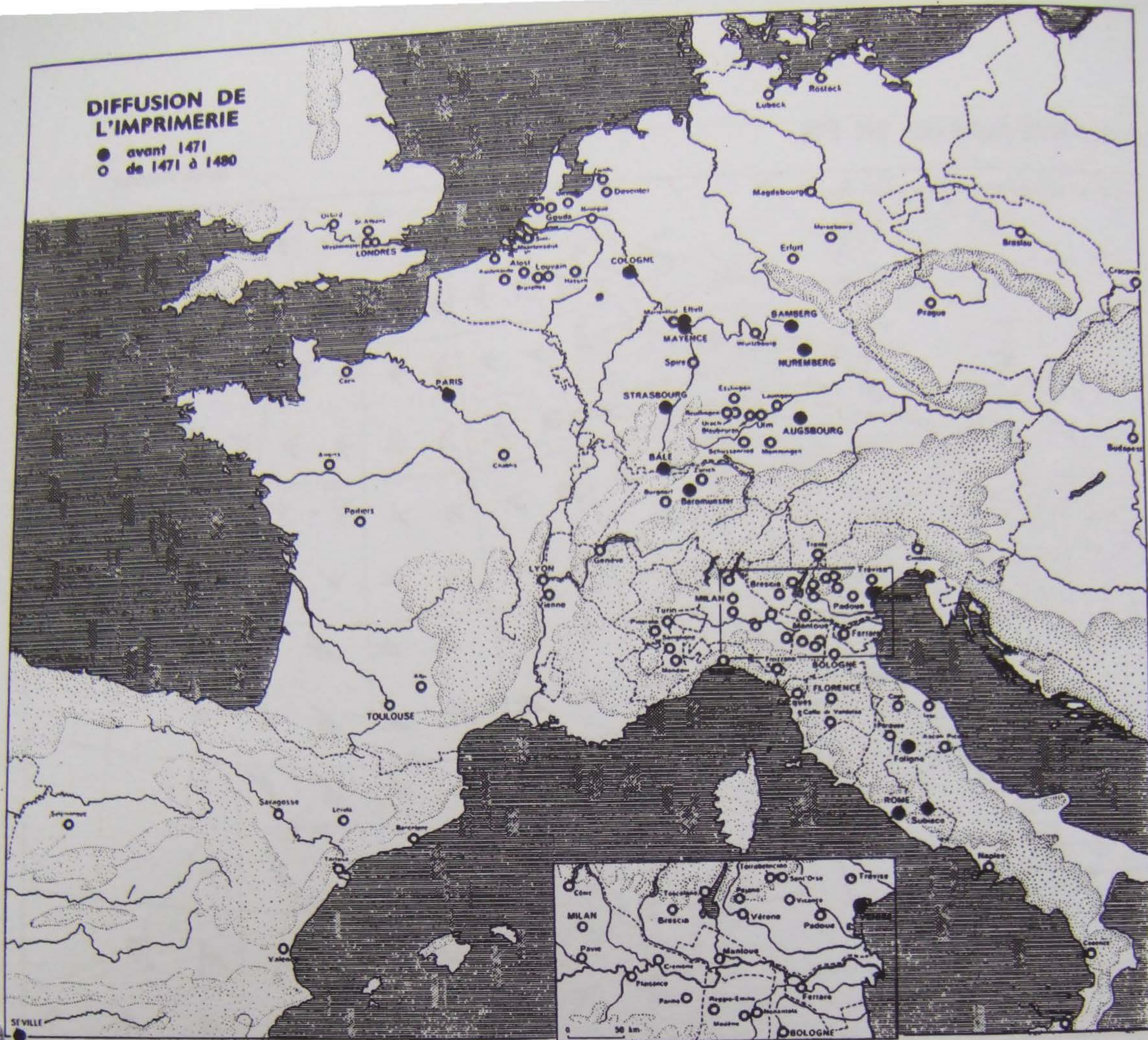


3



(3) Direction, force et durée d'un mouvement de zone (Atlas "Séville et l'Atlantique", déjà cité). En disposant d'une manière régulière des signes orientés il est possible d'évoquer les mouvements-plan de l'atmosphère (en noir) sous divers aspects et de donner une image spectaculaire des vents, fondée sur la force (vitesse) et la tendance directionnelle statistique. Les mouvements de la mer (en gris) sont plus simples. La direction est unique et une couverture complète de la surface par des signes permet de visualiser direction et vitesse en une image d'ensemble. Notons que dans les deux cas la perception de la vitesse résulte de l'emploi d'une variable rétinienne : la taille.





1

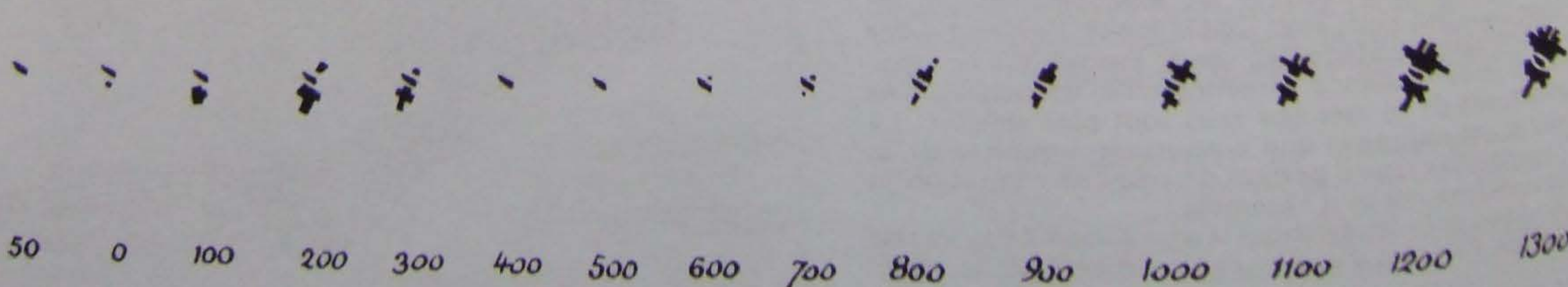
## LES SÉRIES D'IMAGES

**La diffusion de l'imprimerie (L. FEBVRE - H. MARTIN, Albin Michel, Paris 1958)**

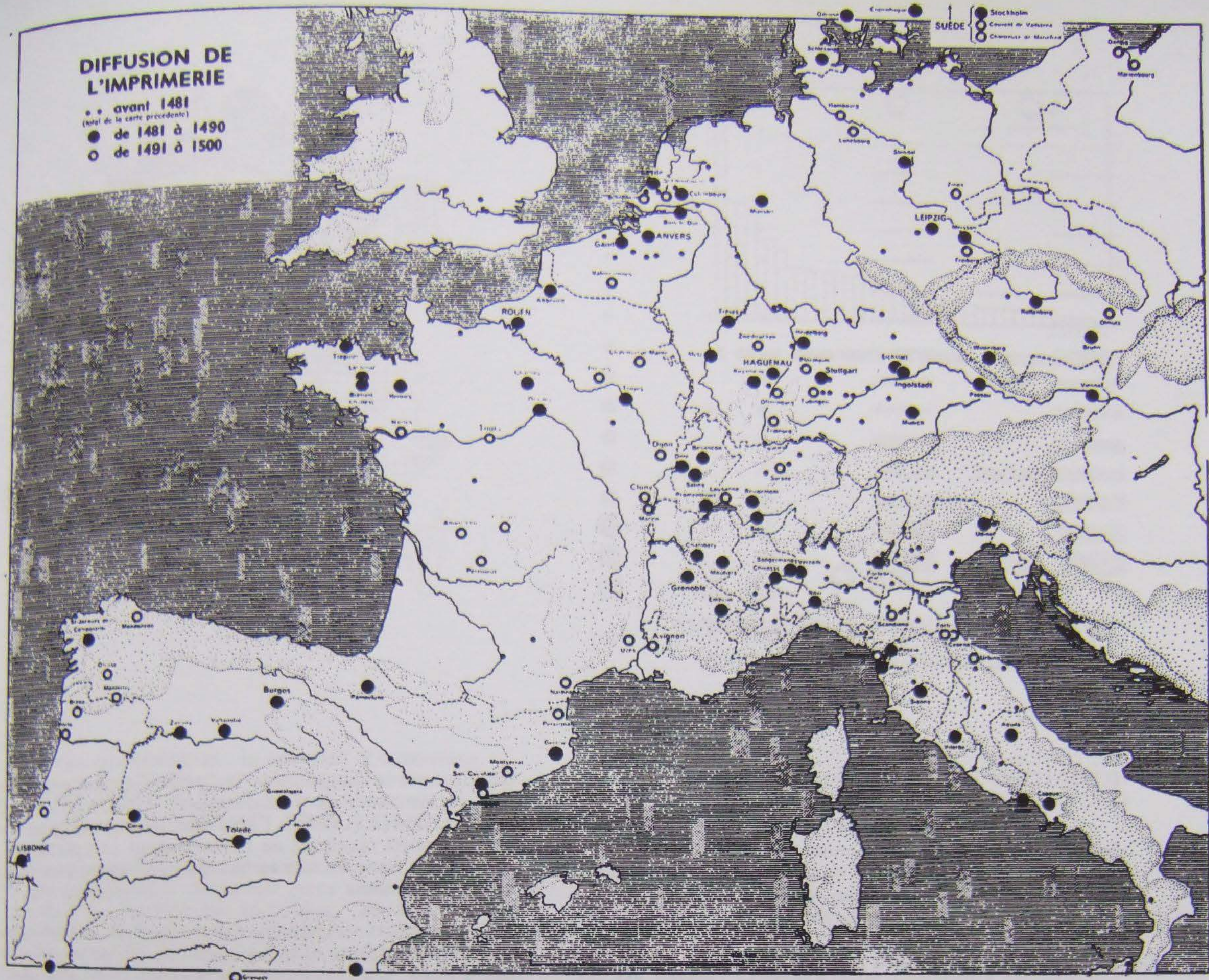
(1) et (2) Deux images permettent de représenter quatre étapes décennales de la diffusion de l'imprimerie. Il suffit de sélectionner vigoureusement (valeur) les deux étapes de chaque image.

Notons que le rappel discret (petits points) de la distribution de la première image permet de mieux juger des progrès nouveaux. (2) est, en fait, une carte de la différence entre les deux époques.

(3) **Évolution de Paris** - Pour les périodes très anciennes les évaluations statistiques ne sont qu'hypothèses. Par contre les témoignages archéologiques fournissent avec une bonne probabilité l'évolution de la surface bâtie. A condition que le temps soit homogène, c'est-à-dire représenté par des intervalles égaux (par exemple le siècle) la série des images trace une courbe. Elle souligne ici la révolution moderne, elle la date et sou-







2

lève le problème de sa nature. Est-ce une progression régulière, en quel cas une page entière ne suffirait pas pour représenter Paris en 2040 ? Ou bien, à cette date, Paris ne sera-t-il pas beaucoup plus grand qu'en 1940, ce qui témoignerait d'une mutation, la courbe d'ensemble formant un redan et deux paliers.

En matière d'histoire classique, il est d'usage de choisir les dates en fonction des événements. Le temps devient hétérogène. Nous pensons que c'est une mauvaise utilisation des propriétés de la représentation graphique. Personne ne penserait pouvoir prendre une telle liberté dans un diagramme. Alors pourquoi le faire avec des cartes ?

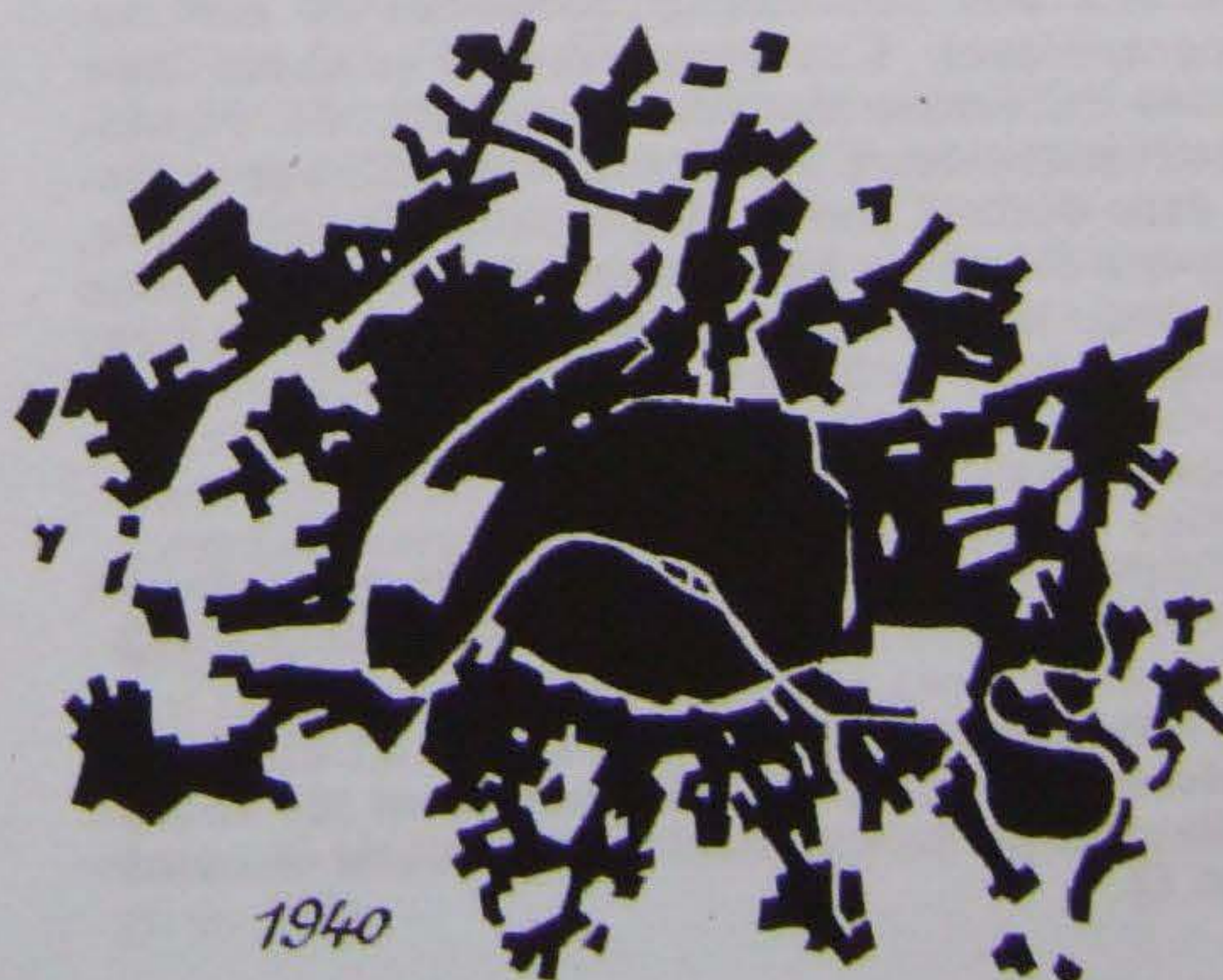


1500

1600

1700

1830



1940

?

2040





1

### 3. CARTES GEO Q

(une composante géographique  
une composante quantitative)

#### DÉFINITION D'UN PROBLÈME GEO. Q.

On considérera qu'une composante est **QUANTITATIVE** lorsqu'il sera convenu que la représentation graphique doit traduire, en premier lieu, la **VARIATION DE DISTANCE** entre les catégories, variation exprimée par les quantités.

Lorsque les catégories sont alignées, l'image est un histogramme de répartition. Les groupements visuels correspondent aux paliers de cet histogramme. Ils sont indépendants de l'ordre géographique (1).

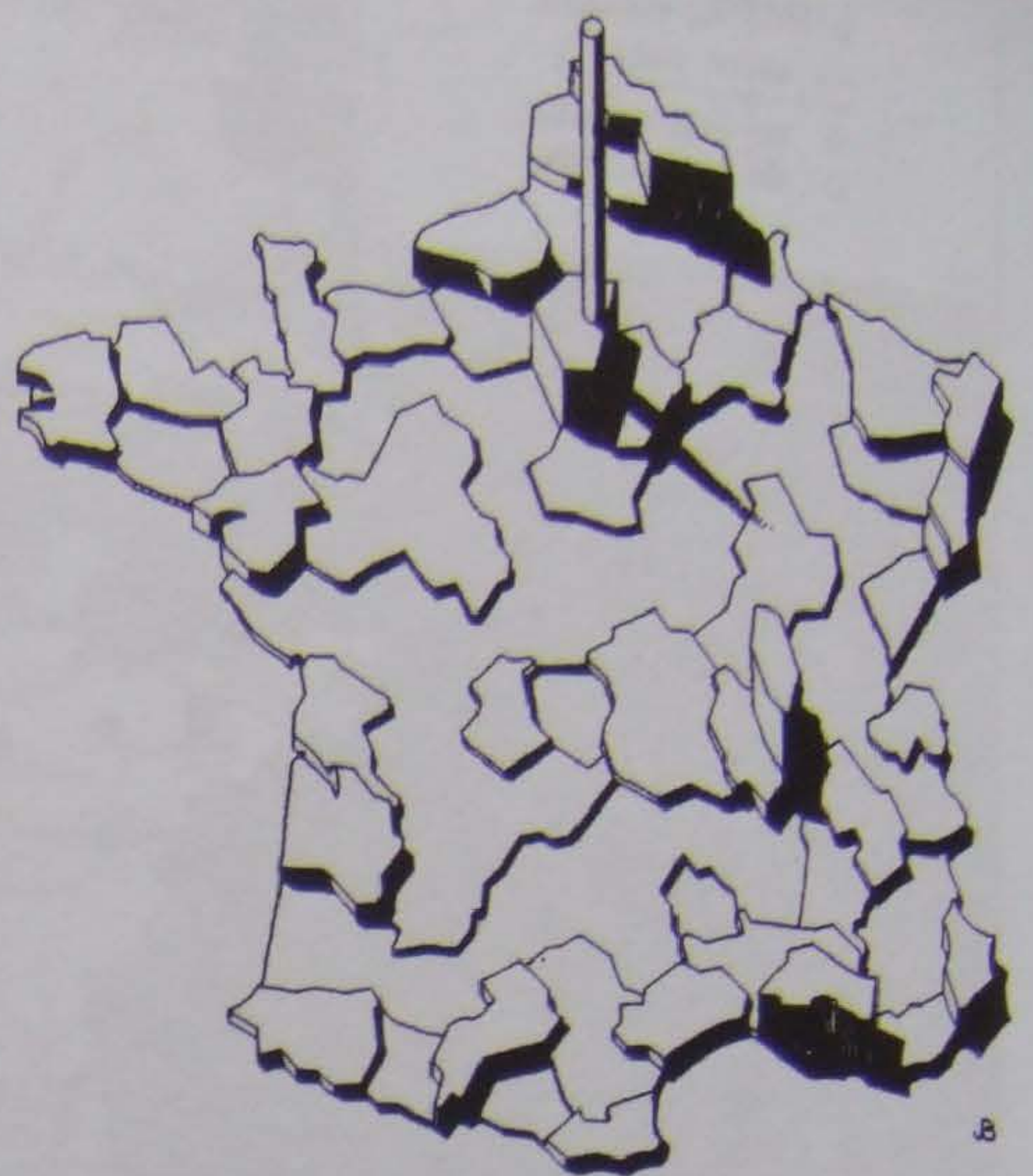
Lorsque les catégories forment un réseau (géographique ou non), l'image est un relief (histogramme à trois dimensions) et les groupements visuels correspondent aux replats de ce relief (2).

La carte représente alors les groupements résultant de la combinaison des *distances quantitatives* et des *distances géographiques*. Ces groupements peuvent être sensiblement différents de ceux résultant de l'histogramme de répartition. Un palier de celui-ci, par exemple, peut être détruit par la dispersion géographique, tandis que des éléments non groupés sur le diagramme peuvent fournir des zones géographiques sensiblement plus homogènes (3, p. 375).

En conséquence :

1°) L'histogramme de répartition ne suffit pas à définir les paliers résultants de l'information complète **GEO Q**.

2°) Seul l'histogramme à trois dimensions ("relief") est susceptible de représenter l'information et de fournir tous les niveaux de groupements résultant de la combinaison **GEO Q**.



2

3°) Comme le diagramme, le "relief" doit représenter tous les nombres de l'information, **APRÈS QUOI, ET SEULEMENT APRÈS**, l'observateur peut dégager les groupements résultant de l'information complète. Les paliers sont en fait le but de l'opération graphique, et non le moyen.

4°) Tout choix de paliers, préalable à la construction du "relief", même défini à partir de l'histogramme de répartition, transforme la composante Q en une interprétation O, dont les paliers sont, à priori, équidistants. (Ex. gamme de valeurs formées de grisés p. 77).

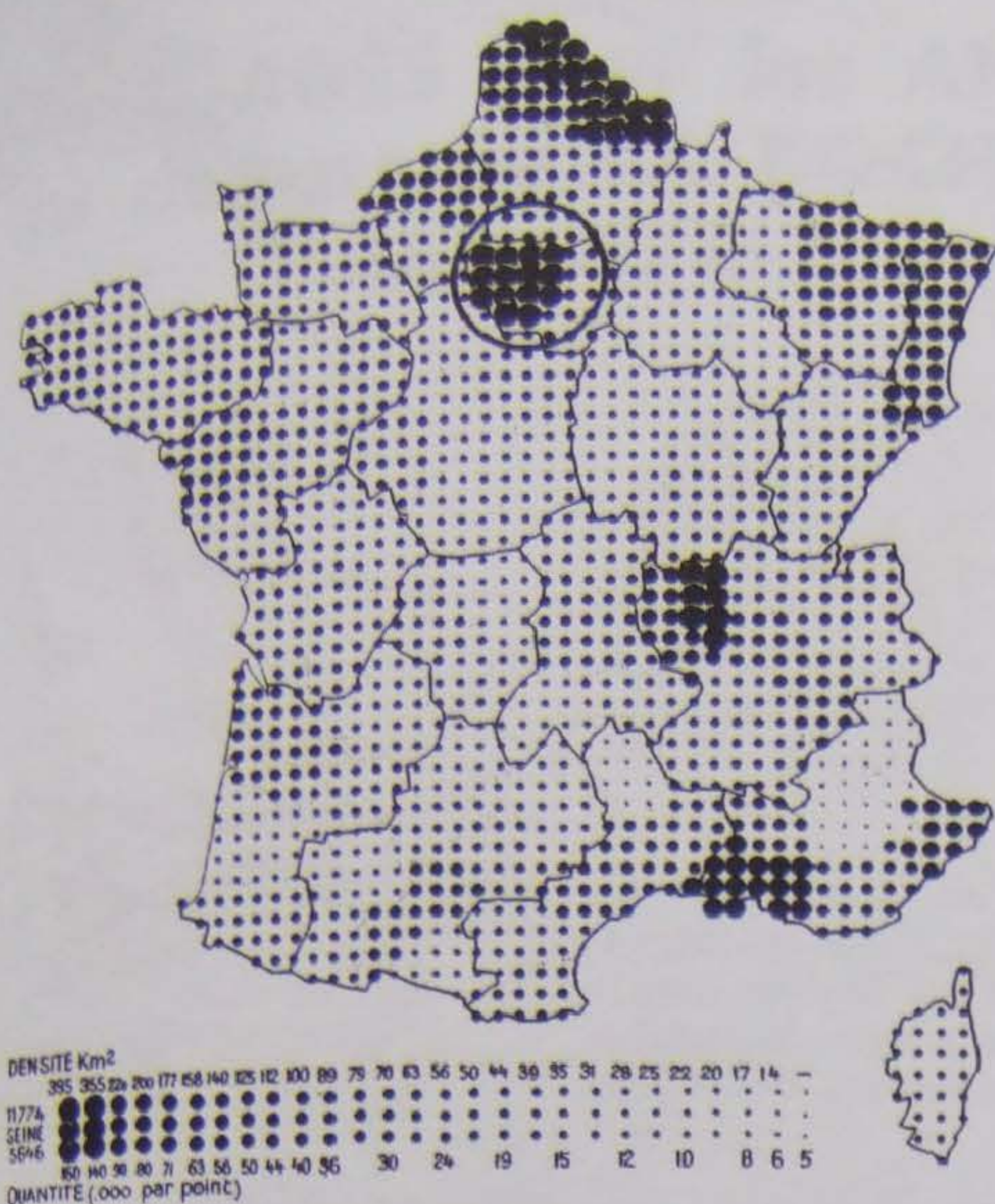
Pour bien préciser notre pensée, nous dirons :  
**Un problème graphique est GEO Q lorsque son but est la découverte des groupements résultant de la combinaison des deux composantes.**

**Un problème graphique est GEO O lorsque son but est la répartition géographique de groupements ordonnés (paliers) préalablement définis.**

Les trop nombreuses interprétations d'informations zonales quantitatives suivant cette dernière formule, qui transforme indûment la composante Q en une série équidistante O ont comme principale origine l'absence d'une représentation proprement quantitative. Et l'habitude visuelle ainsi acquise a pris force de loi, bien qu'elle ne soit pas conforme aux données fondamentales du problème posé.

5°) Il importe donc de définir, principalement en implantation zonale, une représentation ordonnée et quantitative dont la perception fournira les mêmes possibilités de groupements visuels que le "relief". Cette représentation, c'est la gamme naturelle des tailles croissantes, appliquée à un semis régulier de points (3).





3

### L'étendue des quantités : le correctif d'extension.

Soit une série quantitative dont les nombres extrêmes sont 127 et 11687. Le plus grand nombre contient 92 fois le plus petit ( $11687/127 = 92$ ). La série s'étend de 1 à 92.

Une composante Q peut s'étendre de 1 à 10 millions et plus (population). Mais elle peut aussi ne s'étendre que de 1 à 1,2 (taille des individus,  $180/150 = 1,2$ ) et tous les intermédiaires sont possibles.

En regard, la gamme sensible a une étendue pratiquement constante dans chaque implantation. On rencontrera donc trois problèmes de représentation quantitative :

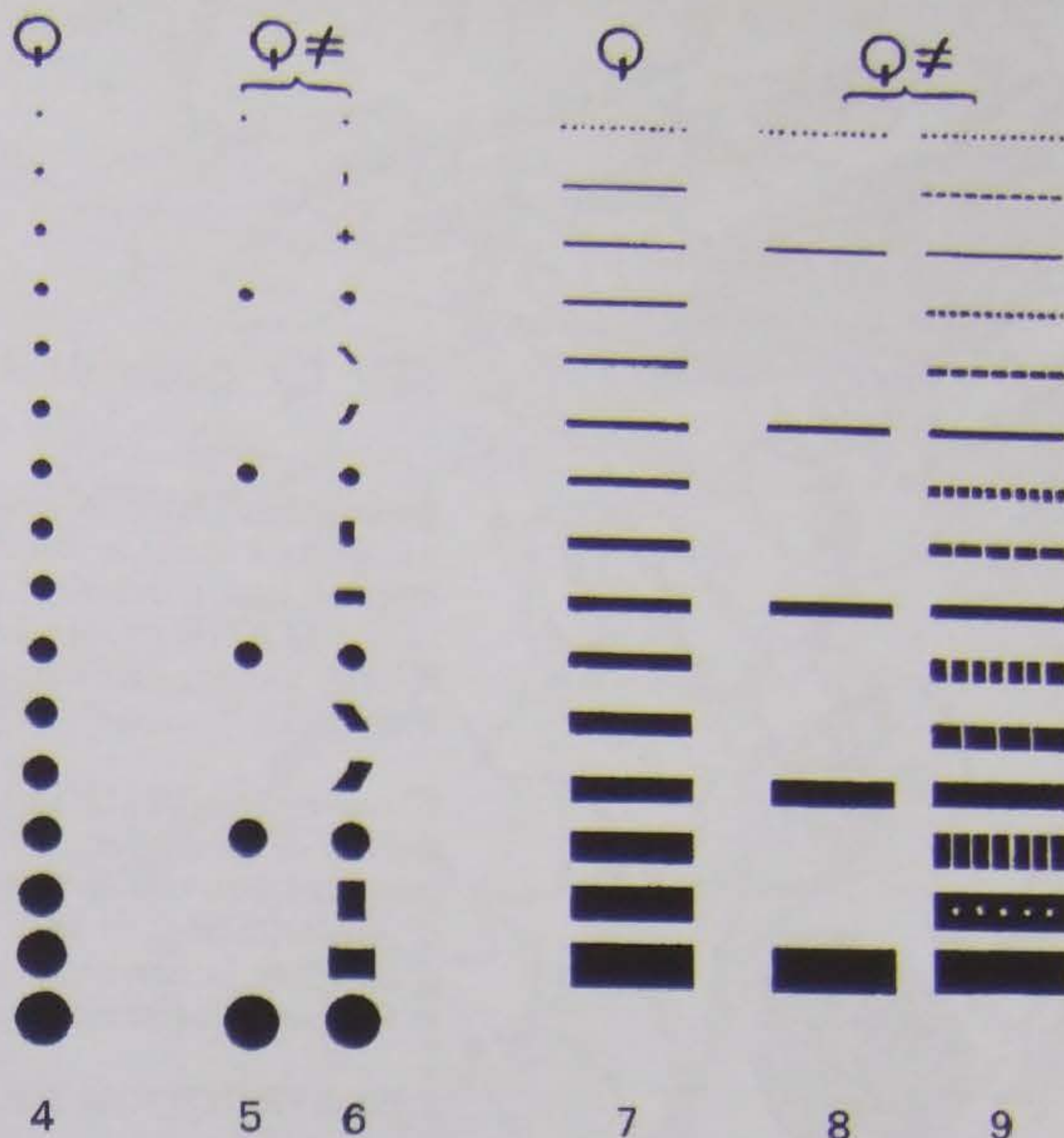
1° L'étendue des Q est supérieure à la gamme sensible. Il faut procéder à une RÉDUCTION de cette étendue, soit proportionnellement, soit par ablation des queues (détermination de quantités-limite).

2° L'étendue des Q est du même ordre de grandeur que la gamme sensible. On utilise la CORRESPONDANCE NORMALE : surface des signes = Q. C'est en effet dans cette correspondance que les rapports perçus entre les signes sont les plus proches de leur expression numérique. Un nombre B apparaît le double d'un nombre A quand la surface du signe B est double de celle du signe A.

3° L'étendue des Q est inférieure à la gamme sensible. L'image qui résulte de l'application de la correspondance normale n'est pas différenciée. On considérera deux cas :

a) La non-différenciation est significative. Ceci peut arriver dans les séries de cartes dont la légende doit être homogène. Certaines cartes peuvent témoigner d'une distribution non différenciée.

b) Les écarts sont significatifs, mais la non-différenciation provient de la nature de la mesure (taille des individus, rendements). La carte est faite pour être comparée à d'autres cartes. C'est une comparaison de phénomènes pour une même région, c'est-à-dire une COMPARAI-



SON DE FRÉQUENCES. Les variations doivent être rendues visibles. On procédera à une EXTENSION de la série Q le long de la gamme sensible jusqu'à lui donner une variation visuelle suffisante.

### Le correctif de densité.

Dans les comparaisons de fréquences, les cartes doivent être comparables (égalisation des moyennes). On choisira donc la dimension du signe minimum de manière à égaliser le total des "noirs" dans chaque carte (p. 374).

### Le niveau de lecture et ses implications.

Une carte GEO Q a comme objet essentiel d'apporter une réponse aux questions de *niveaux moyens* (quels sont les groupements géographiques résultants ?) et à la *question d'ensemble* (quelles sont les cartes qui se ressemblent, c'est-à-dire dont les concepts ont une probabilité de corrélation géographique). La gamme des tailles croissantes y suffit, dans chacune des implantations (3), (4) et (7).

Le lecteur peut cependant éprouver le besoin de poser des *questions élémentaires*, pour lesquelles la seule variation de taille ne suffit plus. Lorsqu'elles sont introduites par la composante GEO (quelle est la population de telle ville ?) ces questions impliquent que l'on reconnaisse dans la légende le signe observé sur la carte. Une redondance de forme dans les points, de grain dans les lignes (9) fournit la solution.

Lorsque la question est introduite par la composante Q (telle quantité, quelle est sa distribution ?) elle implique que la quantité cherchée se sélectionne (≠) sur la carte. Pour les lignes, le grain suffit (9). Pour les points il faut, soit augmenter l'écart entre les paliers : (5) et (8) mais par conséquent en réduire le nombre, soit introduire une redondance d'orientation (6) et (6 p. 377).





## GEO Q ponctuel

**Exemple :** Distribution des engagés pour les Antilles, au départ de La Rochelle, de 1634 à 1715, suivant GEO : le lieu d'origine; Q: le nombre - (Carte E.P.H.E. in R. MANDROU: Les Français hors de France au XVII<sup>e</sup> siècle, Annales ESC, 1959, n° 4, A. Colin, Paris) (1).

C'est en implantation ponctuelle que la gamme des tailles disponibles est la plus longue, car les signes peuvent couvrir une large surface autour de leur centre d'implantation. Il sera donc presque toujours possible d'adopter la *correspondance normale* (surface des signes = Q) pour les séries très étendues.

### CONSTRUCTION DE LA GAMME NORMALE

*Par le calcul des rayons.* Pour que la surface des cercles soit proportionnelle aux Q, les rayons doivent être proportionnels aux racines carrées des Q.

Il en est de même du côté du carré, du côté du triangle ou de toute base de construction d'une figure dont la surface doit varier proportionnellement aux Q.\*

Mais le calcul des racines est inutile, car le même résultat peut être obtenu de manière beaucoup plus rapide et sûre par les moyens suivants :

*L'abaque surface-rayon* (p. 422) fournit directement en lisant Q, le rayon du cercle correspondant.

*La gamme naturelle préfabriquée* (p. 369) fournit directement, en lisant Q, le cercle préfabriqué de surface Q.

*Les colonnes étalonnées* (p. 360).

### Superposition des signes.

En implantation ponctuelle, les signes peuvent se chevaucher. Dans ce cas les plus petits doivent être réservés dans les plus grands. Le meilleur processus de dessin est décomposé en (2).

### Légende.

Elle doit permettre de relire approximativement les Q portées sur la carte et éventuellement signaler la présence de gammes extensives ou réductives, mais rappelons qu'elle ne remplacera jamais la lecture des chiffres eux-mêmes. La légende comportera donc :

1° le signe minimum et sa quantité correspondante (unité visuelle de comptage);

2° des paliers repères;

3° autant que possible le signe maximum et sa quantité correspondante.

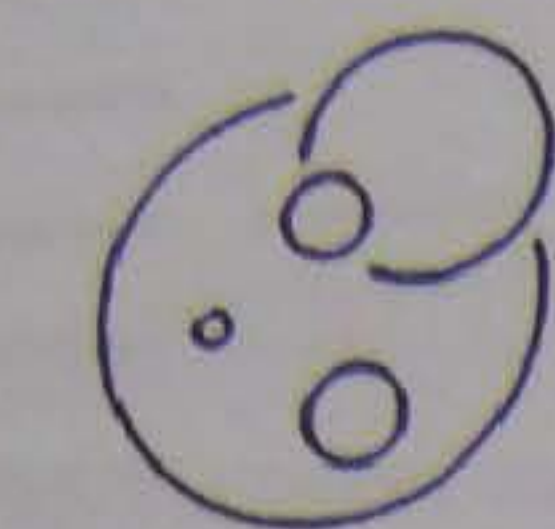
Il est souvent préférable de ne pas pocher les signes de la légende (1), pour éviter de mémoriser une image géographique d'ensemble déformée par le poids visuel de la légende.

\* Si l'on emploie dans une même représentation des signes de formes différentes, on se rappellera que pour une surface égale, les bases de construction sont différentes (3). Le cercle restera toujours, grâce au compas (balustre) la figure la plus simple et la plus rapide à construire.

### Echelle des cercles

○	1 engagé
○	5 engagés
○	10 »
○	50 »
○	100 »
○	200 »
○	500 »

Les engagés, dont on ne connaît que la province d'origine, ont été indiqués par des cercles blancs.



2

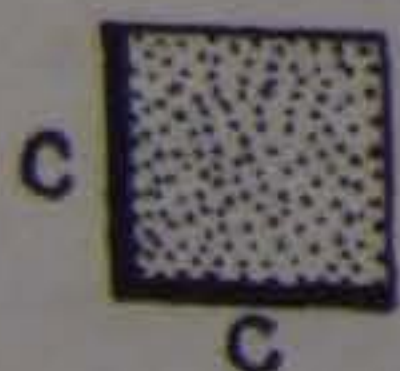
3

$$S = 100 \text{ mm}^2$$

mm



$$R = 5,642$$



$$C = 10$$



$$C = 14,14$$



$$C = 15,2$$



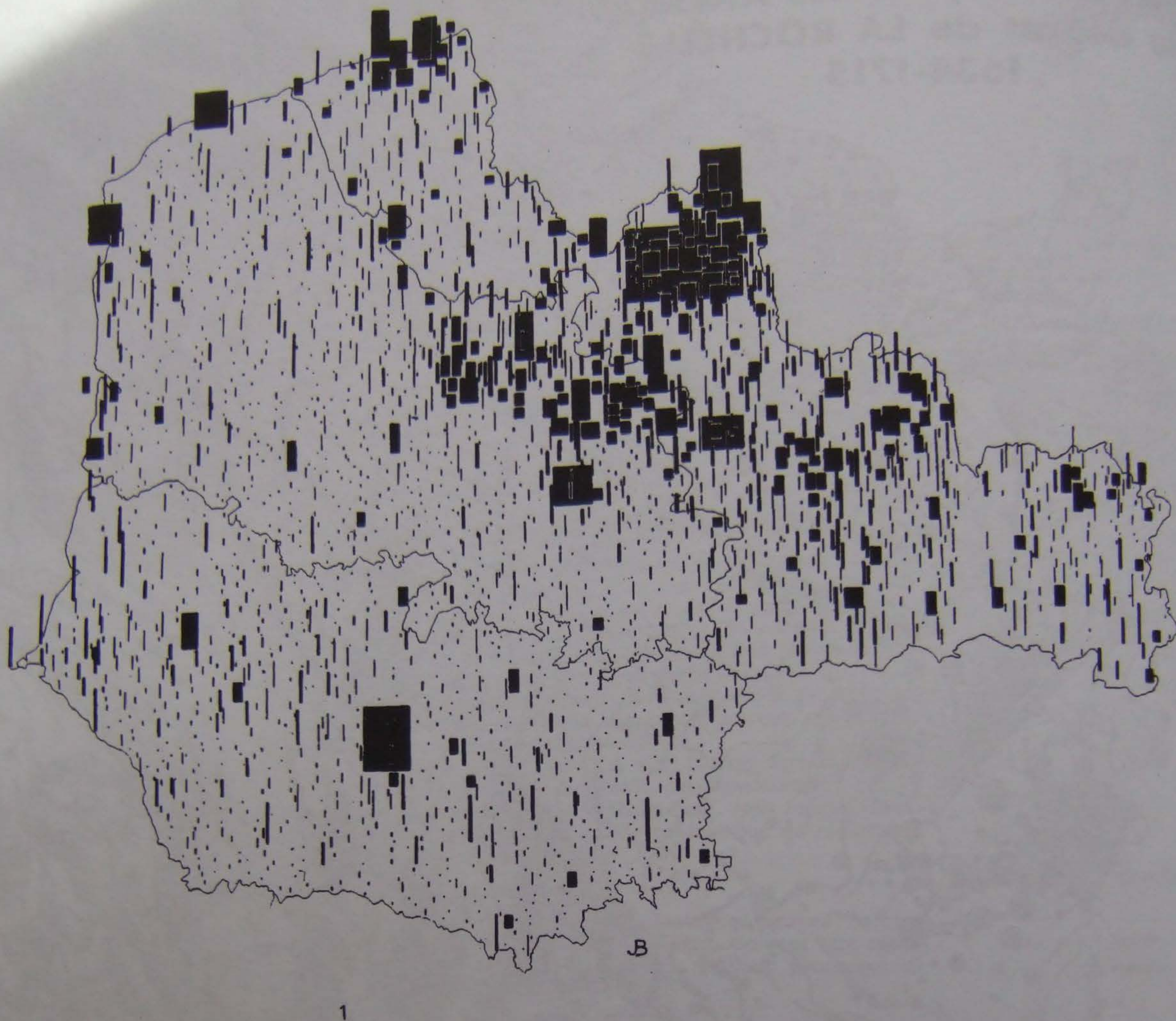
**Les ENGAGÉS pour les ANTILLES  
au départ de LA ROCHELLE  
1634-1715**



0 100 200 Km

LABORATOIRE DE CARTOGRAPHIE DE L'ECOLE PRATIQUE DES HAUTES ETUDES - PARIS.





1

### Les colonnes étalonnées.

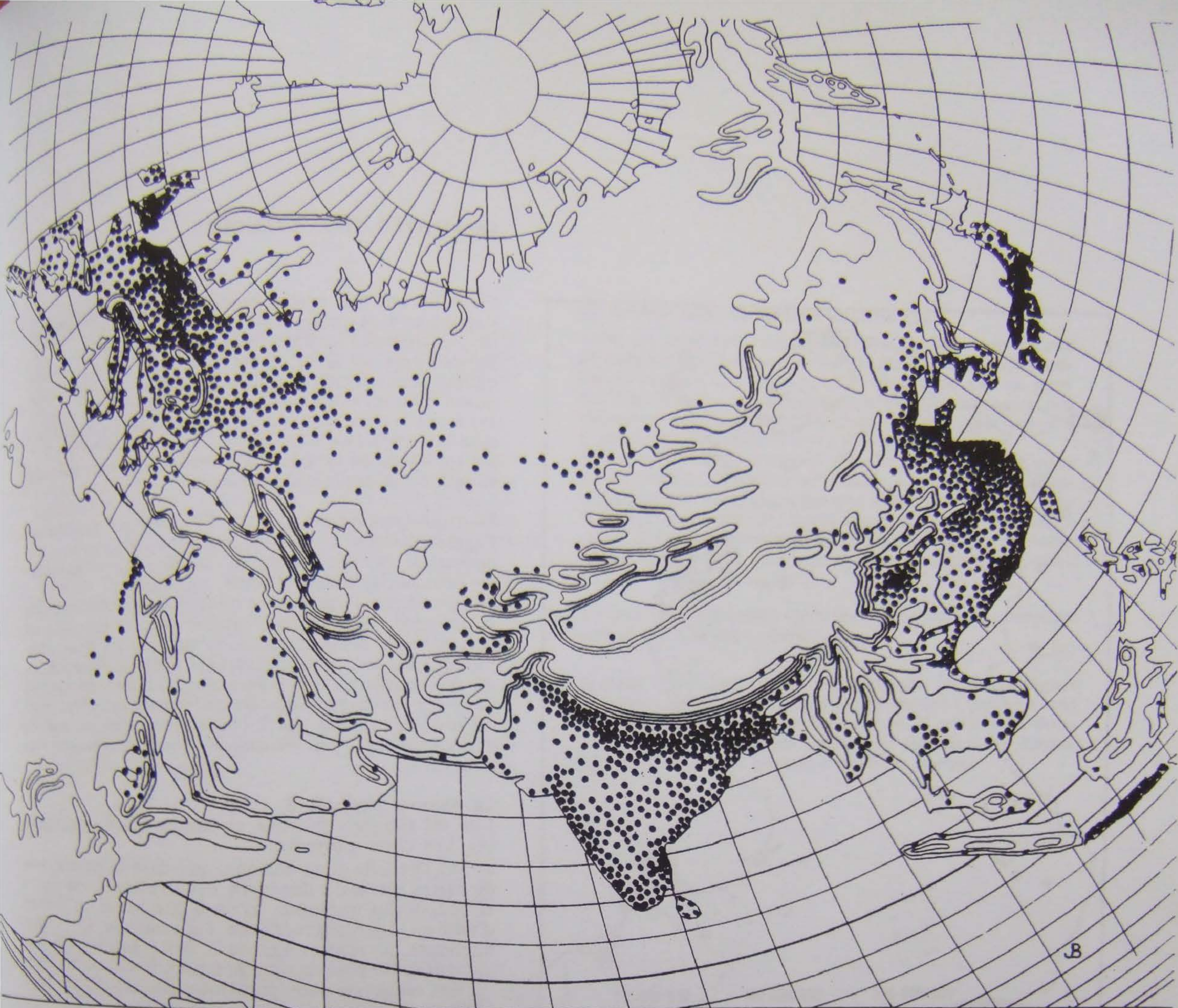
La carte (1) : Nombre de comptes chèques postaux ouverts par commune, dans les départements du Nord, Pas-de-Calais et Somme est un exemple de surfaces proportionnelles aux Q, construites suivant le système des colonnes étalonnées.

On conçoit au préalable une série de lignes de largeur connue croissante, et par exemple (2). Pour une hauteur constante, la surface de ces lignes est proportionnelle à la largeur, et l'on peut y faire correspondre une série de Q dans cette proportion (3). Il ne suffit plus que de faire varier arithmétiquement les hauteurs pour obtenir les surfaces correspondant aux Q intermédiaires (4).

(3) est la légende de la carte (1), et il n'est pas nécessaire de faire figurer (4) dans les légendes. Dans cette construction, c'est généralement la base de la colonne qui correspond à la position géographique.







5

### La quantité proportionnelle de points égaux.

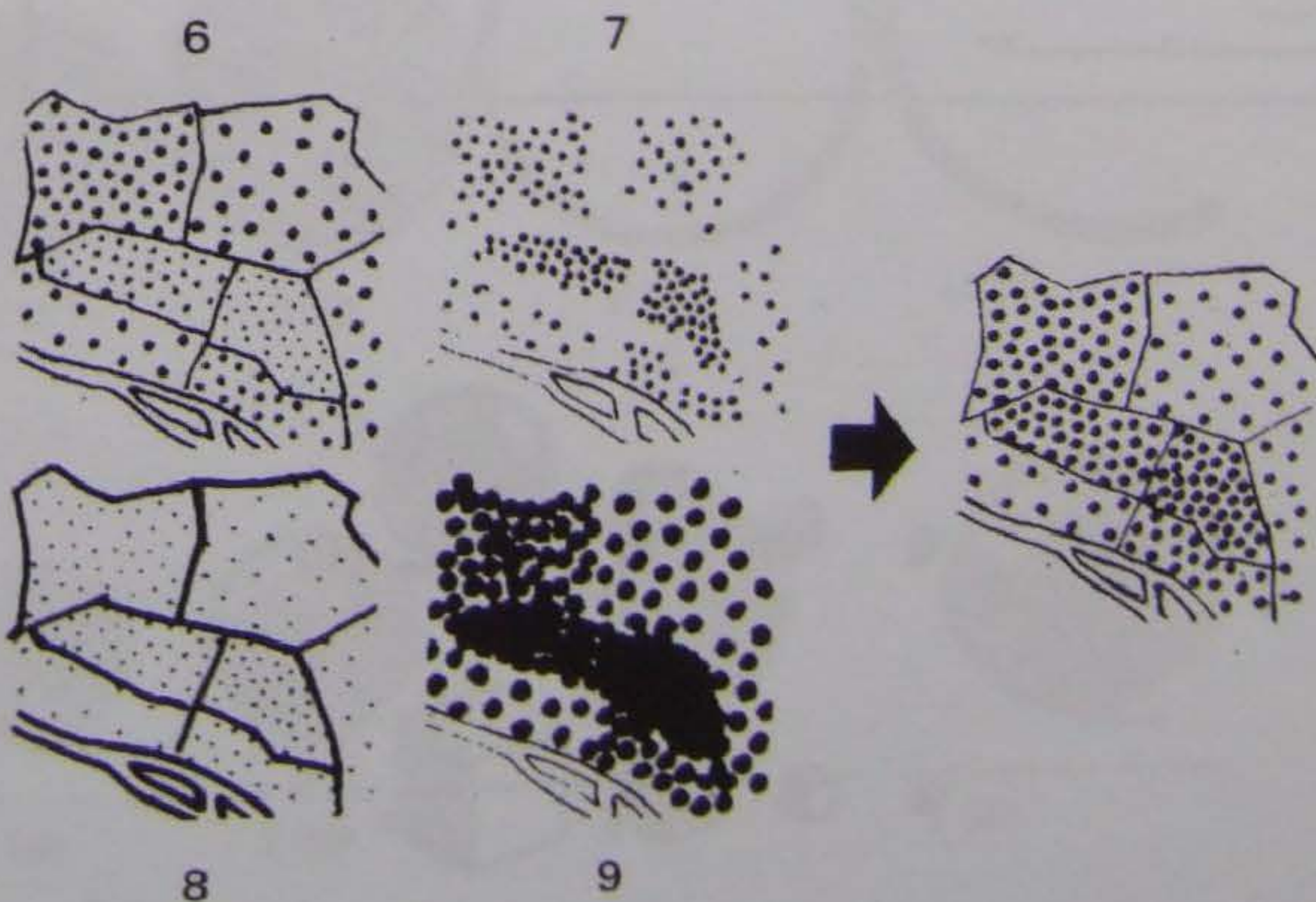
C'est le nombre des points qui est proportionnel à  $Q$ . Cette formule permet de suivre une distribution géographique à l'intérieur des zones de comptage.

Dans la carte ci-dessus : Population de l'Eurasie en 1936 (1 point représente 1 M d'habitants), les zones de comptage sont les États mais la distribution interne est liée à une connaissance plus fine.

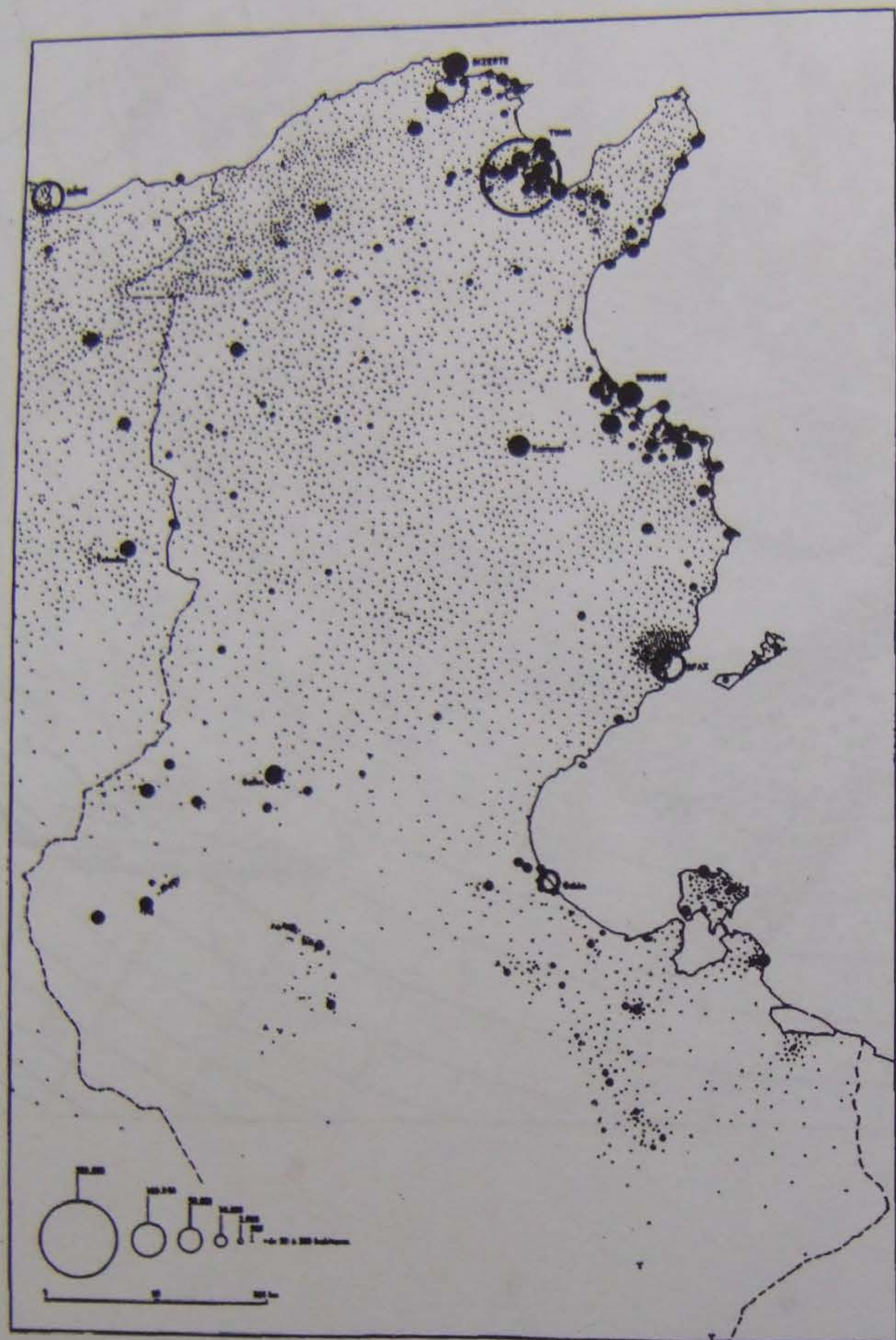
Cette formule s'accommode mal des grandes concentrations. Il faut éviter des noirs absolus étendus, et choisir dimension et signification quantitative du point de telle sorte que dans les plus grandes densités l'œil perçoive que les points sont juxtaposés et non superposés.

### Erreurs courantes :

- (6) Points inégaux, limites trop grosses.
- (7) Points trop groupés au centre de la zone.
- (8) Points trop petits. Limites trop grosses.
- (9) Points trop gros, ne sont pas comptables.

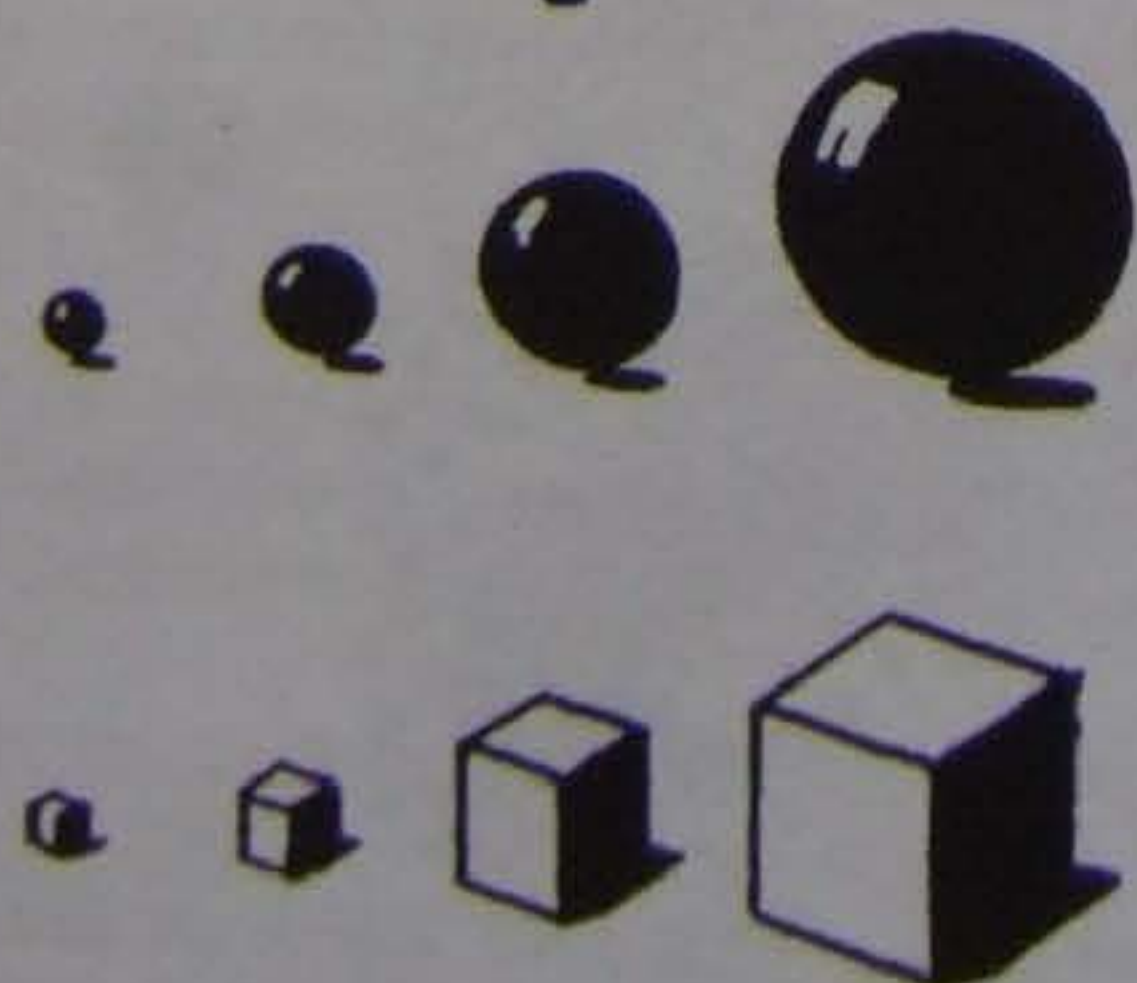






1

2



## QUANTITÉS TRÈS ÉTENDUES

C'est le cas des cartes précises de population, qui s'étendent à des régions de densités variables. Rappelons les données fondamentales du problème. Dans une information **GEO Q** chacune des deux composantes, quantités d'une part, espace de l'autre, est par définition homogène et il s'agit de découvrir :

- 1°) si la collusion des deux composantes crée une structure homogène ou non.
- 2°) les lignes de l'espace et les niveaux quantitatifs qui situent les éventuels changements de structure.

Une information **GEO Q** pose le problème général de l'agglomération et la représentation graphique doit permettre de découvrir **OU** et pour quels nombres on peut parler d'une structure agglomérée. Par conséquent, lorsque les difficultés de représentation conduisent le rédacteur à définir préalablement deux structures (urbaine et rurale) et quelquefois deux gammes différentes, celui-ci inverse le problème graphique, ou le transforme en une exposition de conclusions acquises sur la base d'autres informations. C'est alors un problème **GEO Q**,  $\neq 2$  (structures), qui interdit de découvrir les caractéristiques des changements de structures.

### La gamme normale $S = Q$ .

Elle est toujours possible en implantation ponctuelle (4). Les choix porteront :

- a) Sur l'échelle géographique, qui, dans la perspective de cartes servant à découvrir des structures, est liée à la finesse des questions, avant d'être liée à un format d'édition. L'homogénéité de l'information **Q** permet d'ailleurs de réaliser l'étude à des échelles suffisamment grandes pour faciliter le report précis, puis d'opérer une réduction photographique très importante pour l'édition.
- b) Sur la dimension du point minimum. Il peut être très petit si le fond de carte est léger;
- c) Sur la signification quantitative des points. L'ablation des quantités inférieures a une incidence très grande. Le choix de 50 au lieu de 1 pour la signification du point minimum réduit de 50 fois la surface des plus grands signes. Ceux-ci peuvent être remplacés par des couronnes dont le centre doit être figuré par un signe particulier.

### Points égaux et gamme normale.

Population de Tunisie (d'après R. LALUE, Annales ESC 1962, n° 2, A. Colin, Paris) (1). Cette combinaison évite les inconvénients de la formule des points égaux. Attention à l'ambiguïté visuelle au moment du changement de formule. Si les points égaux signifient 100 et que le premier point proportionnel signifie 500 et ait 5 fois la surface du point 100, quatre points rapprochés de 100 provoquent le phénomène de fusionnement et sont plus visibles que le point 500. On corrige en augmentant légèrement la surface du point 500, ou en réduisant la surface des points élémentaires.



**La gamme :**  $\text{surface} = \sqrt{Q}$

C'est une réduction de l'étendue des Q (3). Etant proportionnelle elle permet de découvrir les paliers de la série traitée. Elle est applicable chaque fois que se pose le problème de la découverte des paliers.

**La représentation en volume.**

La correspondance  $\text{Surface} = Q^{\frac{2}{3}}$  (ou rayon  $= \sqrt[3]{Q}$ ) peut aussi s'écrire.  $\text{Volume} = Q$  et les quantités sont proportionnelles au volume des sphères dont le diamètre serait égal au diamètre des cercles. Il faut donc suggérer que les cercles sont des billes, que les carrés sont des cubes, que les triangles sont des pyramides... (2). Mais il faut reconnaître que la perception humaine ne permet pratiquement pas de définir les rapports entre des volumes figurés, aussi suggestifs soient-ils, par des nombres correspondants aux volumes réels, c'est-à-dire aux quantités absolues. 10 % des lecteurs évaluent un volume avec seulement  $\pm 15\%$  d'erreur et sitôt que la lecture se situe aux niveaux moyens, et bien sûr, au niveau de l'ensemble, seule la surface des signes (quantité plane de "noir") peut avoir une signification quantitative.

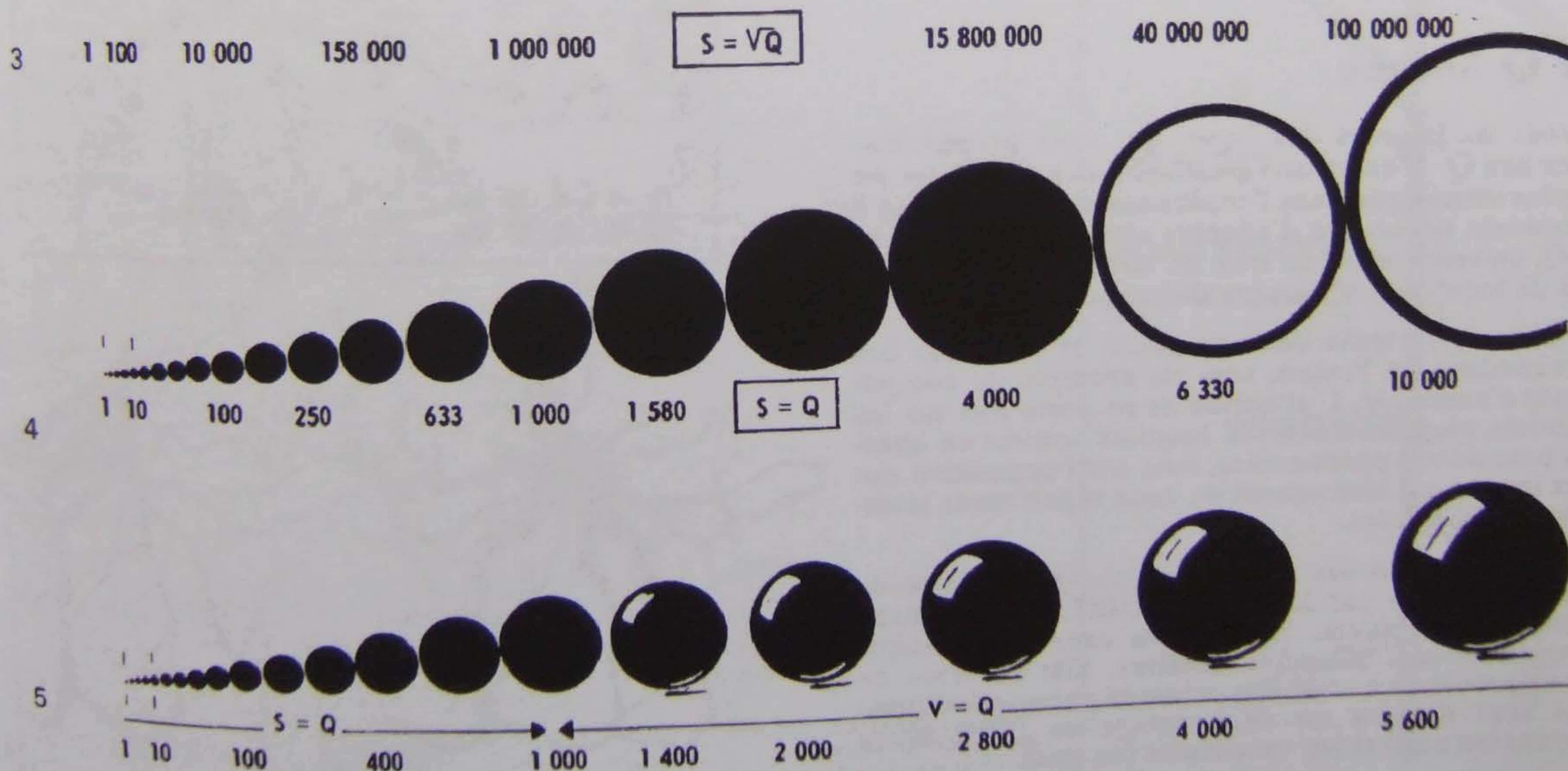
**La double gamme surface-volume (5).**

Dans un problème strictement **GEO, Q** c'est une erreur de considérer l'hétérogénéité préalable de la représentation comme l'une des options possibles. On ne peut infléchir les lois de la perception et l'homogénéité des variables est un impératif dont la transgression n'a d'autre résultat que l'erreur d'interprétation.

L'emploi de deux gammes visuelles ( $\text{Surface} = Q$  pour les populations dispersées;  $\text{Volume} = Q$  pour les populations agglomérées) implique une définition préalable de la limite entre les structures alors que c'est justement cette définition qui constitue la finalité de la représentation. Il ajoute de plus une double ambiguïté visuelle :

a) peut-on, à la limite entre les deux gammes, comparer une surface et un volume ?

b) dans toute perception étendue sur plusieurs signes (niveaux moyens et lecture d'ensemble) l'œil voit une variable de 3<sup>e</sup> dimension homogène. Il attribuera donc implicitement à tous les signes une signification homogène, évidemment perçue d'après la surface.





## FAIBLE ÉTENDUE DES QUANTITÉS.

Exemple : Salaire d'une journée de moisson en deniers (d'après G. DUBY : Les Alpes du Sud en 1338, Études rurales 1961, Mouton, Paris).

C'est un exemple typique de problème quantitatif dans lequel l'addition visuelle de plusieurs quantités n'a pas de signification. Il réunit deux conditions qui chacune suffit :

1°) les quantités sont des COTES. Elles qualifient un salaire, mais ne représentent pas la totalité des salaires distribués.

2°) l'information est un SONDAGE. Tous les lieux habités ne sont pas qualifiés.

L'information ne permet donc que de définir des régions relativement homogènes quant à la hauteur des salaires distribués.

Dans cette information, les Q s'étendent de 9 à 24 soit de 1 à 2,6.

La correspondance normale  $S=Q$  fournit une image insuffisamment différenciée pour dégager des paliers et une régionalisation utile (1).

La correspondance extensive  $S=Q^4$  donne une extension de 1 à 46 (2).

La représentation est correcte si le lecteur a appris à regarder de telles interprétations et a acquis la souplesse de vision qui lui permet de n'y voir que des régions différentes par la taille des points. Il peut, en connaissance de cause former tel ou tel groupement régional fonction à la fois de l'information traitée et de tel ou tel facteur que sa mémoire lui apportera. Mais il faut tenir compte de la tendance naturelle à l'interprétation  $S=Q$ , en implantation ponctuelle. Aussi les correspondances extensives, valables en laboratoire, sont utilement remplacées, dans les documents de diffusion, par les formules seulement ordonnées.

### Le retour à une variable ordonnée (3).

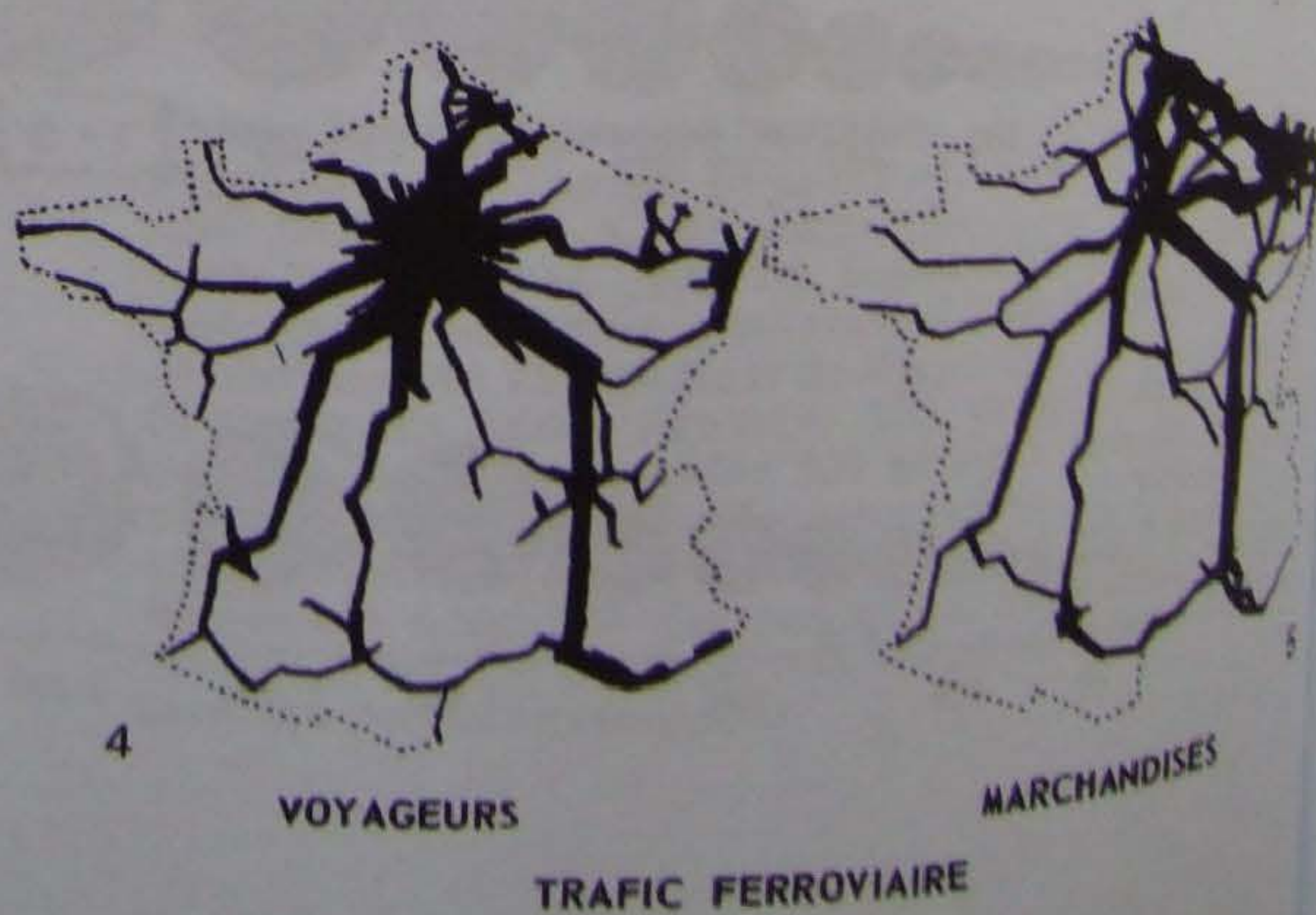
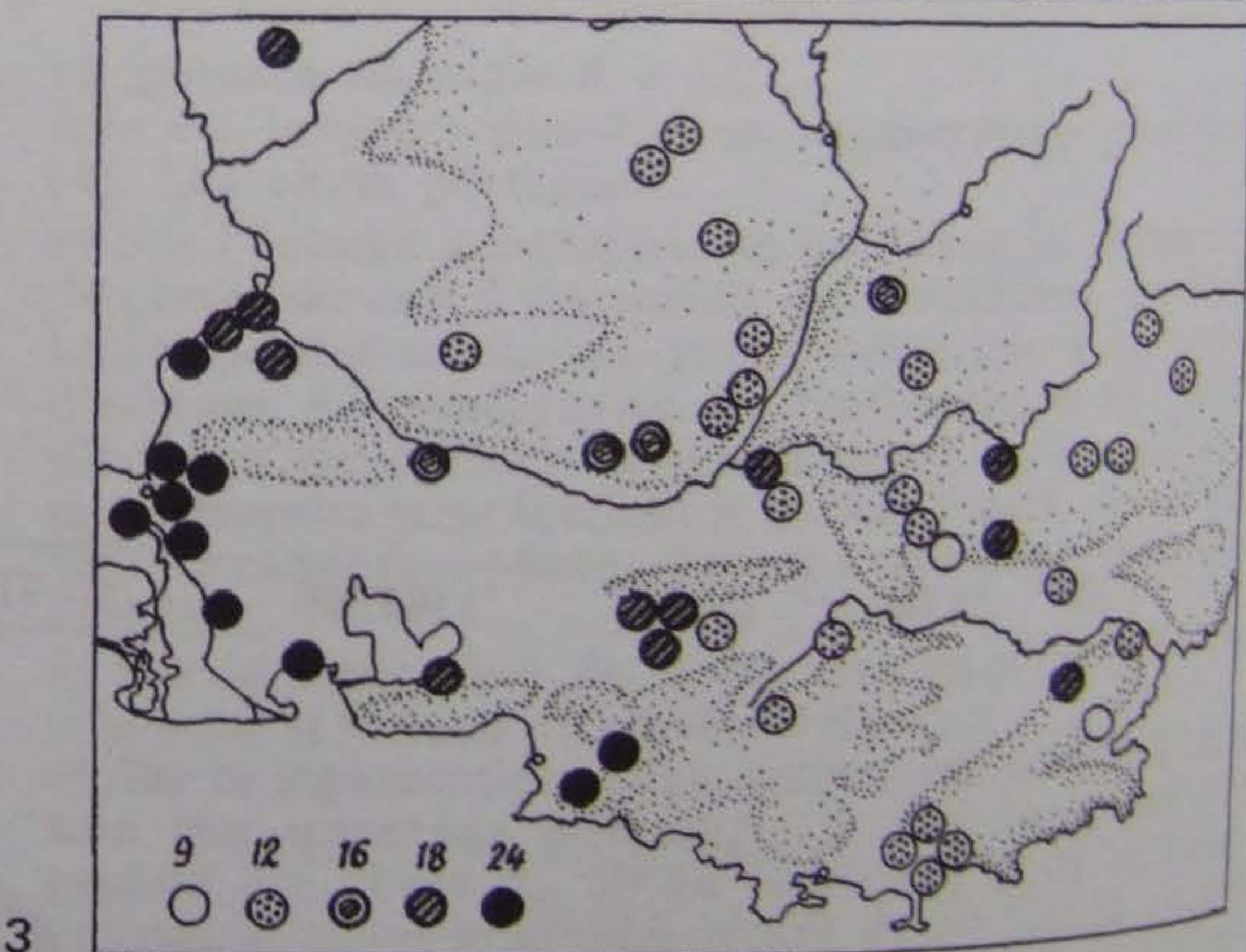
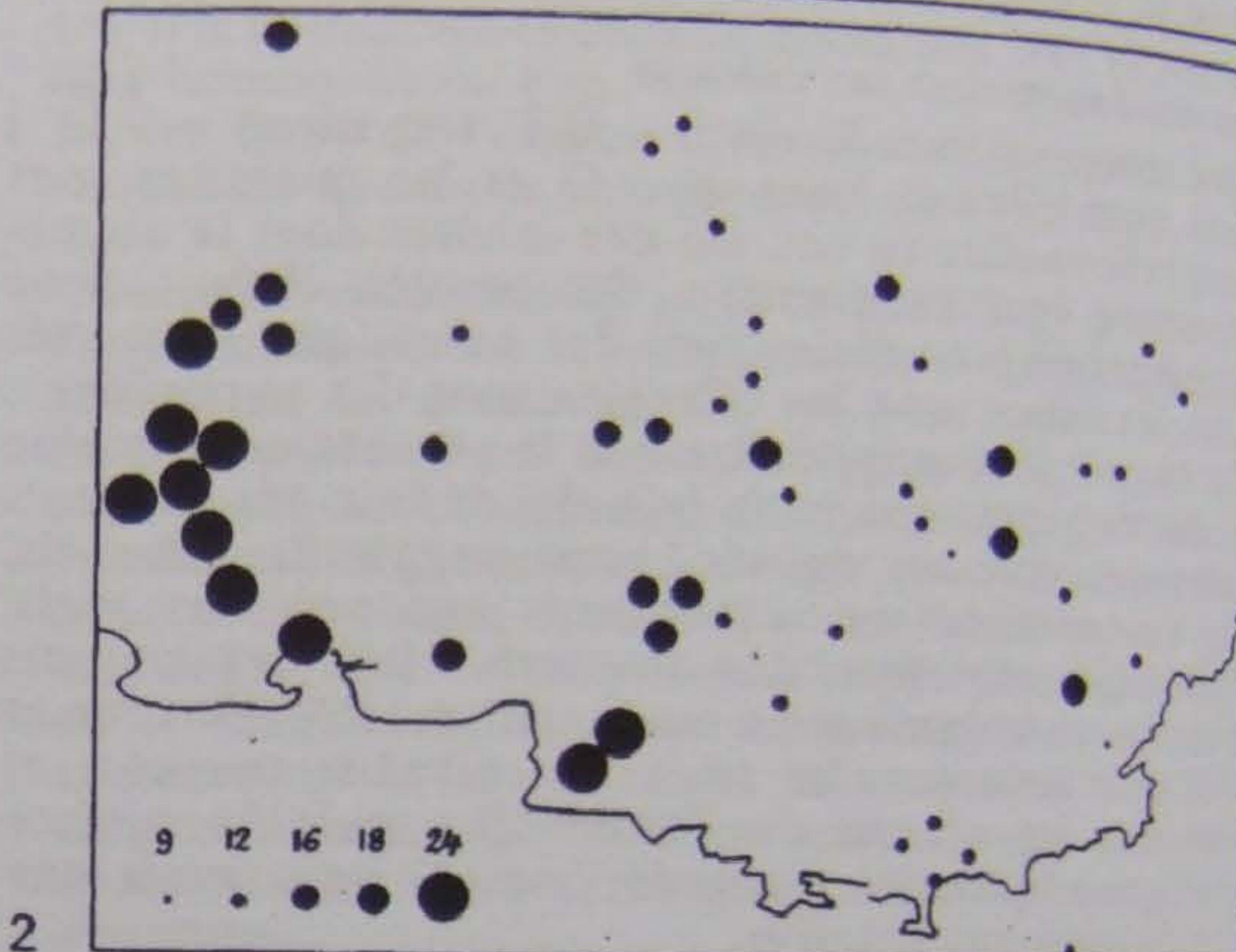
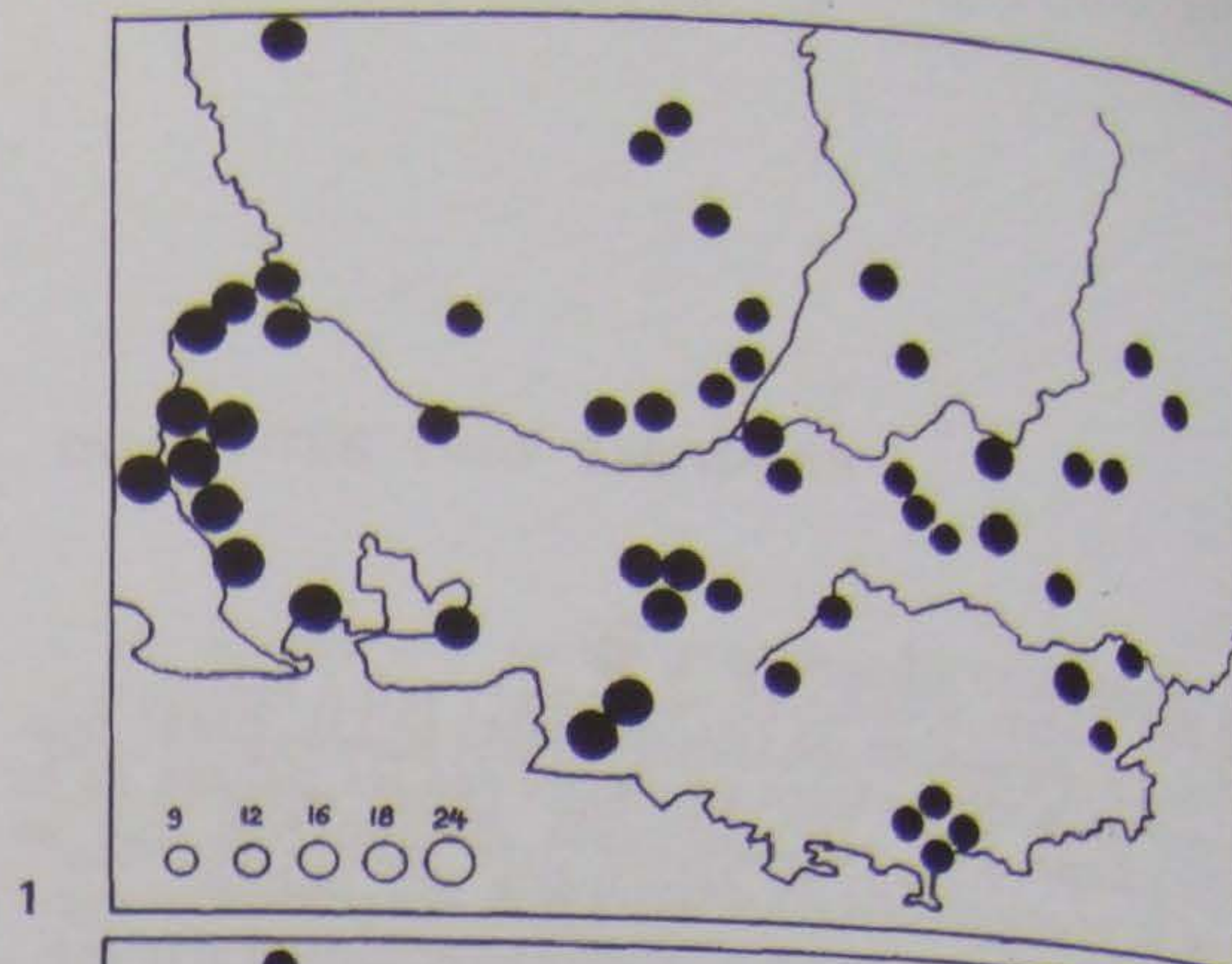
Les paliers utiles et significatifs définis par la représentation précédente sont transcrits par une variation qualitative et ordonnée : la valeur (+forme et grain). Celle-ci ne risque pas de conduire le lecteur à une interprétation quantitative erronée.

## GEO Q linéaire

Ce sont les largeurs des lignes qui sont proportionnelles aux Q. L'extension graphique des Q est de ce fait plus limitée que dans l'implantation ponctuelle et il est souvent nécessaire d'adopter une limite inférieure des Q, correspondant au trait de largeur minimum, en deçà de laquelle il n'y a plus de proportionnalité.

Les cartes (4) : trafic des voyageurs, et (5) trafic des marchandises, en France, sont un exemple de comparaisons d'ensemble. L'attention ne se porte pas sur les quantités, toujours inexactes, toujours remises en question pour de tels phénomènes, mais sur l'opposition des deux images qui témoignent de deux répartitions sensiblement différentes.

La carte du débit des fleuves suédois (6) (extraite de l'Atlas de Suède par M. LUNDQUIST. Kartografiska Institutet, Stockholm, 1953) est un excellent exemple d'expression des quantités linéaires. Elle présente en fait un problème à trois composantes puisque les quantités sont divisées en deux catégories : les débits moyens (en noir) et les maximums (en gris).





# VATTENMÄNGDEN I VIKTIGARE VATTENDRAG

DISCHARGE  
OF THE PRINCIPAL RIVERS

SKALA 1:4 000 000



6



On notera :

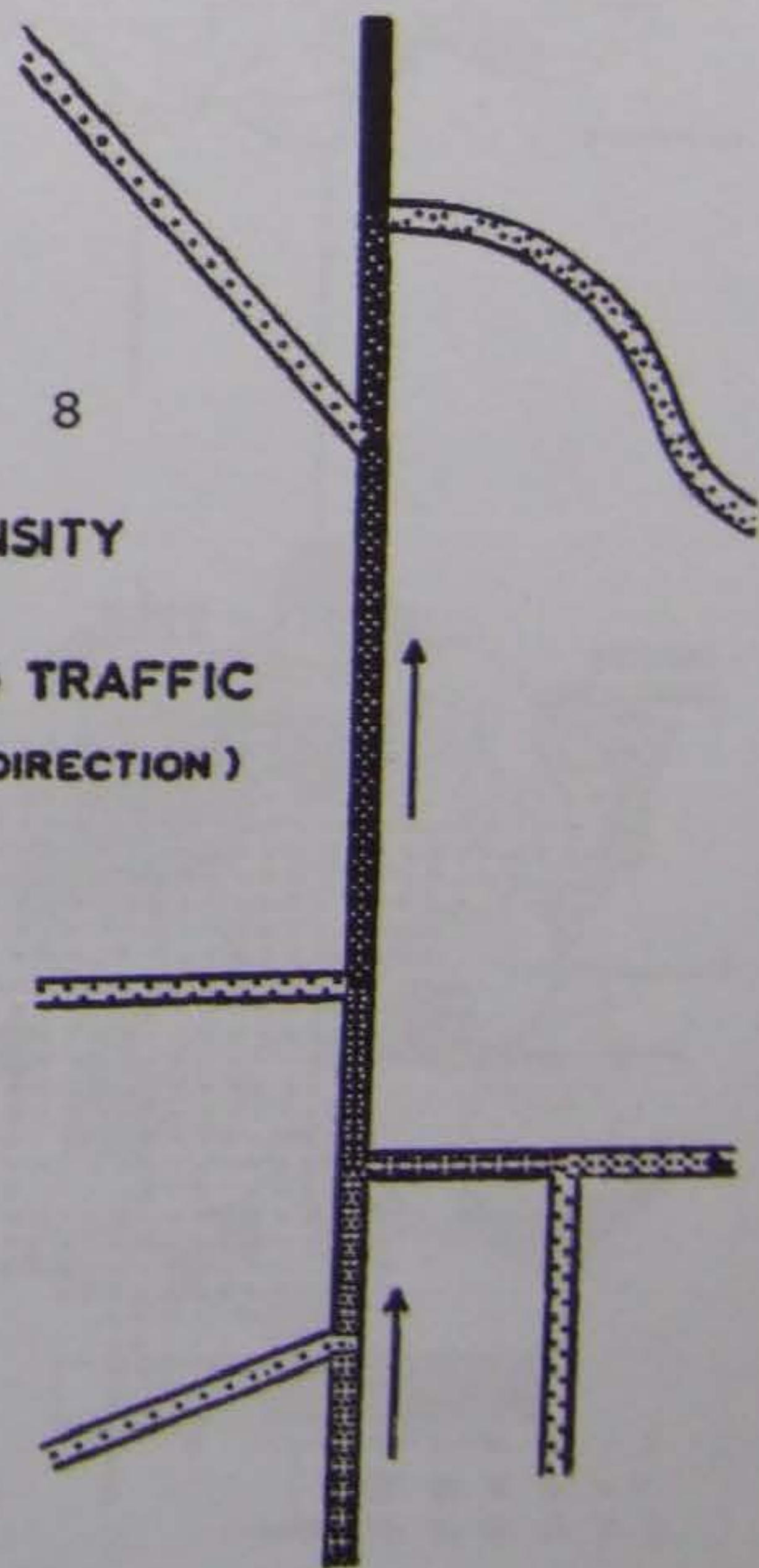
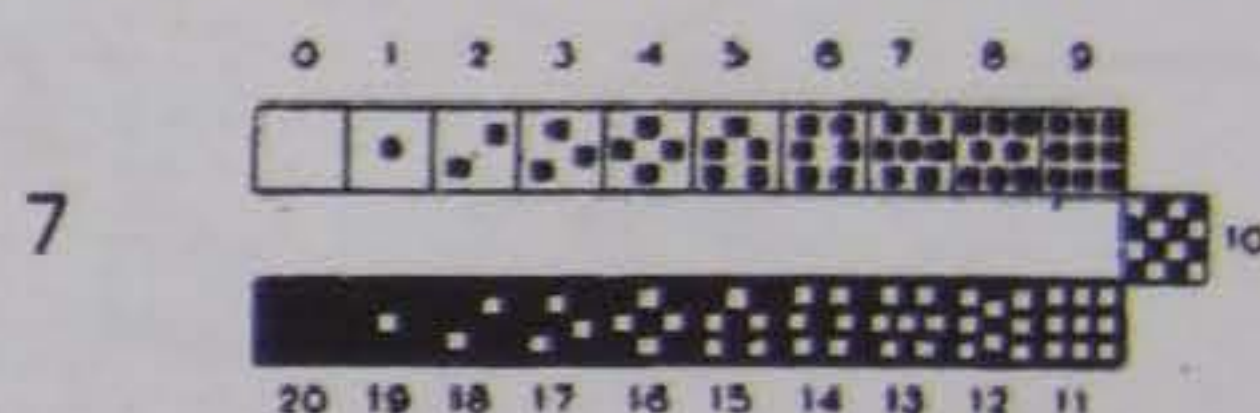
- L'importance du pochage en gris, et inversement de la difficulté de percevoir ce qui n'est pas poché. Dans ces cartes, l'œil voit essentiellement des "quantités de noir" et non des largeurs.

- L'inconvénient d'utiliser des grisés trop fins. Ceux-ci ont disparu à la reproduction photographique, comme ils disparaîtraient de toute l'information microfilmée de demain. (Les grisés visibles ont été redessinés).

- L'utilité d'une légende graphique des Q. La légende "1 mm de large égale 200 m<sup>3</sup> seconde" n'a plus de sens dans la documentation moderne microfilmée, qui est restituée à une échelle quelconque.

Les plus fortes quantités linéaires s'inscrivent souvent aux points de concours de plusieurs lignes (trafic routier, ferroviaire...).

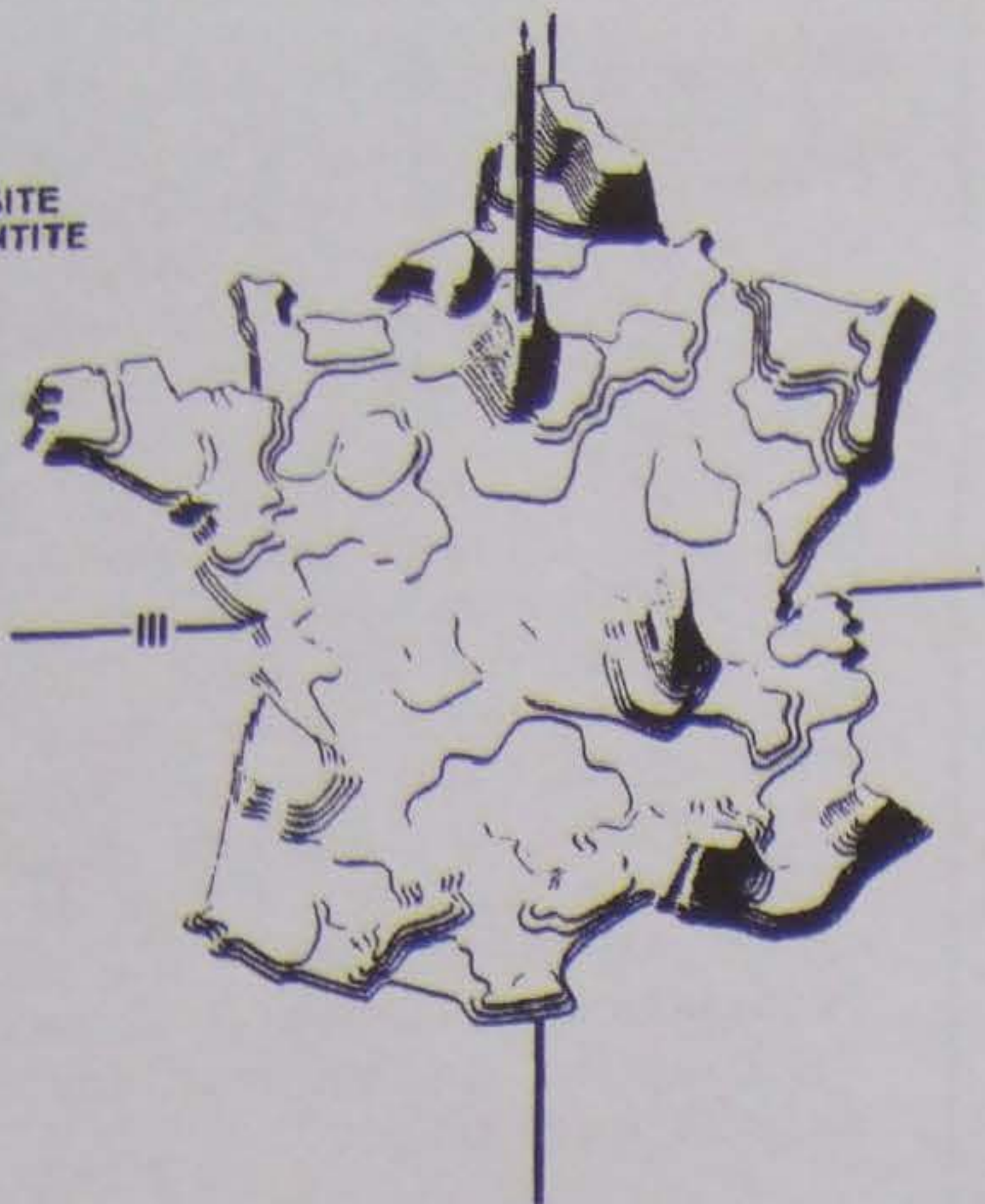
Pour éviter la confusion résultant de traits trop larges, R. BACHI propose une gamme de signes (7) dont la quantité de noir est lisible et mesurable (de 1 à 20). Elle qualifie une ligne de largeur constante (8). Mais l'écart sensible est évidemment moins grand que dans la variation de largeur et la proportionnalité est difficilement perceptible.



INTENSITY  
OF  
ROAD TRAFFIC  
(ONE DIRECTION)



DENSITE  
QUANTITE



1

## 4. CARTES GEO Q zonales

### Les différents Q.

En implantation zonale, et par définition, les quantités s'étendent à toute la zone de comptage.

En conséquence :

1 – Si l'on procède à une redistribution interne, en vue de mieux épouser la répartition géographique, on change d'implantation et le problème devient ponctuel.

2 – Dans toute carte représentant des zones de surfaces inégales, *ce qui est vu, c'est Q multiplié par la surface de la zone*. Q doit être indépendant de cette surface (tout comme l'histogramme de distribution, dans lequel Q doit être ramené à une classe unitaire).

3 – Toute quantité absolue (de personnes, d'objets) comptée par zone doit être divisée par la surface de la zone, avant d'être graphiquement étendue à cette zone. En d'autres termes :

**Tout QS (v. p. 38) doit être ramené à QS/S c'est-à-dire à Q, avant d'être multiplié par S dans l'image.**

Ceci est vrai pour toutes les formules. Dans le dessin d'une quantité QS de points égaux (2), c'est le rédacteur qui opère visuellement la division, et le résultat lui fournit l'écart qu'il doit réserver entre les points.

4 – Une image Q bien construite permet donc de percevoir à volonté des DENSITÉS (qui correspondent soit à la hauteur du relief, soit à l'intensité de la valeur résultant de la distribution des signes dans l'espace observé) et des QUANTITÉS ABSOLUES - QS (qui correspondent soit au volume du relief observé, soit à la quantité totale de "noir" dans la surface observée).

5 – Toute quantité indépendante de la surface de la zone peut qualifier directement toute la zone géographique sans être divisée par S.

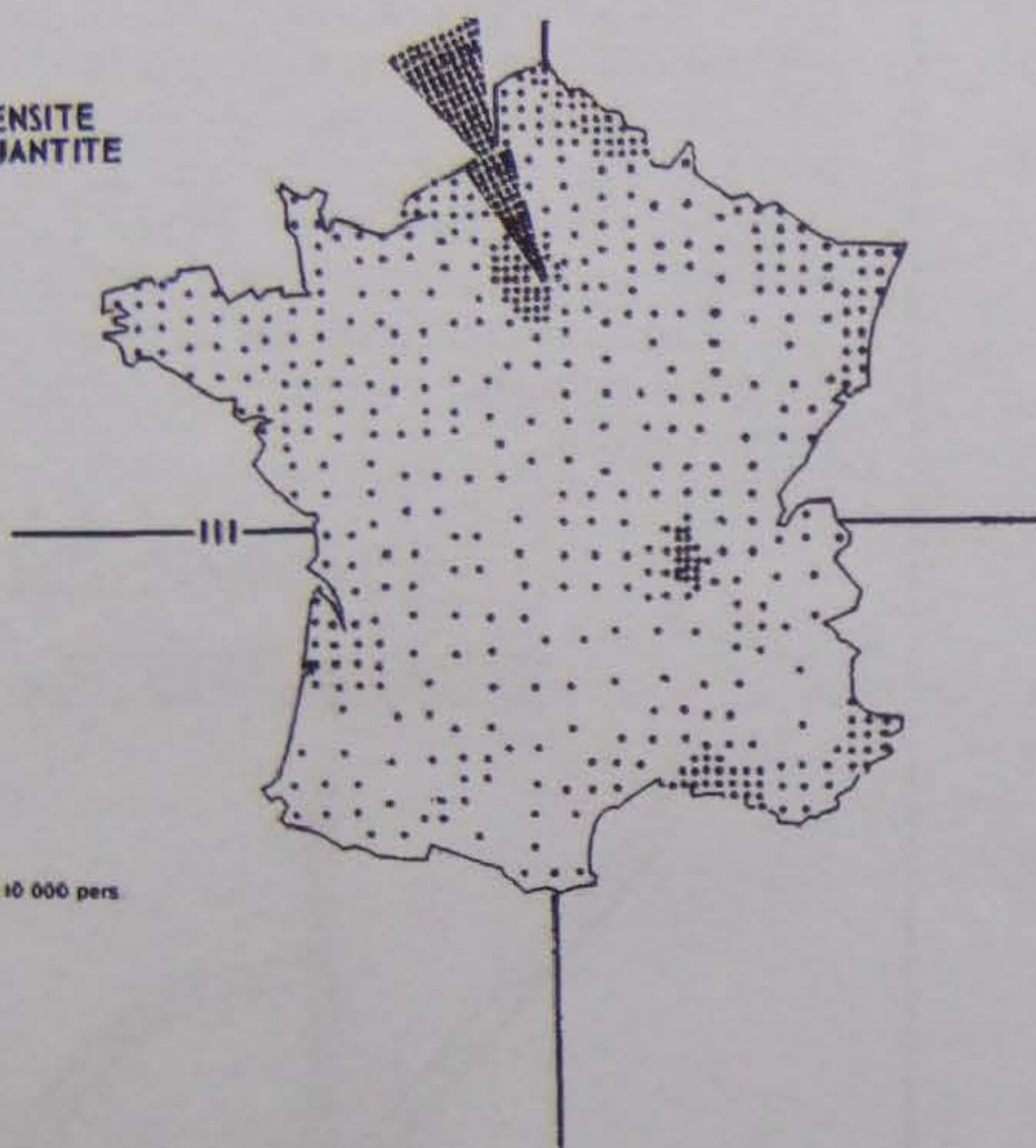
Tels sont les rapports simples  $Q_a/Q_b$  (bétail rapporté à la surface en herbe,...).

Les taux et pourcentages  $Q_a/Q_b \times 100$  (automobiles pour 100 habitants,...).

Les densités  $Q_s/s$  (densités au  $km^2$ ).

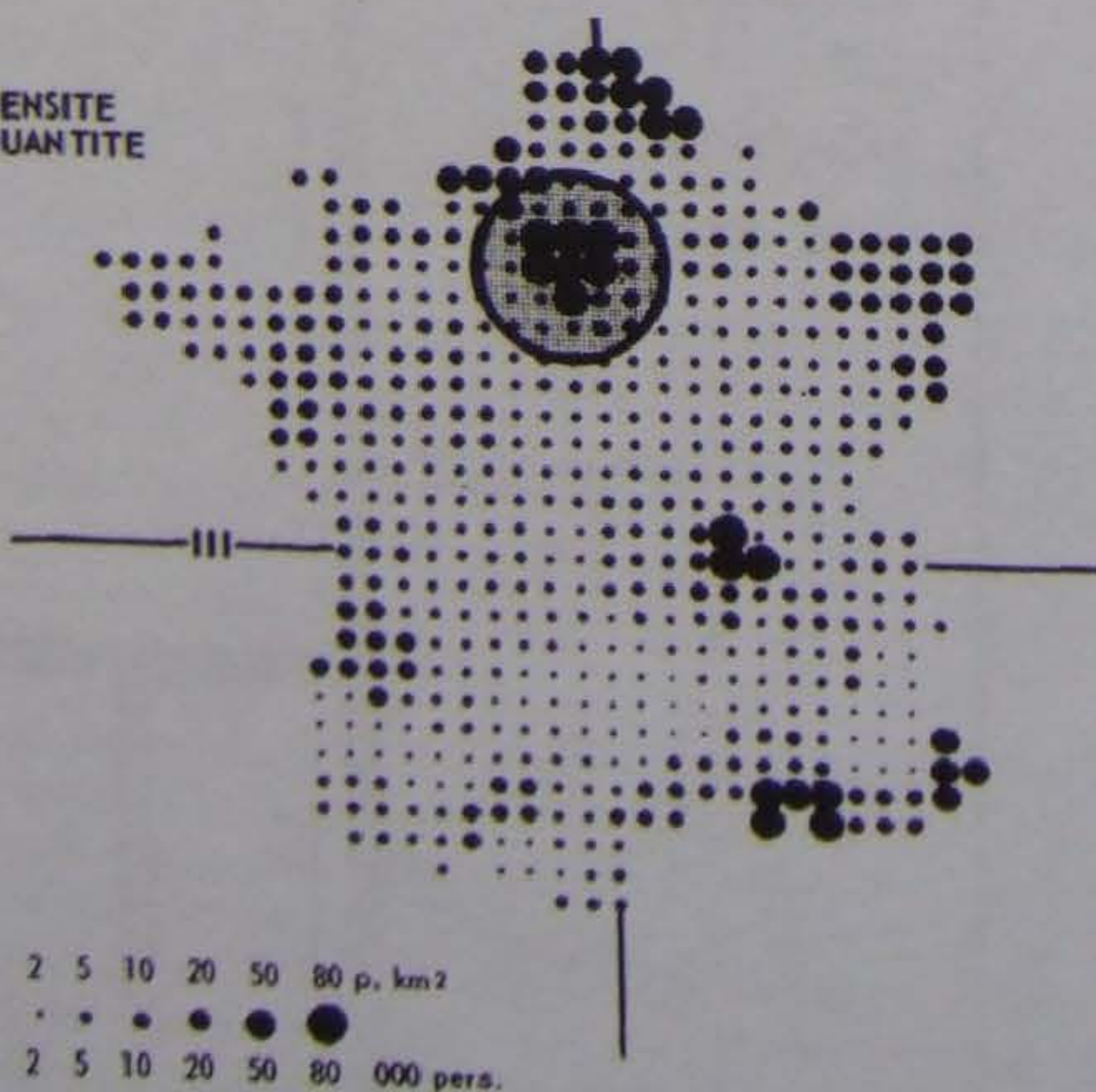
Les cotes (cote d'altitude, cote de prix, températures...) qui sont une valeur applicable à toute la zone environnante non cotée. Mais ici, le problème graphique consiste en fait à délimiter la zone à laquelle on peut attribuer la cote, et cette délimitation est fonction des cotes voisines. V. p. 385.

DENSITE  
QUANTITE



2

DENSITE  
QUANTITE



3

2 5 10 20 50 80 p. km<sup>2</sup>  
2 5 10 20 50 80 000 pers.



### Les solutions graphiques.

Le problème quantitatif ainsi défini ne peut être perçu que par l'intermédiaire de la variation de taille ou de la variation du nombre d'éléments. Il n'y a donc que trois formules possibles :

(1) *La variation de taille en 3<sup>e</sup> dimension réelle* (relief ou représentation stéréographique).

(2) *La variation du nombre de points* (égaux) par unité de surface.

(3) *La variation de la taille des points* répartis régulièrement sur la surface (semis régulier de cercles de taille croissante).

On applique quelquefois les deux dernières formules à la ligne, mais l'extension de la variation disponible s'en trouve considérablement réduite; de plus, la rédaction graphique est plus difficile et plus imprécise qu'avec le point.

Les autres formules ne répondent pas à la définition du problème :

(4) *Un seul signe par zone.*

Cette formule ne montre que les Q.S. Ne qualifiant pas toute la zone, elle exclut la perception densitative, particulièrement lorsque les zones sont très inégales.

(5) *Les courbes d'égalité.*

Lorsqu'elles sont équidistantes, elles fournissent la pente qui relie les zones contiguës (gradient) mais elles ne permettent pas d'apprécier, aux niveaux moyens et en lecture d'ensemble, la hauteur des paliers. (Les comparaisons d'ensemble sont exclues dans une série de cartes de cette nature). Les valeurs en redondance n'expriment qu'une information O.

(6) *Les gammes de valeurs préétablies.*

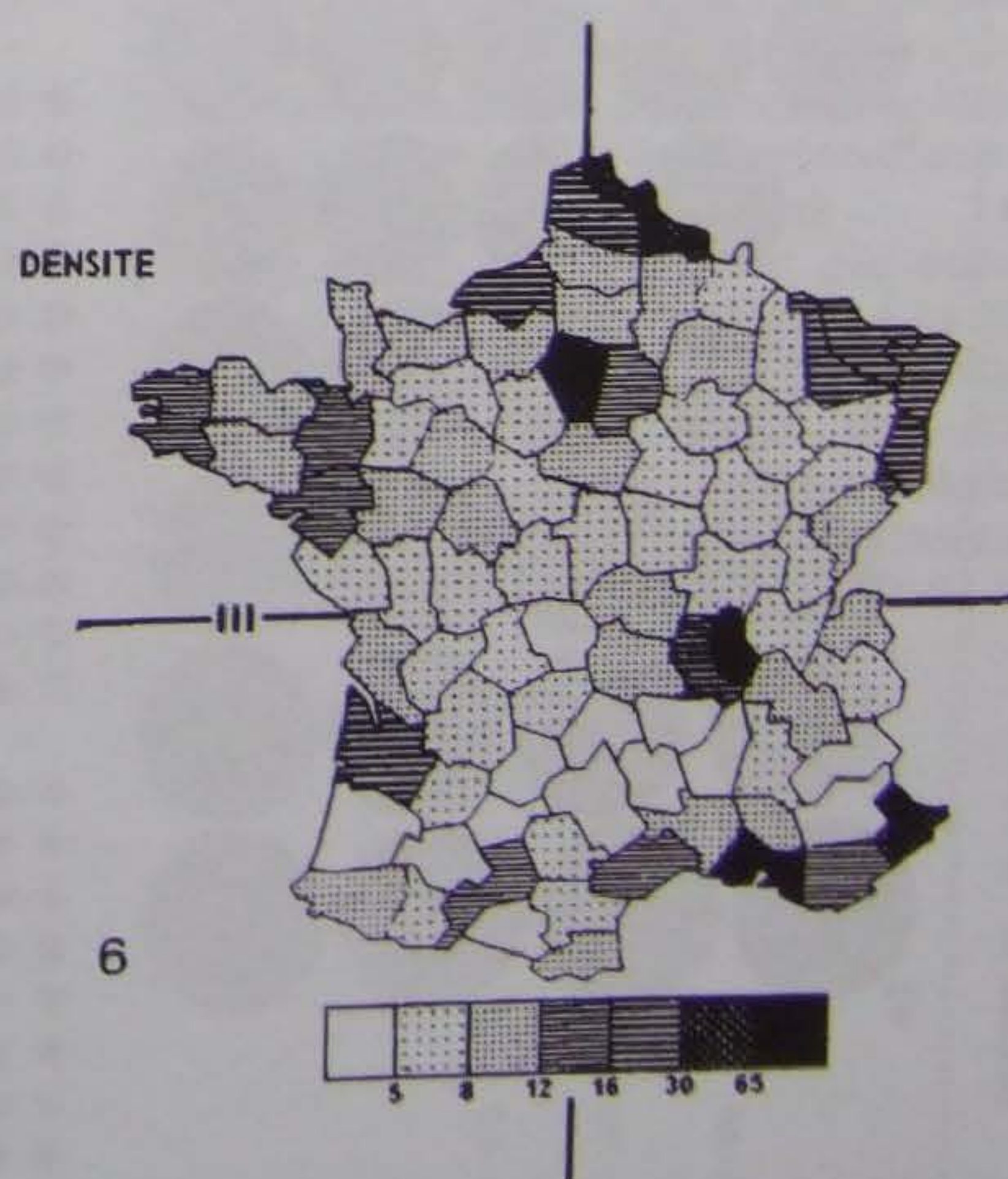
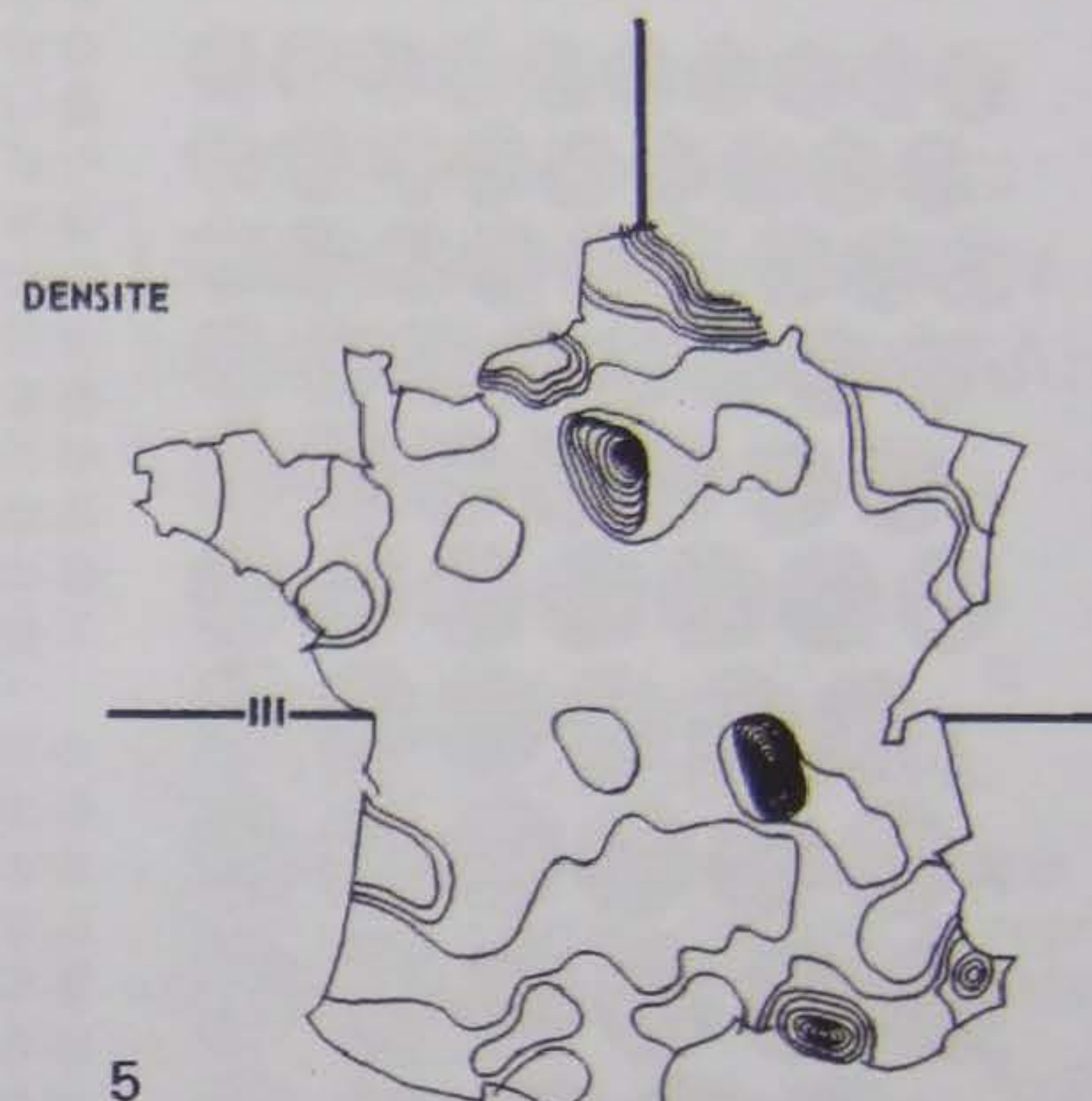
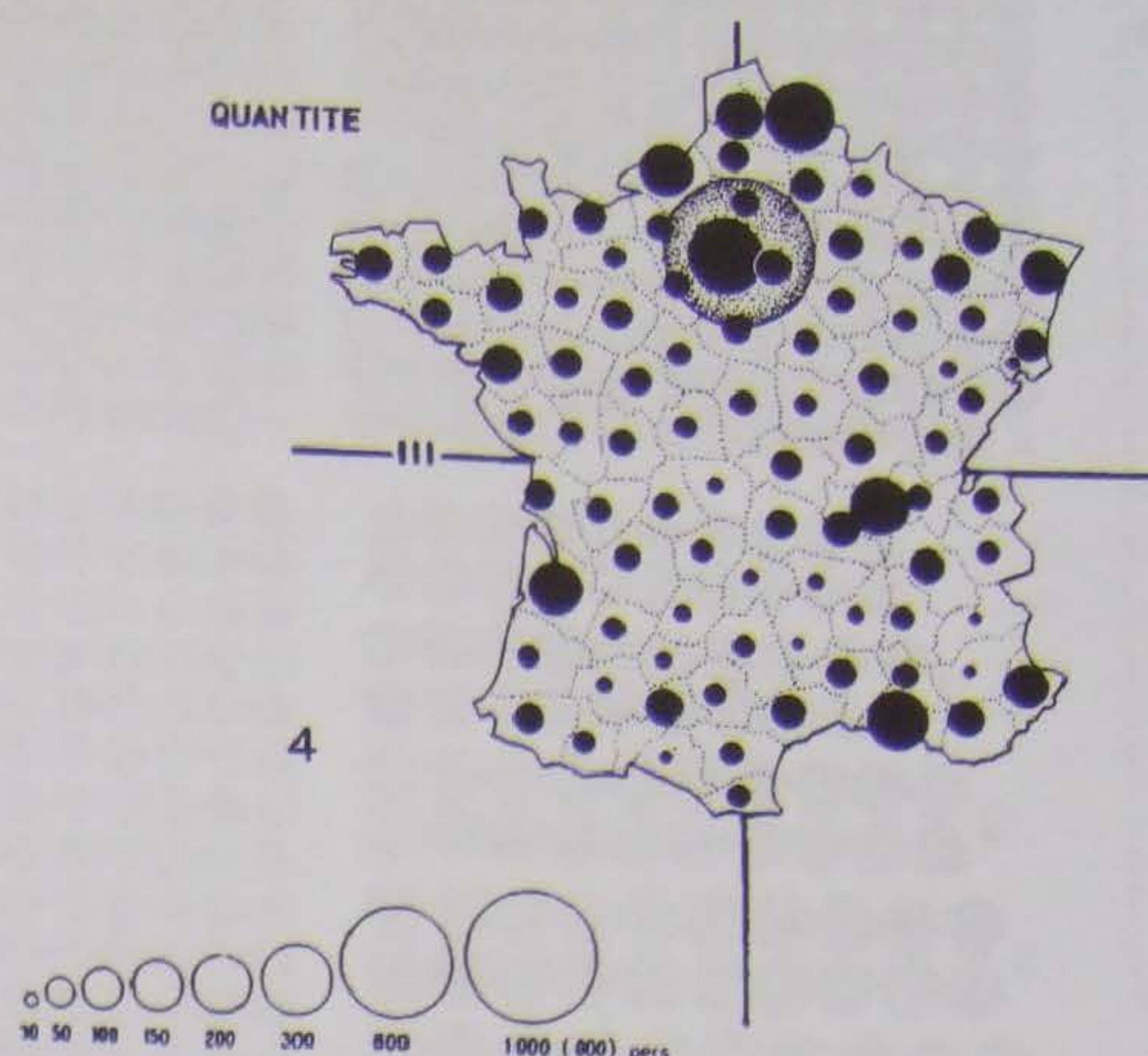
Elles traduisent, comme nous l'avons vu, une interprétation préalable, et non une composante Q dont les paliers doivent résulter de l'opération graphique.

### L'extension des Q en implantation zonale.

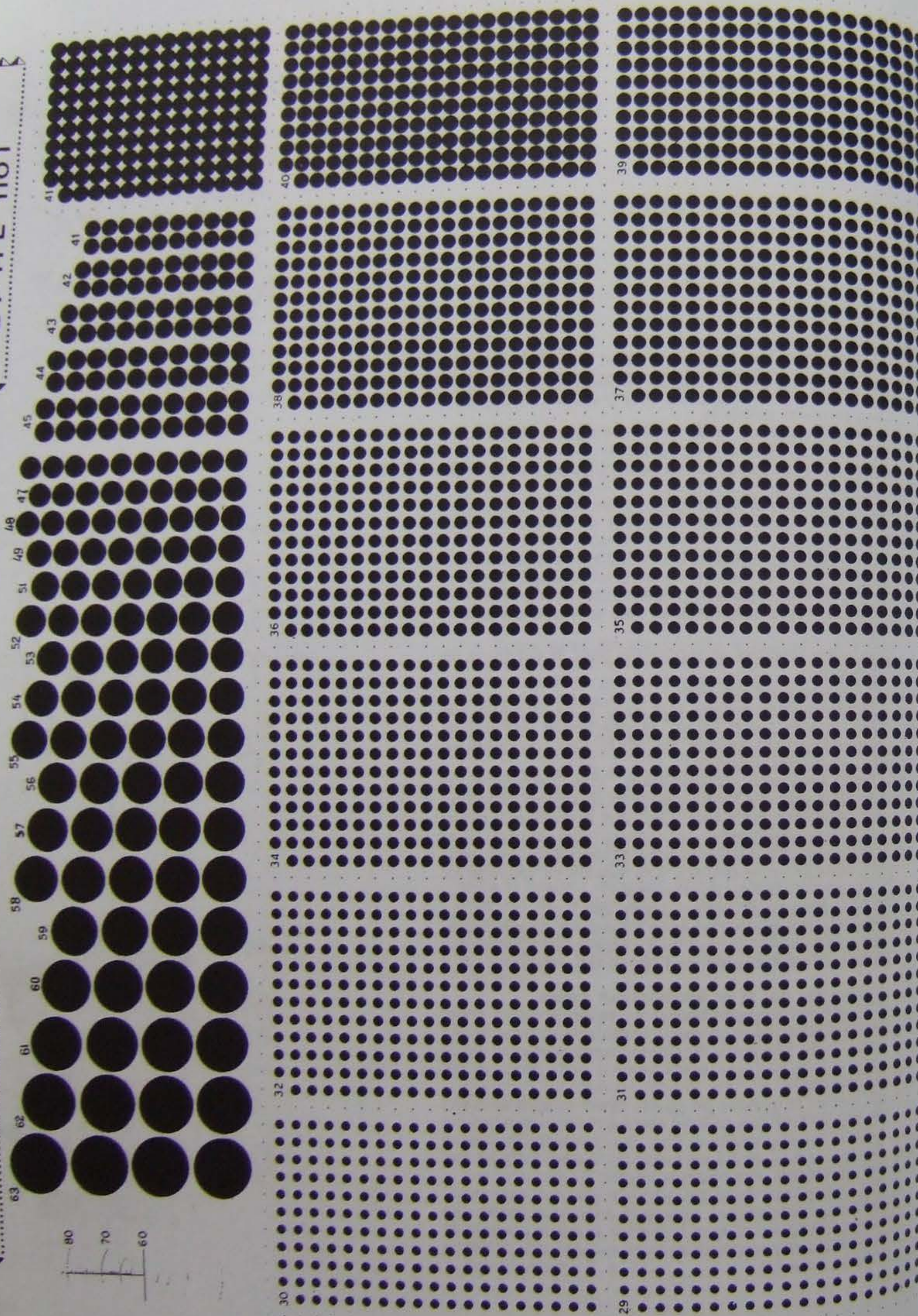
Elle est beaucoup plus limitée qu'en implantation ponctuelle. S'il est théoriquement possible de construire une colonne de plusieurs dizaines de cm au-dessus de la carte (1), on voit que pratiquement cette construction est exclue.

De même, le nombre de points égaux comptabilisables est limité. Une fois le noir obtenu, la comptabilisation visuelle est impossible et l'on change en fait le moyen de représentation. Le principe du "cornet" (2) permet de représenter Paris par exemple.

Enfin les points de taille variable peuvent exceptionnellement former des "grappes de raisin", pour une zone très réduite. Cependant il est toujours possible de construire un point de dimension considérable, tel Paris dans la carte (3).







Breveté S.D.G.

## LE SEMIS RÉGULIER DE CERCLES DE TAILLE CROISSANTE

### LA GAMME NATURELLE DES TAILLES CROISSANTES.

La variation de taille d'un cercle fournit, dans la plupart des cas, la représentation la plus efficace d'une composante Q de 3<sup>e</sup> dimension.

Cette variation est limitée en étendue, (dimension des cercles extrêmes) et en longueur (nombre de paliers séparables) par les facultés humaines de perception. Nous appelons "gamme naturelle des tailles croissantes" la série nécessaire et suffisante à la représentation graphique. Elle est extraite de la gamme infinie des cercles possibles, et correspond aux limites de la sensibilité visuelle.

Les planches ci-contre ont été construites à partir de cette gamme. Les plages de cercles sont utilisées en implantation zonale (variation de taille des cercles d'un semis régulier) et fournissent en même temps les signes nécessaires aux représentations en implantation ponctuelle.

J. Berth



## CONSTRUCTION DE LA GAMME NATURELLE.

**L'étendue.**  
Si le cercle minimum perceptible est de l'ordre de 2/10 de millimètre de diamètre, le cercle maximum varie avec les dimensions de la figure. Cependant il est rare de devoir dépasser 4 cm de diamètre. Une gamme étendue entre ces deux limites correspond donc à la majorité des problèmes graphiques.

**La longueur** (nombre de paliers séparables).

Elle est déterminée :  
1° par l'écart sensible minimum entre deux cercles, au-dessous duquel les paliers supplémentaires seraient inutiles parce qu'insensibles à l'œil.

2° par la progression de cet écart. En suivant la progression logarithmique, les écarts sensibles que nous percevons entre les cercles (et non entre le gris résultant de la perception densitative) sont réguliers et constants. Ils suivent la loi générale des perceptions. Notons que lorsque les cercles sont très petits, l'écart logarithmique entre deux signes tombe au-dessous du seuil de sensibilité et devient inefficace. Dans cette partie de la gamme, les écarts ne deviennent sensibles et utiles qu'entre les cercles 1, 9, 15, 18 et 20, qui ont été retenus avec le 19.

3° par un nombre pratique de paliers dans la correspondance normale  $S=Q$ . Il y a vingt divisions entre un signe et le signe de surface dix fois plus grande, ce qui permet de ne retenir qu'un signe sur deux, 1 sur 4, 1 sur 5, et cependant de rester dans une série décimale.

### La forme des signes.

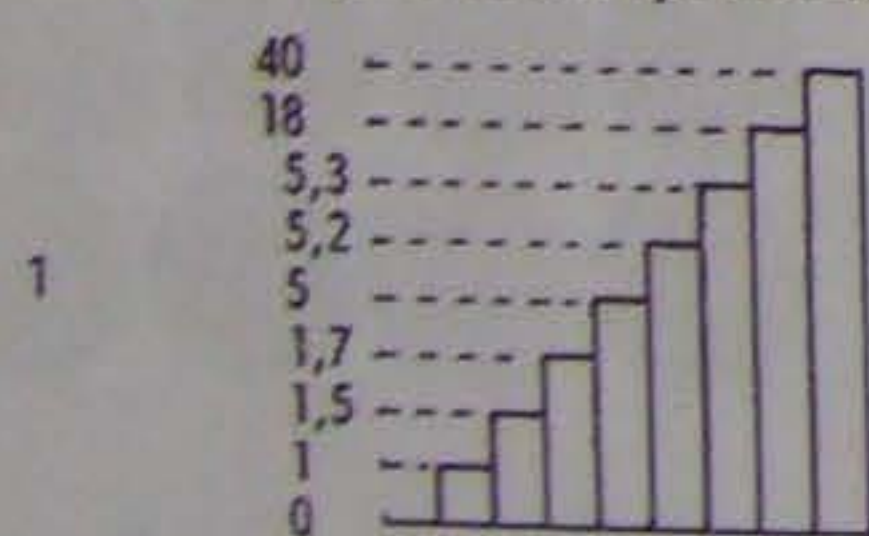
Elle peut être quelconque. C'est la progression des surfaces qui importe. Cependant le cercle est la seule figure dont l'œil peut restituer la dimension, n'en connaissant qu'une partie. Les cercles peuvent se superposer, construire des "grappes de raisin", et cependant rester mesurables.

### PROPRIÉTÉS.

1° La gamme naturelle fournit la représentation quantitative la plus rigoureuse et la plus efficace en 3<sup>e</sup> dimension visuelle, à condition que sa progression corresponde à une progression proportionnelle des nombres exprimés.

La gamme naturelle détermine donc les paliers nécessaires et suffisants de la série statistique. La gamme fournissant la valeur exacte des seuls paliers sensibles, et le problème étant de rendre sensible toutes les distances exprimées par la série Q, ce sont les cercles de la gamme qui déterminent les nombres intermédiaires de la série statistique (les paliers) et non l'inverse.

Toute détermination préalable de nombres intermédiaires auxquels on applique ensuite des cercles d'une manière quelconque détruit les propriétés perceptives de la représentation. Elle correspond à l'erreur que commettrait, dans un diagramme, le rédacteur qui adapterait les échelons intermédiaires d'une échelle linéaire aux nombres qu'il doit représenter (1).



2° En conséquence, la gamme naturelle supprime le problème du choix des paliers.

3° La gamme naturelle supprime tout calcul. La progression constante permet de se déplacer le long de la gamme et par conséquent :

- d'établir des tables telles que l'on puisse faire correspondre toute série statistique, quels qu'en soient les nombres, avec les cercles de la gamme, sans calcul.

- d'établir, en plus de la correspondance normale  $Surface = Q$ , des tables permettant de ramener automatiquement toute série quantitative, par extension ou réduction proportionnelle, à l'étendue de la gamme sensible (correctif d'extension).

- de choisir les cercles extrêmes en fonction d'une réduction photographique importante (correctif de réduction) ou d'une quantité totale de "noir" nécessaire (correctif de densité).

- D'être introduite comme une constante connue dans un programme de traitement et de rendre la transcription graphique mécanisable.

4° En implantation zonale, la gamme naturelle fournit une représentation qui autorise de très importantes réductions photographiques, sans risque de transformation ou de destruction de la gamme. Sa restitution après microfilmage est rigoureuse (3 p. suivante) (ce qui n'est pas le cas des "grisés" préfabriqués).

### Les tables de la gamme naturelle.

Les tables ci-contre sont la clef de l'emploi des planches de cercles de la gamme naturelle. Elles comportent :

1 - La règle des numéros de cercles (à gauche). Elle doit être découpée suivant le trait de manière à pouvoir être mise en correspondance avec les nombres Q de l'information, dans la gamme appropriée. Le cercle n° 41 est le cercle tangent dans les planches de points.

Au-dessus, les planches fournissent des cercles utilisables seulement en implantation ponctuelle. Au-dessus du n° 63 les cercles doivent être dessinés d'après l'abaque des rayons fournit sur la planche I page précédente. A droite, une deuxième règle permet d'obtenir la gamme  $S=Q^6$ .

2 - La gamme normale  $S=Q$  (au centre).

Elle donne la progression des surfaces des cercles.

3 - Les principales gammes extensives :

Elles permettent de faire correspondre toute série Q peu étendue avec l'étendue de la gamme naturelle entre les cercles 1 à 41 c'est-à-dire dans tout problème d'implantation zonale.

Parmi elles, la gamme  $S=Q^2$  ou rayon = Q donne la progression des rayons ou diamètres, et par conséquent les rapports linéaires et décalages correspondants, qui permettent de prévoir les incidences d'une réduction photographique donnée (v. p. 375).

4 - Deux gammes réductrices :

Elles jouent le même rôle que les gammes extensives, mais pour les séries Q très étendues. La gamme

$S=Q^3$  ou rayon =  $\sqrt[3]{Q}$  donne la progression des volumes de même diamètre que les cercles.

5 - La gamme des valeurs des plages (en pourcentage de noir) :

Elle est extraite de la gamme normale et donne la correspondance des cercles telle que le noir absolu, en implantation zonale correspond à 100 %. Le point 41 donne 80 % de noir et 20 % de blanc. Pour les valeurs supérieures à 80 % il suffit d'ajouter dans ce blanc le cercle n° 18 (5 %) ce qui donne 85 %, de pocher à moitié ce blanc, ce qui donne 90 %, de le pocher aux 3/4 ou d'ajouter le cercle n° 26, ce qui donne 95 %.

Nos DES  
CERCLES

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81

### REDUCTION

$S=\sqrt{Q}$	$S=Q^3$
1 00	1 00
26	19
60	41
2 00	70
50	2 00
3 16	38
4 00	82
5 00	3 35
6 31	4 00
8 00	73
10 0	5 62
12 58	6 63
15 84	7 94
19 95	9 44
25 11	11 22
31 62	13 33
39 81	15 84
50 11	18 83
63 10	22 38
79 43	26 60
100	31 62
125 8	37 58
158 4	44 66
199 5	53 08
251 1	63 10
316 2	74 98
398 1	89 12
501 1	104 4
631 0	125 8
794 3	149 6
1 000	177 8
1 258	211 3
1 584	251 1
1 995	298 5
2 511	354 8
3 162	421 6
3 981	501 1
5 011	595 6
6 310	708 0
7 943	842 2
10 000	1 000
12 580	1 188
15 840	1 412
19 950	1 678
25 110	1 995
31 620	2 371
39 810	2 818
50 110	3 349
63 100	3 981
79 430	4 731
100 000	5 623
125 800	6 663
158 400	7 943
199 500	9 441
251 100	11 220
316 200	13 330
398 100	15 840
501 100	18 830
631 000	22 380
794 300	26 600
1 M	31 620
1 258	37 580
1 584	44 660
1 995	53 080
2 511	63 100
3 162	74 980
3 981	89 120
5 011	104 400
6 310	125 800
7 943	149 600
10 M	177 800
11 220	211 300
15 840	251 100
19 950	298 500
25 110	354 800
31 620	421 600
39 810	501 100
50 110	595 600
63 100	708 000
79 430	842 400
100 M	1 M

### NORMALE

$S=Q$	$S=Q^3$
1 00	1 00
12	090
26	188
41	292
58	412
78	540
2 00	678
24	830
51	995
82	1 175
3 16	1 371
55	1 585
4 00	1 818
47	2 072
5 01	2 349
62	2 652
6 31	2 981
7 08	3 340
8 00	3 731
91	4 158
10 00	4 623
11 22	5 130
12 58	5 633
14 12	6 286
15 84	6 943
17 78	7 660
19 95	8 441
22 38	9 283
25 11	10 03
28 18	11 22
31 62	12 23
35 48	13 33
39 81	14 53
44 66	15 84
50 11	17 27
56 23	18 83
63 10	20 53
70 80	22 38
79 43	24 41
89 12	26 60
100 0	29 01
112 2	31 62
125 8	34 47
141 2	37 58
158 4	40 97
177 8	44 66
199 5	48 70
223 8	53 08
251 1	57 87
281 8	63 10
316 2	68 78
354 8	74 98
398 1	81 75
446 6	89 12
501 1	97 16
562 3	105 9
631 0	115 5
708 0	125 8
794 3	137 2
891 2	149 6
1 000	163 1
1 122	177 8
1 258	193 8
1 412	211 3
1 584	230 4
1 778	251 1
1 995	273 8
2 238	298 5
2 511	325 5
2 818	354 8
3 162	386 8
3 548	421 6
3 981	459 7
4 466	501 1
5 011	546 3
5 623	595 6
6 310	649 4
7 080	708 0
7 943	771 8
8 912	842 4
10 000	917 3
	1 000

### EXTENSION

$S=Q^2$	$S=Q^4$	$S=Q^6$
1 00	1 000	014
06	030	044
12	059	074
19	090	106
26	122	138
33	155	171
41	188	205
50	223	241
58	258	277
68	292	314
78	333	353
88	372	392
2 00	412	433
11	453	475
24	496	518
37	540	562
50	584	608
66	631	654
82	678	703
3 00	727	753
16	778	804
35	830	856
55	883	911
76	938	966
4 00	995	1024
22	1053	1083
47	1113	1144
73	1175	1206
5 00	1238	1271
31	1304	1337
62	1371	1405
96	1441	1476
6 31	1511	1548
63	1585	1622
7 08	1660	1699
50	1738	1778
94	1818	1859
8 42	1901	1943
91	1985	2028
9 44	2072	2117
3 072	2162	2208
10 00	2255	2302
10 59	2349	2413
11 22	2447	2502
12 58	2548	2594
13 33	2652	2689
14 12	2758	2783
14 96	2868	2894
15 84	2981	3029
16 78	3097	3157
17 78	3216	3297
18 83	3340	3403
19 95	3466	3525
21 13	3597	3644
22 38	3731	3764
23 71	3870	3890
25 11	4011	4040
26 60	4158	4184
28 18	4308	4333
29 85	4463	4488
31 62	4623	4648
33 49	4787	4812
35 48	4956	4981
37 58	5130	5155
39 81	5309	5334
42 16	5494	5519
44 66	5684	5709
47 31	5879	5899
50 11	6079	6099
53 08	6284	6304
56 23	6494	6514
59 56	6709	6729
63 10	6929	6949
66 33	7154	7174
8 175	7384	7404
824	7619	7639
842	7859	7879
860	8104	8124
879	8354	8374
898	8609	8629
917	8869	8889
936	9134	9154
955	9404	9424
974	9679	9699
993	9954	9974
10	1024	1044
10	1056	1076

### VALEUR DES PLACES

N°	NOIR	BLANC
1.	1 99	
9.	2 98	
15.	4 96	
18.	5 95	
19.	6 94	
20.	7 93	
21.	8 92	
22.	9 91	
23.	10 90	
24.	11 89	
25.	12 88	
26.	14 86	
27.	16 84	
28.	18 82	
29.	20 80	
30.	22 78	
31.	25 75	
32.	28 72	
33.	32 68	
34.	35 65	
35.	40 60	
36.	45 55	
37.	50 50	
38.	57 43	
39.	63 37	
40.	71 29	
41.	80 20	
18+41.	85 15	
41+41.	90 10	
26+41.	95 5	



## LA GAMME NATURELLE EN IMPLANTATION ZONALE.

**Propriétés du semis régulier de cercles de taille croissante.**

**Longueur de la variable.**  
Les lignes perceptibles d'une trame ont toujours une surface très supérieure aux points minimums perceptibles. Le semis régulier de cercles fournit donc la plus longue variable disponible de taille.

**Lecture.**  
La gamme naturelle appliquée à un semis régulier de cercles provoque une perception quantitative, quel que soit le niveau de lecture. Le lecteur qui se contente d'une perception élémentaire et qui ne fixe son pinceau visuel que sur un cercle sera néanmoins informé d'une quantité absolue et d'une densité. Il n'en est pas de même dans la représentation par quantité de points égaux, ni, bien sûr, dans la représentation par paliers de valeur.

A tout niveau moyen, le lecteur est informé d'une densité et d'une quantité absolue (s'il y a lieu) en totalisant visuellement les cercles.

Au niveau de l'ensemble il peut construire son image soit sur deux paliers (foncé, clair) soit sur trois (foncé, moyen, clair) soit sur davantage, et la comparer à toute autre image extérieure.

Dans tous les cas il reste informé de la valeur des paliers qu'il retient et de celle des paliers qu'il exclut.

### Problèmes GED Q zonal, correspondance normale.

Soit à représenter les quantités de population par département (1).

**1 - Le fond de carte.** En implantation zonale, la gamme s'applique sur un semis régulier de points.

Les cercles doivent être visibles. C'est leur dimension qu'il importe de voir. Les écartements entre les centres ne doivent pas, après réduction, être inférieurs à 1,5 mm.

Ceci détermine l'échelle du dessin, sachant que les planches décalquables sont à l'écartement 5 mm ou 2,5 mm. Si l'échelle de la carte est telle que chaque point correspond à 1 000 km<sup>2</sup>, ou à 100... les mêmes chiffres (avec une différence de 000 ou 00) expriment à la fois les densités et les quantités par point (ex. p. 137).

Dans une carte départementale de France, il y aura de 10 à 40 points par département. Dans le cas d'une carte cantonale qui comporte 3 000 cantons, le semis régulier des points doit être préparé à l'avance, et tel qu'il y ait au moins un point par canton.

### 2 - Le calcul des densités.

Quand l'information est en Q absolues par zone, il faut calculer les densités au km<sup>2</sup>. Si le nombre des points par zone est connu, il suffit de diviser Q par le nombre de points.

### 3 - L'échelle des cercles.

C'est le choix de la correspondance entre les Nos de cercles et la zone des densités. Les quantités de population, et en général tous les effectifs sont autant que possible représentés suivant la correspondance normale ( $S = Q$ ).

- On observe tout d'abord les limites et les "queues" de la série statistique.

- La Seine sera exclue (queue très importante) et dessinée ensuite.

- Les trois départements supérieurs peuvent donner lieu à des points chevauchants (grappes de raisin) et fournir les parties "noires" de la carte.

- On fait glisser la règle des Nos de cercles le long de l'abaque  $S = Q$  et l'on met en correspondance le cercle 41 avec la valeur du 4<sup>e</sup> département (282). Il faut veiller à ce que les signes sécants (au-dessus de 41) ne couvrent que des zones réduites et séparées.

### 4 - Traduction de la série en Nos de cercles.

La règle étant fixée dans la position résultant des observations précédentes, il suffit de lire et de reporter sur la carte - au crayon bleu actinique - les numéros de cercles correspondant à la valeur de chaque département.

### 5 - Dessin ou décalque des cercles.

Si l'on ne dispose que de la gamme et non des planches décalquables, on dessinera les cercles au balustré par série (tous les numéros 20, puis tous les 21...).

Le décalque des planches préfabriquées est évidemment plus précis et plus rapide.

### 6 - Les cercles dessinés.

Les cercles supérieurs au N° 41, qui ne doivent jamais couvrir plus de 1 à 3 % de la surface significative, sont dessinés en grappes, d'après le rayon du cercle de numéro correspondant. Ainsi : Département du Rhône : rayon du cercle n° 43; S.-et-O. : n° 45; Seine : rayon du cercle n° 73. Ce dernier est pris dans l'échelle graphique 60-81 des planches.

### 7 - Cas des queues extrêmes (Seine).

L'échelle du semis de points de la carte ci-contre détermine un point pour 250 km<sup>2</sup>. La Seine a donc deux points. Dans le cas de très grandes quantités, il est préférable de ne construire qu'un seul cercle égal à la population totale, c'est-à-dire à une densité double. A ce niveau l'œil perçoit des rapports de quantité plus que des rapports de densité. Il en est de même lorsque l'on construit un point par 1 000 km<sup>2</sup>, alors que la Seine n'en a que 600. On construit le cercle sur la population totale (ou sur une densité ramenée dans la proportion 600/1 000).

Dans les deux cas il suffit de reporter les nombres exacts dans la légende.

On notera que la couronne est suffisante pour évoquer un grand cercle.

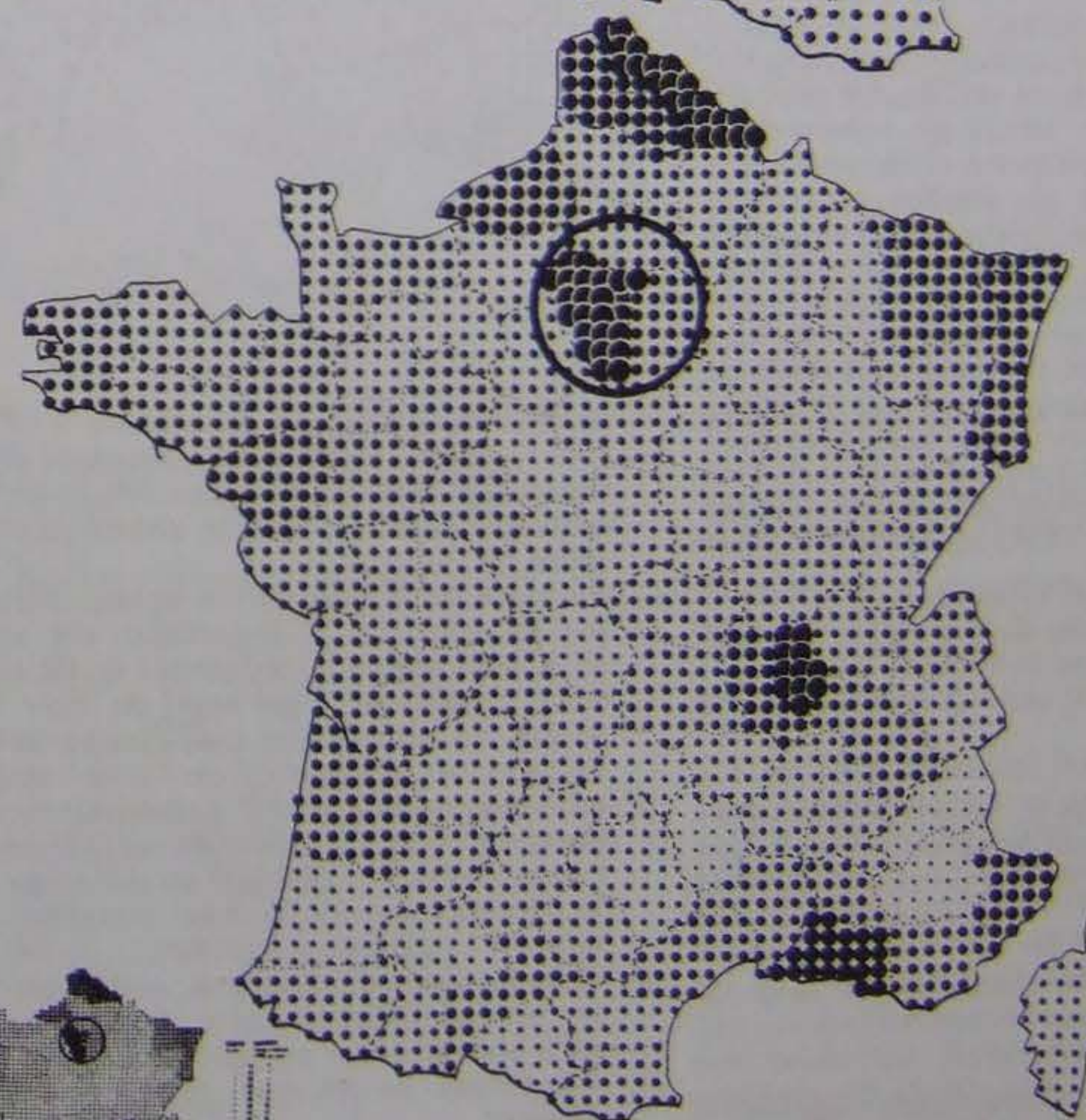
QUANTITE DE POPULATION  
PAR DEPARTEMENT (1962)

I.N.S.E.E. 1966

Nos DES CERCLES	Surface
1	00
2	12
3	26
4	41
5	58
6	78
7	100
8	124
9	151
10	181
11	214
12	250
13	289
14	331
15	376
16	424
17	475
18	529
19	586
20	646
21	709
22	775
23	844
24	916
25	991
26	1069
27	1150
28	1234
29	1321
30	1411
31	1504
32	1600
33	1700
34	1803
35	1910
36	2020
37	2133
38	2250
39	2370
40	2494
41	2622
42	2754
43	2890
44	3030
45	3174
46	3322
47	3474
48	3630
49	3790
50	3954
51	4122
52	4294
53	4470
54	4650
55	4834
56	5022
57	5214
58	5410
59	5610
60	5814
61	6022
62	6234
63	6450
64	6670
65	6894
66	7122
67	7354
68	7590
69	7830
70	8074
71	8322
72	8574
73	8830
74	9090
75	9354
76	9622
77	9894
78	10170
79	10450
80	10734
81	11022
82	11314
83	11610
84	11910
85	12214
86	12522
87	12834
88	13150
89	13470
90	13794
91	14122
92	14454
93	14790
94	15130
95	15474
96	15822
97	16174
98	16530
99	16890
100	17254

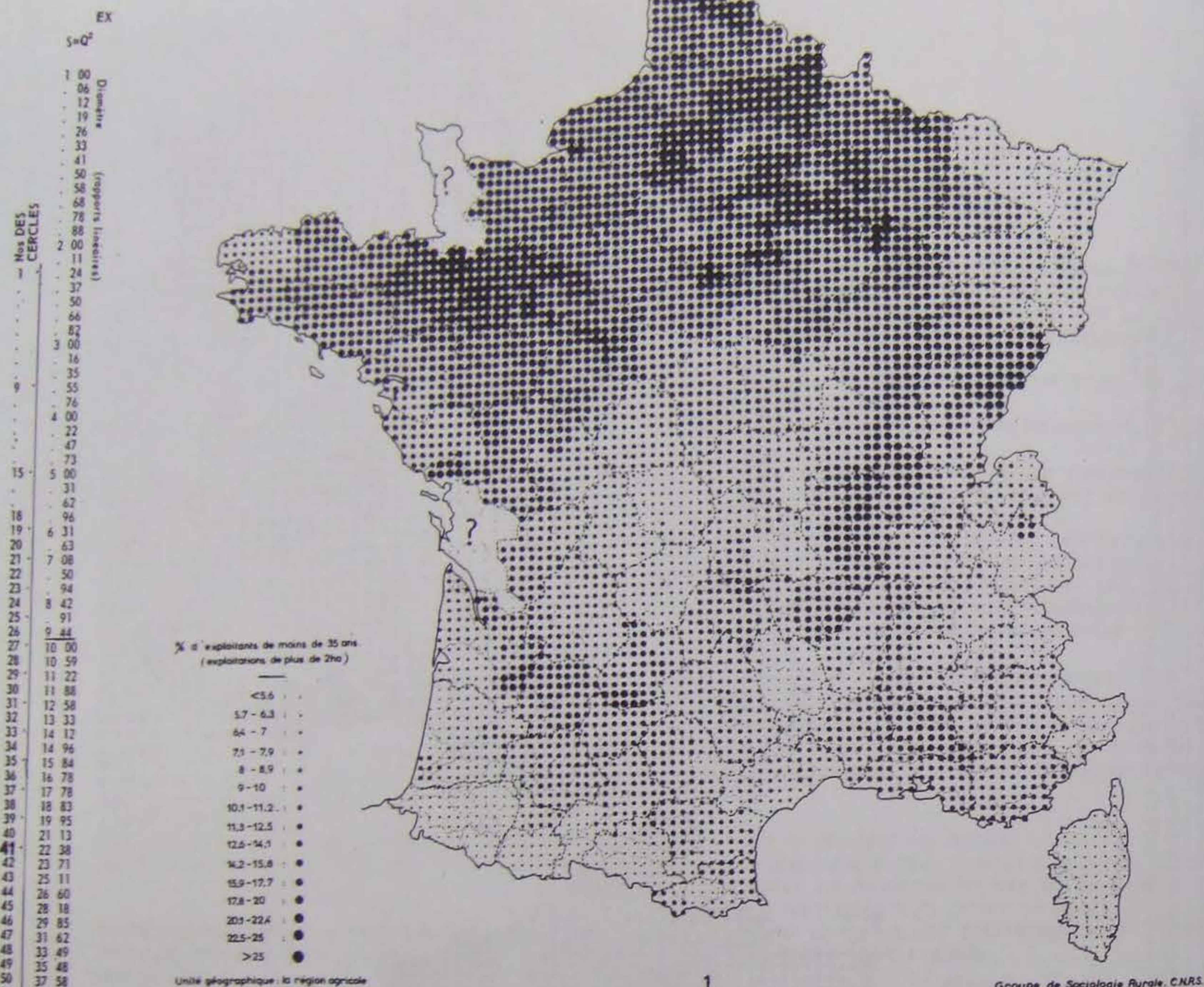
Progre

1,122



DENSITE	QUANTITES
au km <sup>2</sup>	Quantités d'habitants (1 000 par point)
17	4
22	5
25	6
28	7
31	8
35	9
39	10
44	11
50	13
56	14
63	16
70	18
79	20
89	22
100	25
112	28
126	32
141	35
158	40
177	44
200	50
223	56
250	63
282	70
325	80
380	99
446	112
526	144





### Problème GEO Q zonal : Faible étendue des quantités (correctif d'extension).

Soit à représenter la série fournie par le pourcentage d'exploitants de moins de 35 ans (1). Extension de la série : 1 à 5 env.

Les éléments précédents sont modifiés pour :

1° le calcul des densités, inutile dans un taux, un pourcentage, un rapport, une cote.

2° la correspondance entre la série Q et les cercles de la gamme.

Les séries dont l'extension est inférieure à 10 (de 1 à 9, de 1 à 5...), traduites dans la correspondance normale  $S = Q$  fournissent une image peu lisible. Il faut faire jouer le correctif d'extension, c'est-à-dire adopter une gamme extensive  $S = Q^2$  ou  $Q^4$  ou même  $Q^6$ . On choisit celle qui étend les Q du cercle 41 au cercle 9 ou à ses voisins, soit ici la gamme  $S = Q^2$ .

### Le correctif de densité.

De même que l'on ne peut comparer des diagrammes

de distribution ou de répartition que si les moyennes sont égalisées, on ne peut comparer plusieurs cartes de répartition que si la quantité totale de "noir" par carte est sensiblement la même d'une image à une autre.

La carte de la population totale, dans (4) ne permet pas de voir que la répartition est semblable à celle de la population II (industrie) et III (secteur tertiaire). En (5), ramenée à un total de noir à peu près semblable, les répartitions sont comparables.

Le calcul de la quantité de "noir" résultant d'une correspondance donnée est immédiatement fourni par l'ordinateur, dans les procédés mécaniques, et permet une correction de densité par un décalage de la règle (d'où la nécessité de choisir une extension légèrement inférieure à la gamme naturelle).

Dans les procédés manuels, cette correction peut résulter soit de l'histogramme de répartition (à condition qu'il soit pondéré en surface) soit d'une comparaison des totaux de chaque série, que l'on cherchera à égaliser.



La marge de réduction photographique est très importante dans le semis régulier. Les cartes cantonales (2) et (3) comportent 3 000 zones de comptage et près de 6 000 points. Leur lecture aux niveaux moyens et d'ensemble reste efficace malgré une réduction qui permet de disposer 12 cartes dans un format 21 x 27 cm. La comparaison et le classement de multiples séries quantitatives, objet de toute recherche statistique, implique de telles réductions et le semis régulier en fournit le moyen.

### LA GAMME NATURELLE EN IMPLANTATION PONCTUELLE

GEO Q ponctuel - gamme normale.

Soit à représenter la population en Tunisie (p. 362). 1° le calcul des densités est inutile en implantation ponctuelle.

2° la correspondance entre la série et les cercles de la gamme normale est presque toujours possible dans les très grandes extensions. Mais si en implantation zonale l'échelle des cercles est déterminée surtout par la correspondance du cercle (n° 41), ici l'échelle dépend maintenant de la dimension du cercle minimum. Il faut donc tenir compte de la réduction photographique envisagée et introduire un correctif de réduction photographique. Une réduction linéaire de moitié correspond à un décalage de 12 numéros de cercles. Le cercle 56 a un diamètre double du cercle 44 et tout cercle N a un diamètre double du cercle de numéro N-12.

L'abaque  $S = Q^2$ , qui donne la suite des nombres proportionnels aux diamètres des cercles fournit ainsi la réduction correspondant à chaque décalage, et inversement. Ainsi une réduction de 200 à 100 correspond bien à un décalage de 12 numéros.

Les principales réductions correspondent aux décalages suivants :

6 à 5 : 3 numéros	2 à 3 : 7 numéros
4 à 5 : 4	3 à 5 : 9
3 à 4 : 5	2 à 1 : 12
5 à 7 : 6	5 à 2 : 16

On peut ainsi définir la gamme finale telle qu'elle sera imprimée et publiée, et déterminer, connaissant le rapport de réduction photographique, la gamme exacte qu'il faut dessiner.

### GEO Q ponctuel - faible étendue des Q.

Les gammes extensives sont employées en implantation ponctuelle pour rechercher des groupements régionaux résultant de séries peu étendues. Telle est la carte (2, p. 364) qui utilise la correspondance  $S = Q^4$ .



## LA DENSITÉ DES POINTS

La formule du semis régulier de cercles de taille croissante n'est pas indépendante de la densité des points et par conséquent de la réduction et de la dimension de l'image finale. Ce qui varie entre les trois cartes ci-contre c'est l'écartement du semis original. En (1) il y a un point tous les 1 000 km<sup>2</sup>, en (2) tous les 250 km<sup>2</sup>, en (3) tous les 100 km<sup>2</sup>. Dans les trois cas on a appliqué la correspondance normale  $S = Q$ . Cependant l'impression visuelle est très différente.

En (1) l'œil perçoit chaque point. Il en pèse "le poids de noir" c'est-à-dire qu'il est sensible à la surface du point. La gamme naturelle des tailles croissantes et ses tables p. 371 ont été créées pour répondre à cette perception.

Par contre en (3) l'œil ne perçoit plus normalement les points. L'image se crée sur les différences de valeur résultant des "gris" et c'est la forme des lignes séparant les paliers qui retient naturellement l'attention. La référence constante par rapport à laquelle l'œil peut apprécier une distribution originale est ici l'équidistance des paliers de valeur (qui se traduit par l'égale visibilité de la ligne séparant deux paliers successifs, à tout niveau de valeur).

On a vu p. 75 que pour obtenir des paliers équidistants, il fallait faire intervenir à la fois la progression de la quantité de "noir" et la progression inverse de la quantité de "blanc". La gamme naturelle des tailles croissantes (et ses tables) ne convient plus dans les semis très fins qui ne sollicitent que la perception des valeurs. Cependant on pourra trouver dans les planches de points les pourcentages nécessaires pour construire jusqu'à 11 paliers équidistants (le tableau (4) donne les numéros des points à utiliser).

11 - B 22 29 33 36 39 40 41-9 41-10 41-11 H
10 - B 23 29 33 36 39 41 41-18 41-19 H
9 - B 24 30 34 38 40 41-9 41-10 H
8 - B 24 32 36 39 41 41-10 H
7 - B 26 32 37 40 41-10 H
6 - B 27 35 39 41-9 H
5 - B 30 38 41 H
4 - B 33 40 H
3 - B 37 H

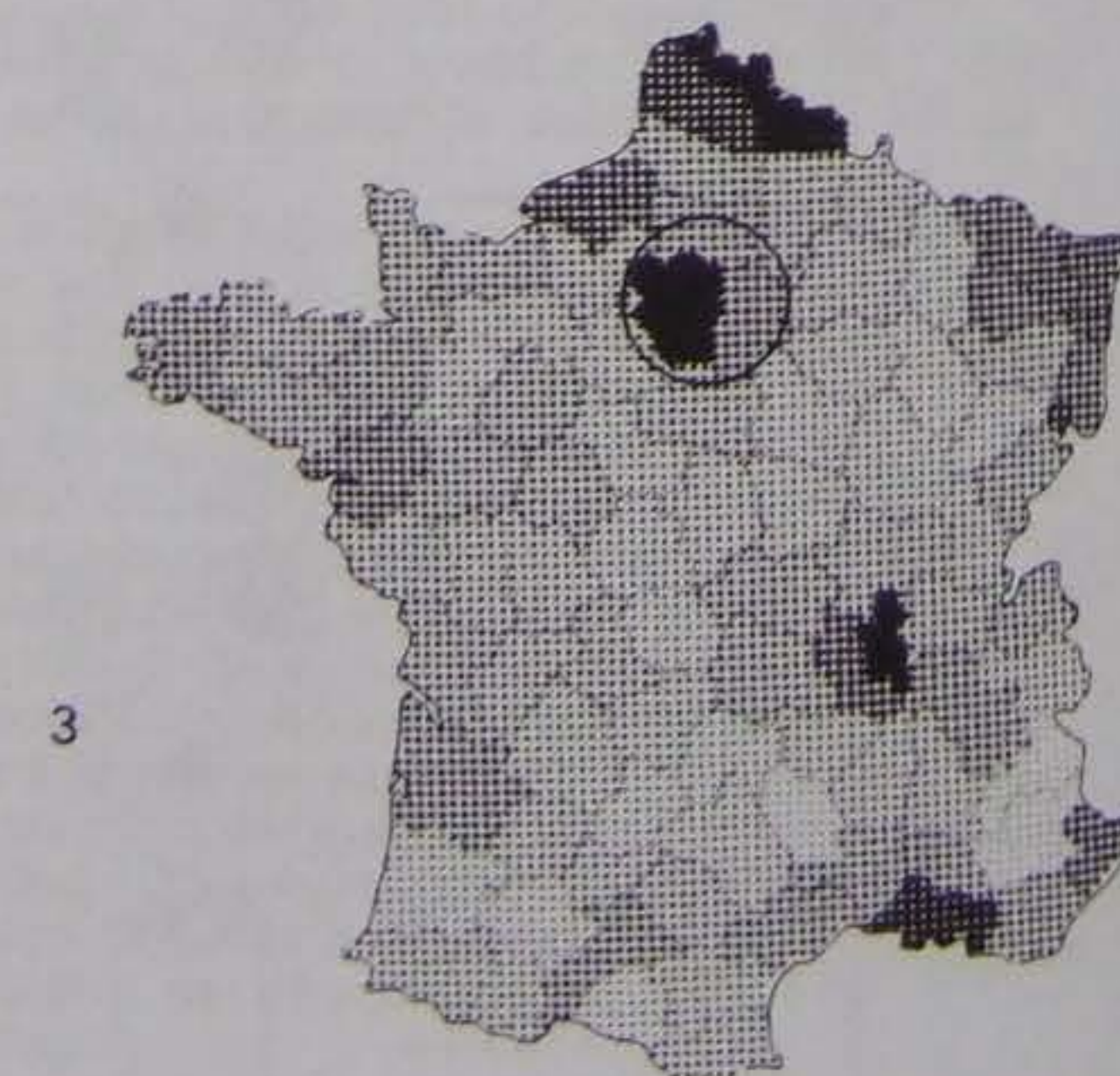
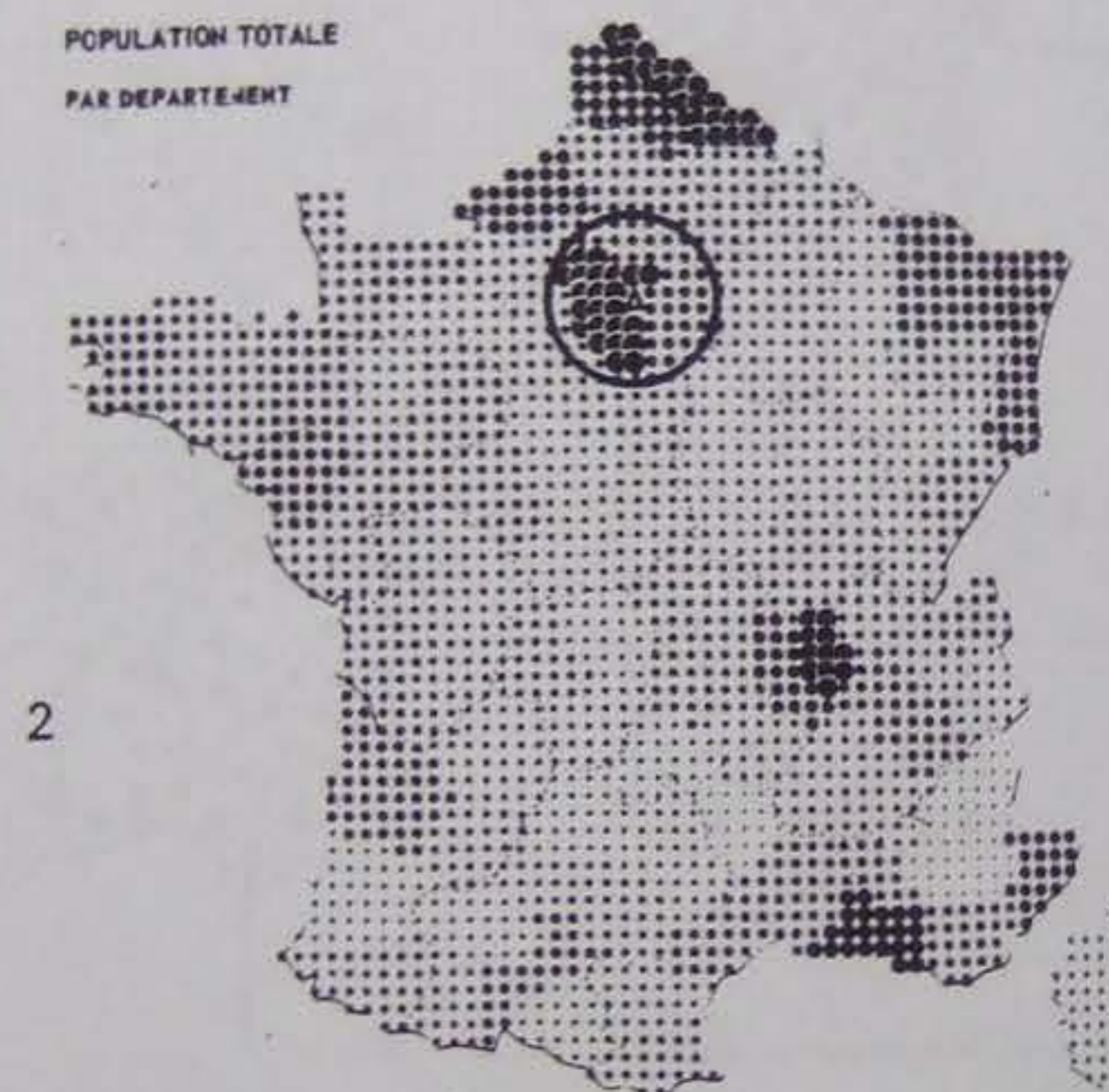
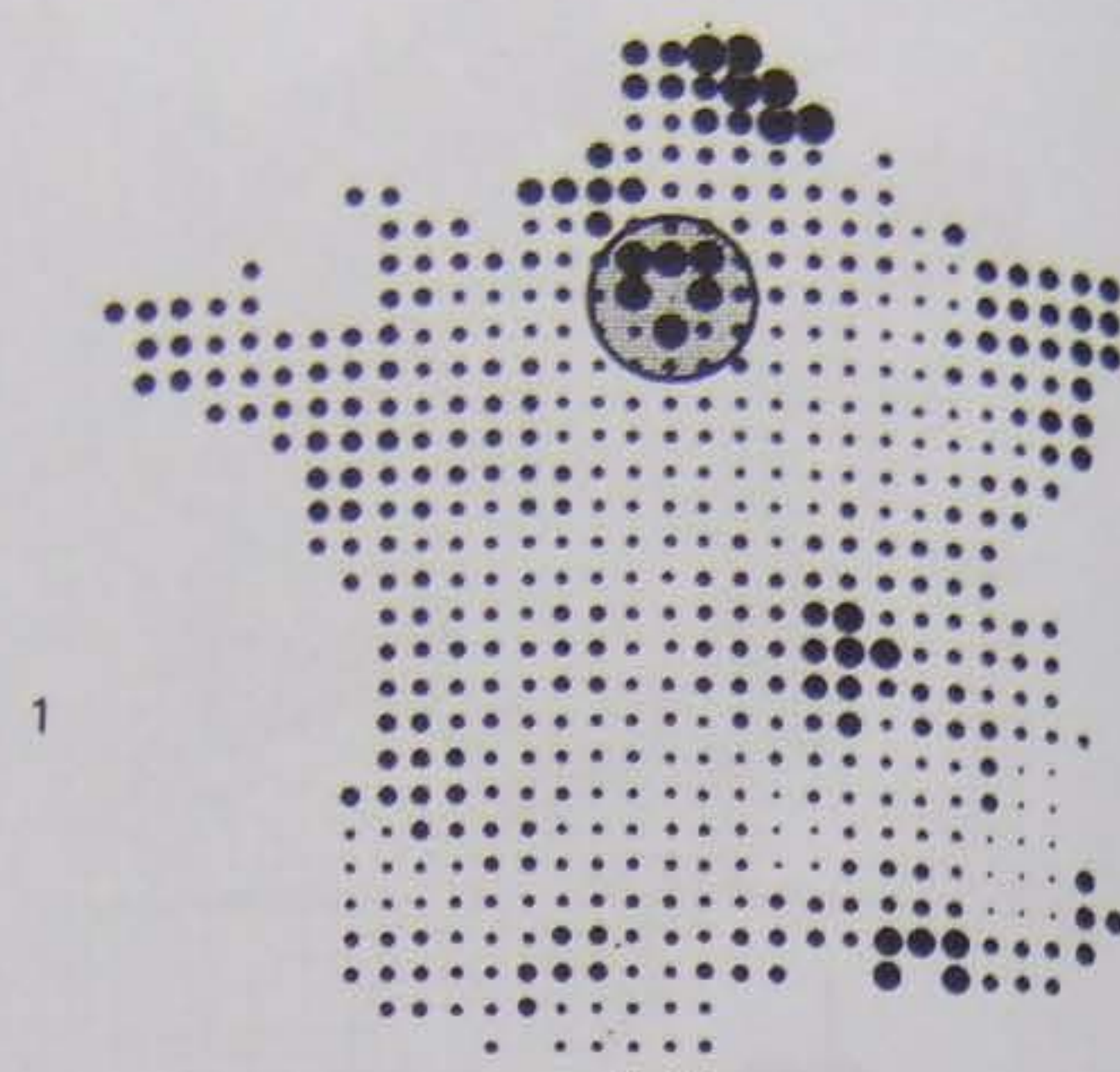
Au-dessus de 11, une série nouvelle doit être construite. Elle est à l'étude pour 24 paliers.

La division de la série Q de l'information est alors arithmétique et par exemple une série s'étendant de

12 à 42 représentée en 10 paliers donne  $\frac{42 - 12}{10} = 3$  comme écart, d'où les paliers :

12 →	15 →	18 →	21 →	24 →
27 →	30 →	33 →	36 →	39 →

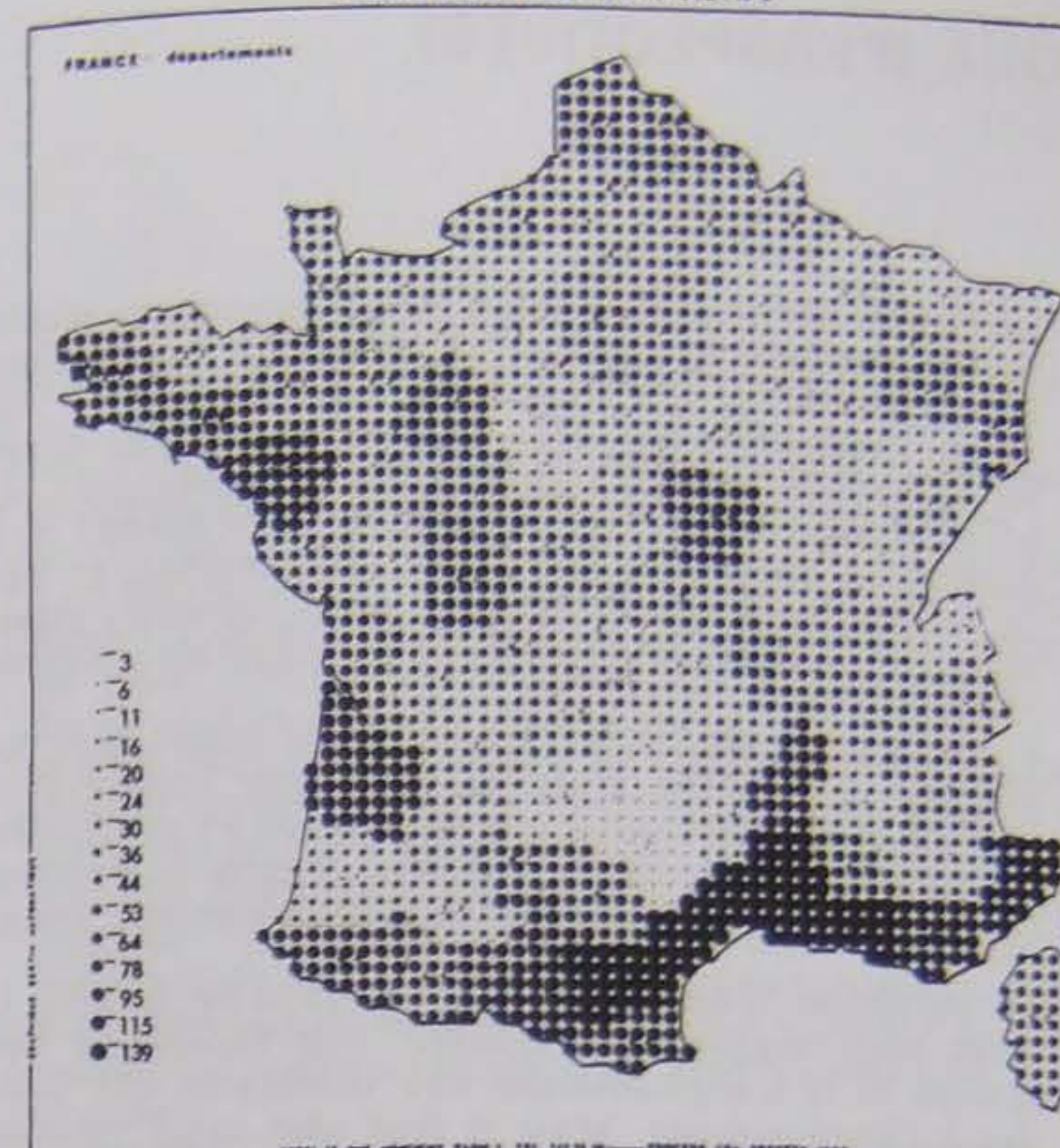
En (2) la situation est intermédiaire. L'œil perçoit à la fois la surface des points et la valeur résultant du rapport quantité de noir/quantité de blanc, par plage. En l'état actuel des expériences on peut adopter comme formule intermédiaire la gamme naturelle et ses tables à condition de donner aux trois cercles inférieurs (n° 1, 9, 15) les places respectives n° 15, 16 et 17 dans la règle des numéros de cercles.



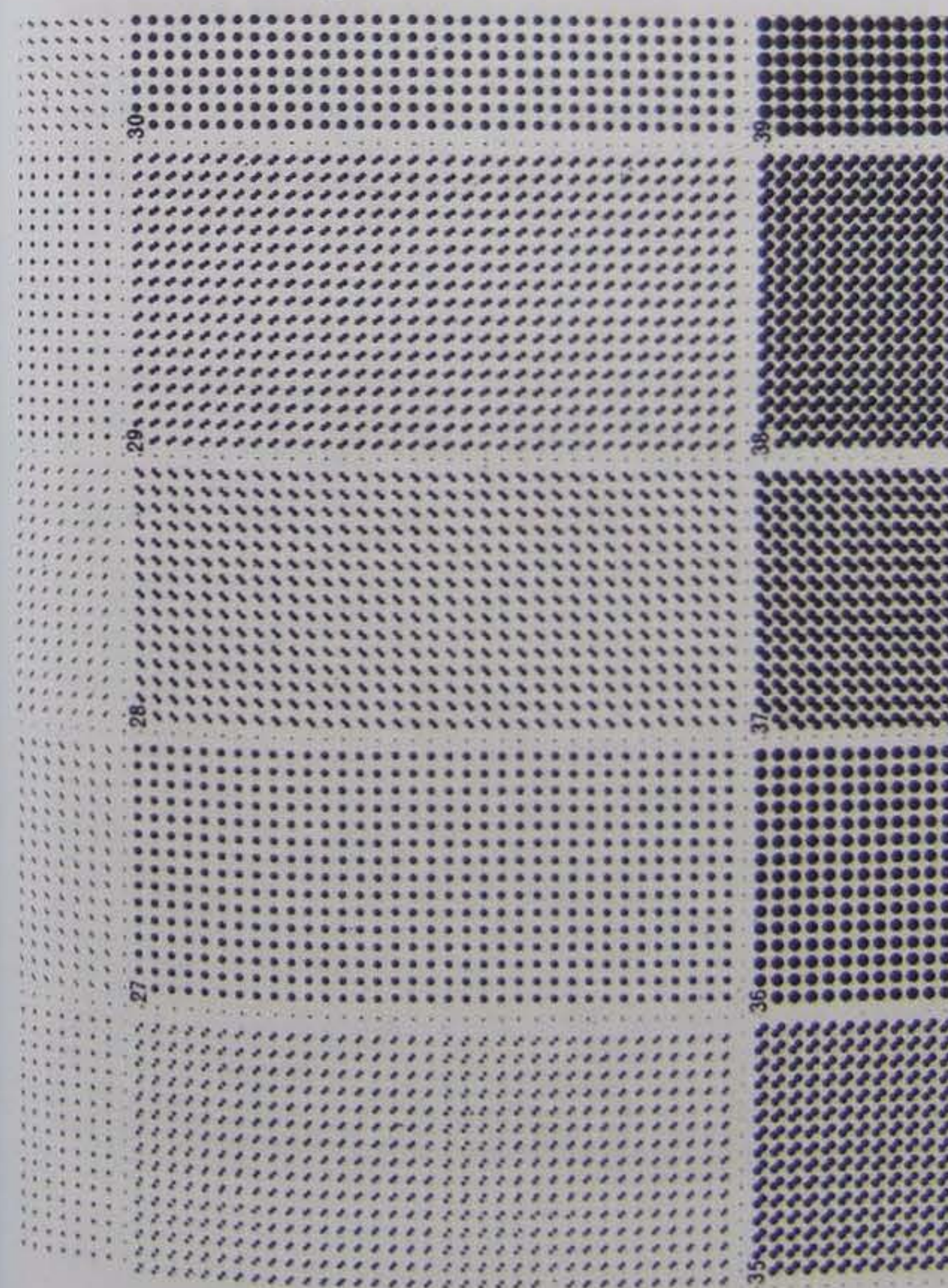
2

3

DEMANDES D'EMPLOI NON SATISFAITES AU 1<sup>ER</sup> SEPTEMBRE 1965  
POUR 10 000 HABITANTS ACTIFS



6



J. BERTIN

## LA RÉDACTION A LA MACHINE

Une machine à écrire dont les touches portent la gamme des signes et dont l'interlignage est égal à l'espacement permet de taper à la machine les signes suivant un document fournissant pour chaque point de la grille le n° du cercle nécessaire. En implantation zonale, lorsque les zones sont très nombreuses (cartes cantonales) la frappe à la machine gagne un temps considérable.

### L'automatisation.

Il faut quelques millèmes de secondes à un ordinateur instruit :

- 1° de l' "adresse" (n° de département, canton, commune) correspondant à chaque point de la grille (les x et y de la feuille);
- 2° de la gamme naturelle des cercles (règle des cercles ou R);
- 3° de la série statistique à traiter (3<sup>e</sup> dimension Q);
- 4° de la correspondance entre Q et R (c'est-à-dire de la position de la règle des n° de cercles en face de la série des Q), pour intégrer ces diverses informations et fournir à la machine à écrire, sous forme d'une série de cartes perforées, les instructions d'une frappe entièrement automatique.

Si l'on considère que les x et y départementaux ou cantonaux sont communs à des milliers d'informations statistiques,

- que la gamme naturelle est commune à toutes les informations,
  - que les séries statistiques modernes sont déjà dans de très nombreux cas, sur cartes perforées,
- on voit qu'il suffit, pour chaque représentation, de fournir la correspondance QR, c'est-à-dire de créer une ou deux cartes perforées. Le reste est automatique. Dans la carte (5), première carte réalisée automatiquement suivant cette formule, la frappe de la légende et du titre, non encore automatisée, a demandé autant de temps que la rédaction de la carte entière.

La cartographie automatique des quantités par zone permet d'introduire dans la mémoire du calculateur électronique les seules séries originales, généralement en quantités absolues. L'ordinateur fournit ensuite sur simple décision du chercheur, la carte géographique exprimant soit ces quantités soit un quelconque rapport de l'une sur l'autre (après addition ou soustraction s'il y a lieu).

La machine à écrire sera très rapidement remplacée par une photocomposeuse, ou même par un tube cathodique.

En implantation linéaire une photo-positionneuse instruite de la gamme naturelle peut tracer des lignes de largeur proportionnelle aux Q.

En implantation ponctuelle elle permet de pointer en chaque lieu le signe proportionnel, et dans la mesure où les x et y peuvent être utilement programmés, elle peut opérer automatiquement.

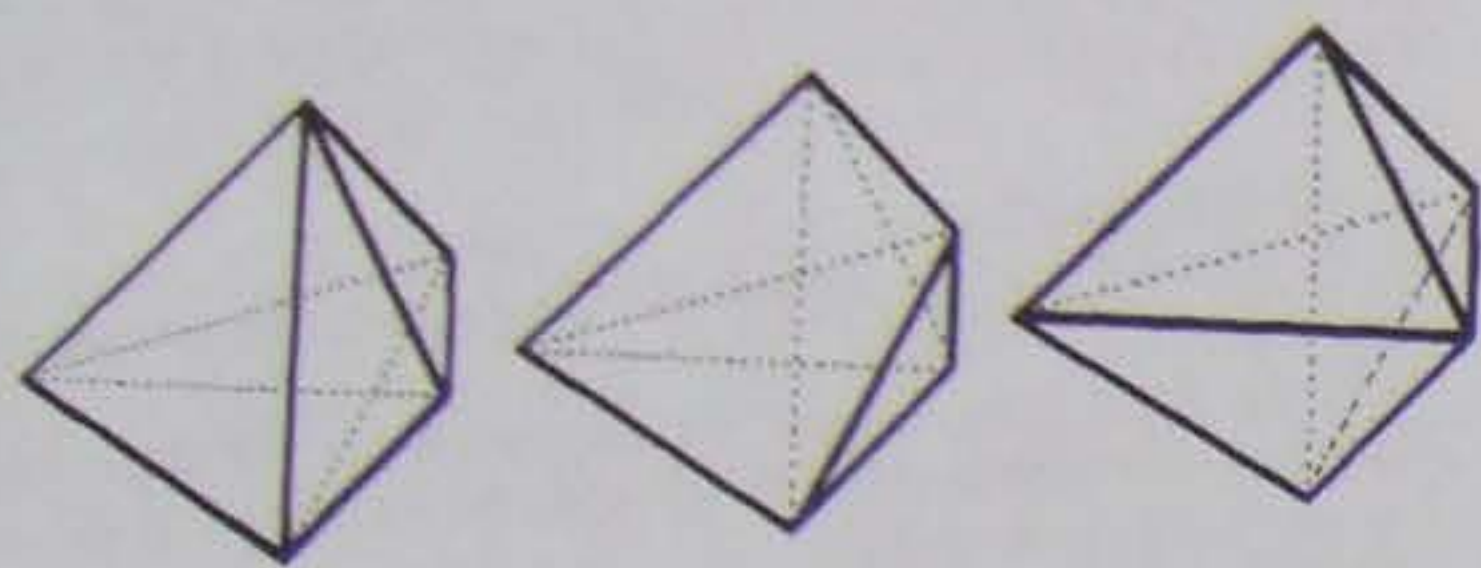
### LA GAMME NATURELLE DIFFÉRENTIELLE

Pour répondre aux questions de niveau élémentaire "tel palier où est-il?" "tel signe de la carte quelle en est sa valeur?" il est nécessaire d'ajouter à la gamme une différenciation sélective. La plus efficace est, nous l'avons vu, l'orientation.

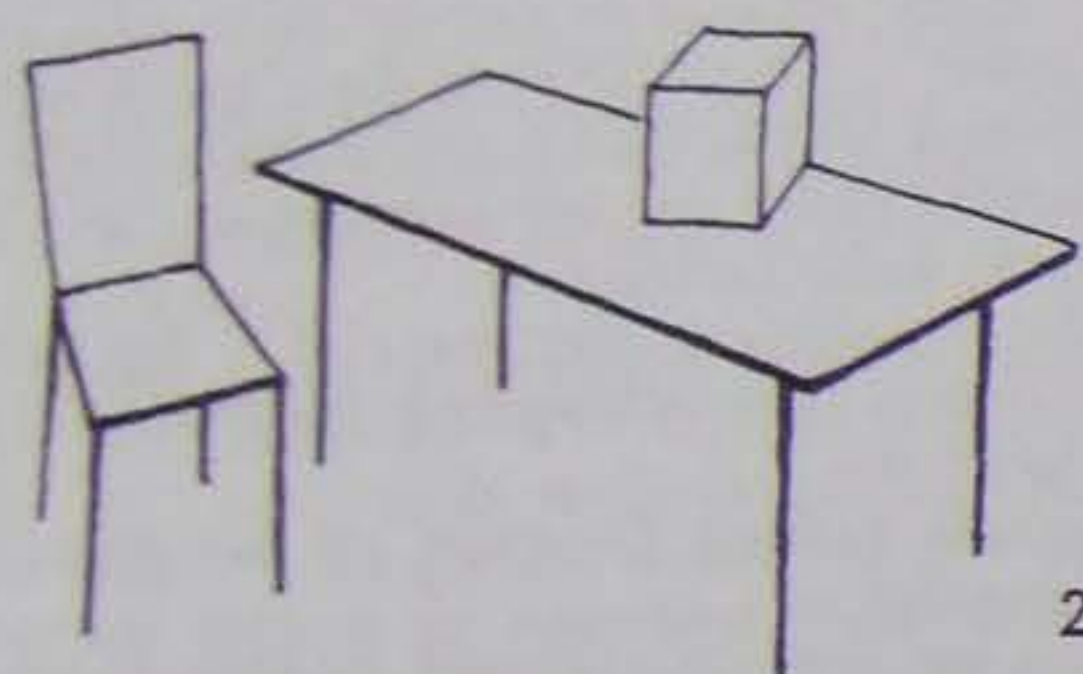
La gamme différentielle dont une partie figure en (6) permet d'identifier chaque signe tout en conservant la progression et les propriétés de la gamme naturelle.



# LA REPRÉSENTATION STÉRÉOGRAPHIQUE (PERSPECTIVES)



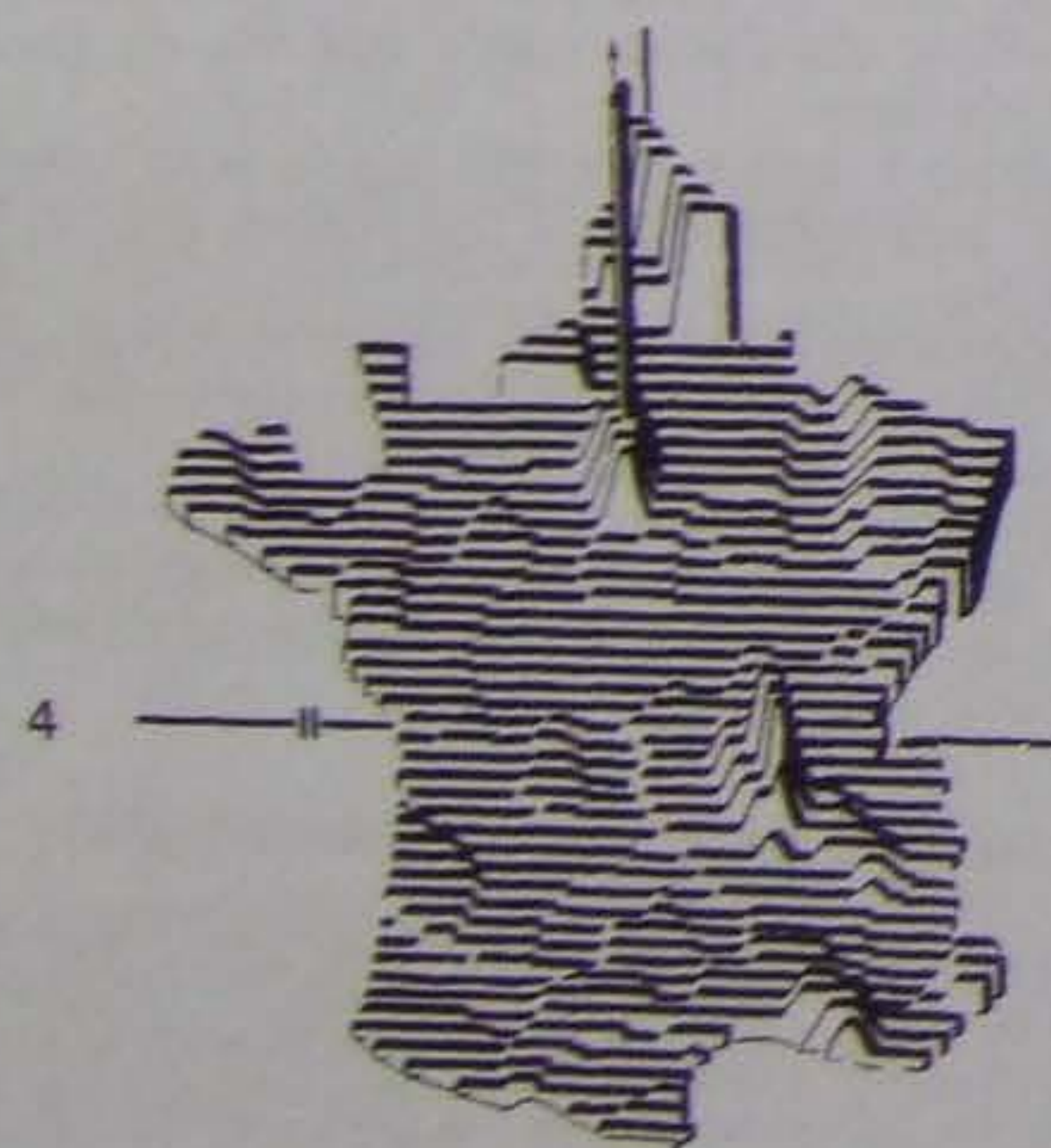
1



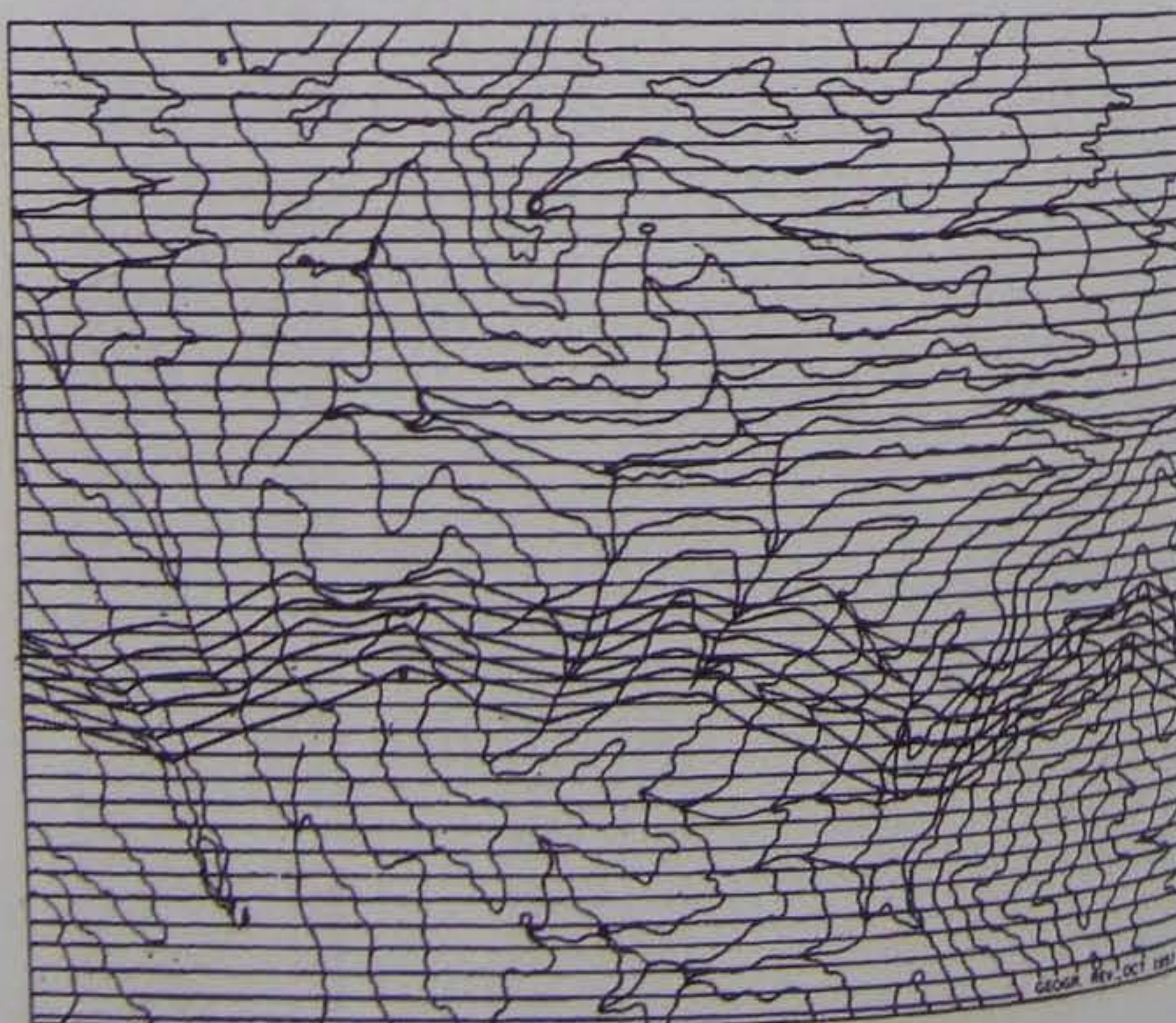
2



3



4



5

La notion visuelle d'espace à trois dimensions résulte du rapprochement continu de toutes les perceptions. L'observateur a pris l'habitude de traduire en distances l'ensemble des déformations subies par toutes les sensations, et qui sont dues à l'éloignement. La taille, la valeur, le grain, la couleur, l'orientation et la forme d'un objet changent avec l'éloignement, et c'est en déformant pertinemment toutes ces variables visuelles que le peintre, le décorateur réalisent les meilleurs "trompe l'œil".

La restitution plane de l'espace peut cependant être obtenue à moindre frais. Il suffit que l'observateur soit capable d'interpréter quelques unes, et quelquefois une seule des sensations visuelles comme la déformation significative et pertinente d'un caractère connu.

La variation d'épaisseur des lignes d'un réseau (1) suffit pour suggérer un volume. Elle évoque le défilement et la transformation des valeurs et des tailles dus à l'éloignement. Mais il faut que cette variation soit significative d'éloignement. On y parvient en faisant en sorte que toute autre signification soit exclue. Ainsi une figure formée de deux épaisseurs de lignes, signifiant deux niveaux quantitatifs, ne pourra pas être mise en perspective par la simple variation d'épaisseur des lignes.

Il faut aussi que cette variation soit pertinente, c'est-à-dire qu'elle n'inverse aucune des positions spatiales suggérées par le volume. Ce qui est en avant est plus épais, ce qui est en arrière plus mince ou plus clair.

## La variation de forme.

C'est la plus facile et la plus efficace des déformations.

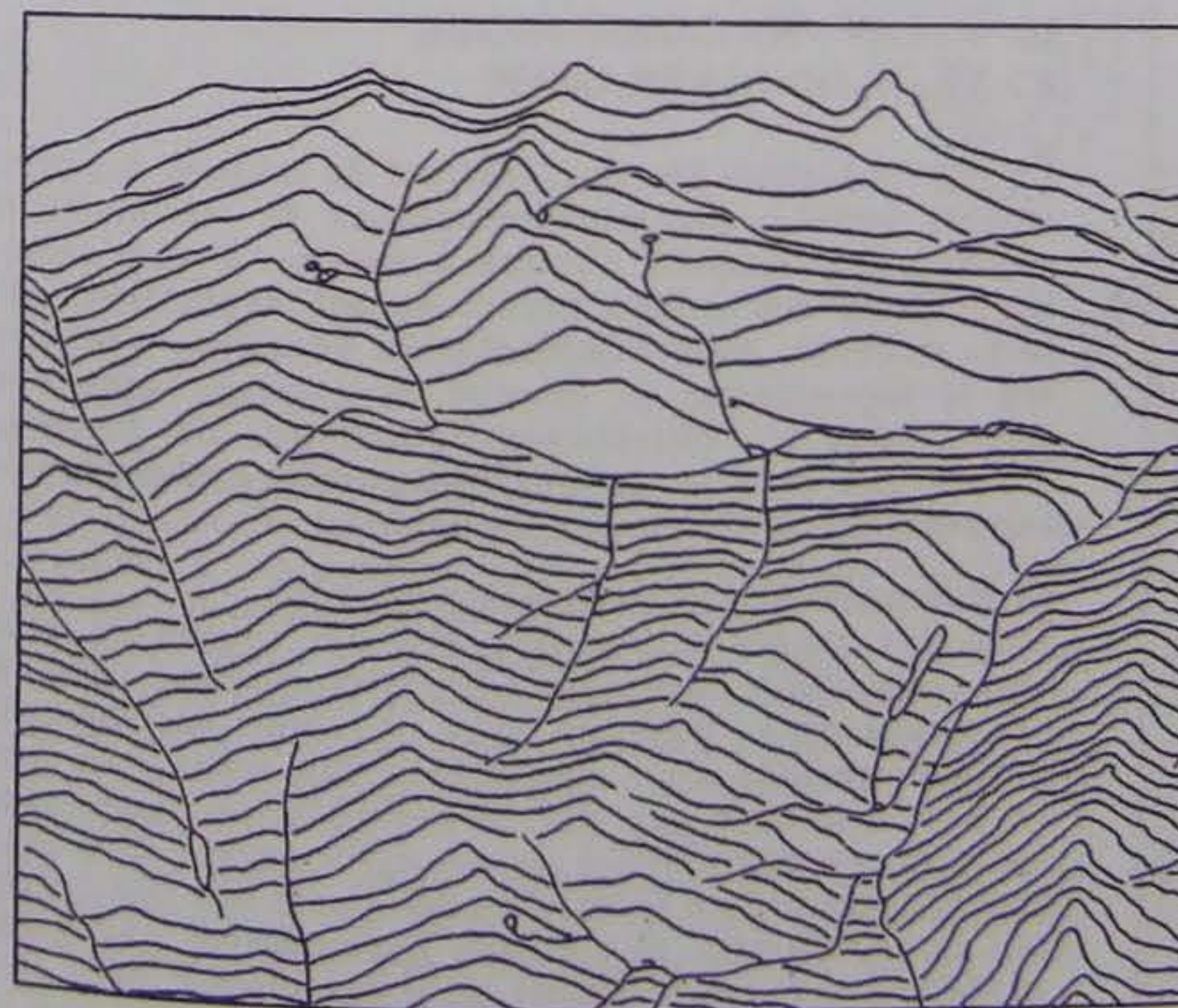
Mais il ne peut y avoir conscience de déformation sans connaissance préalable de la chose non déformée.

Si un cube, une chaise, une table nous apparaissent "en perspective" et créent un espace à trois dimensions (2), la mise en volume d'un cailloux quelconque ne peut résulter d'une déformation perspective, la forme initiale nous étant inconnue (3).

Il n'est donc pas nécessaire de déformer des éléments dont la forme initiale ne nous est pas familière, et ce n'est pas la mise en perspective d'un réseau fluvial, d'un site topographique qui crée la sensation d'espace dans un "bloc-diagramme", mais essentiellement la déformation des seuls éléments reconnaissables, c'est-à-dire des caractères que l'on conçoit appartenir à tout volume, qu'il soit un paysage ou une construction quelconque.

Le caractère universel que l'on peut appliquer à la représentation de tout volume, c'est la RÉGULARITÉ. On conçoit aisément que le découpage régulier d'un volume régulier donne des lignes régulières. Par là même, la règle subsistant, les irrégularités visibles et significatives traduisent les irrégularités du volume. C'est la base de toute représentation en relief figuré.

Cependant les irrégularités représentées par des lignes ne s'ordonnent pas en 3<sup>e</sup> dimension, et il y a confusion



dans le sens des irrégularités (confusion vallées-crêtes). L'OMBRE, dont la règle nous est familière, ajoute un sens aux différences exprimées par les lignes.

## LES FORMULES DE REPRÉSENTATION

Toute composante ordonnée de 3<sup>e</sup> dimension peut être construite en relief figuré. Cette construction n'est pas l'apanage du relief topographique. On peut distinguer trois formules :

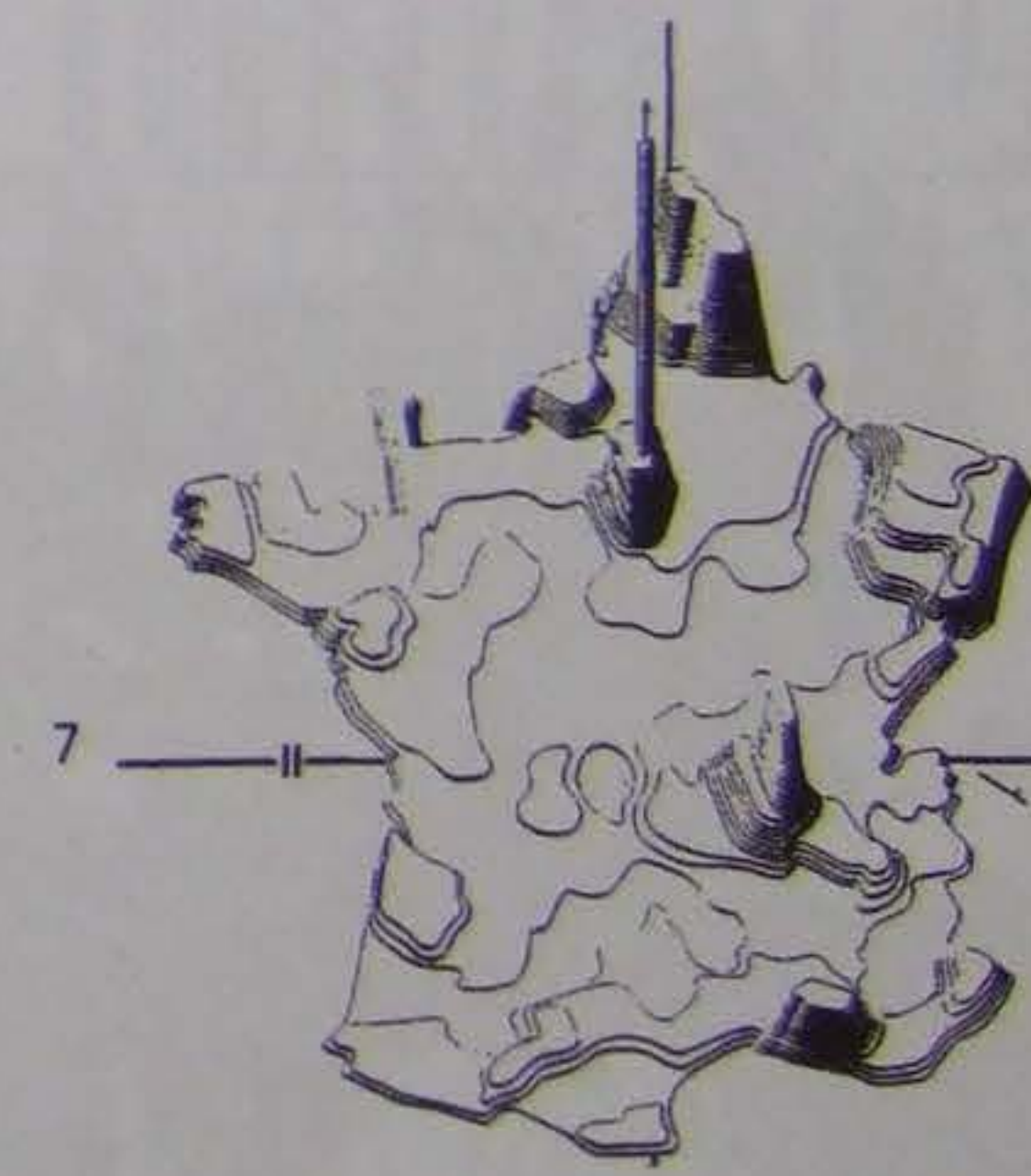
### Les coupes régulières verticales (4).

Elles sont appliquées de préférence à une variation complexe (Stéréogrammes, p. 253) ou au relief topographique (6).

Dans cette représentation, exposée par Arthur H. ROBINSON et Norman J.W. THROWER dans la Geographical Review, octobre 1957, les coupes verticales sont déduites de la carte en courbes de niveau, par application d'une grille (5) correspondant à l'équidistance des courbes, à l'échelle convenable. Chaque intersection d'une courbe et de son niveau sur la grille est reliée aux intersections inférieures et supérieures. Dans le dessin final on ne retient que les coupes verticales (6).

### Les coupes régulières horizontales (7).

Il suffit de dessiner chaque courbe de niveau avec l'élévation correspondante et de supprimer les défilements.

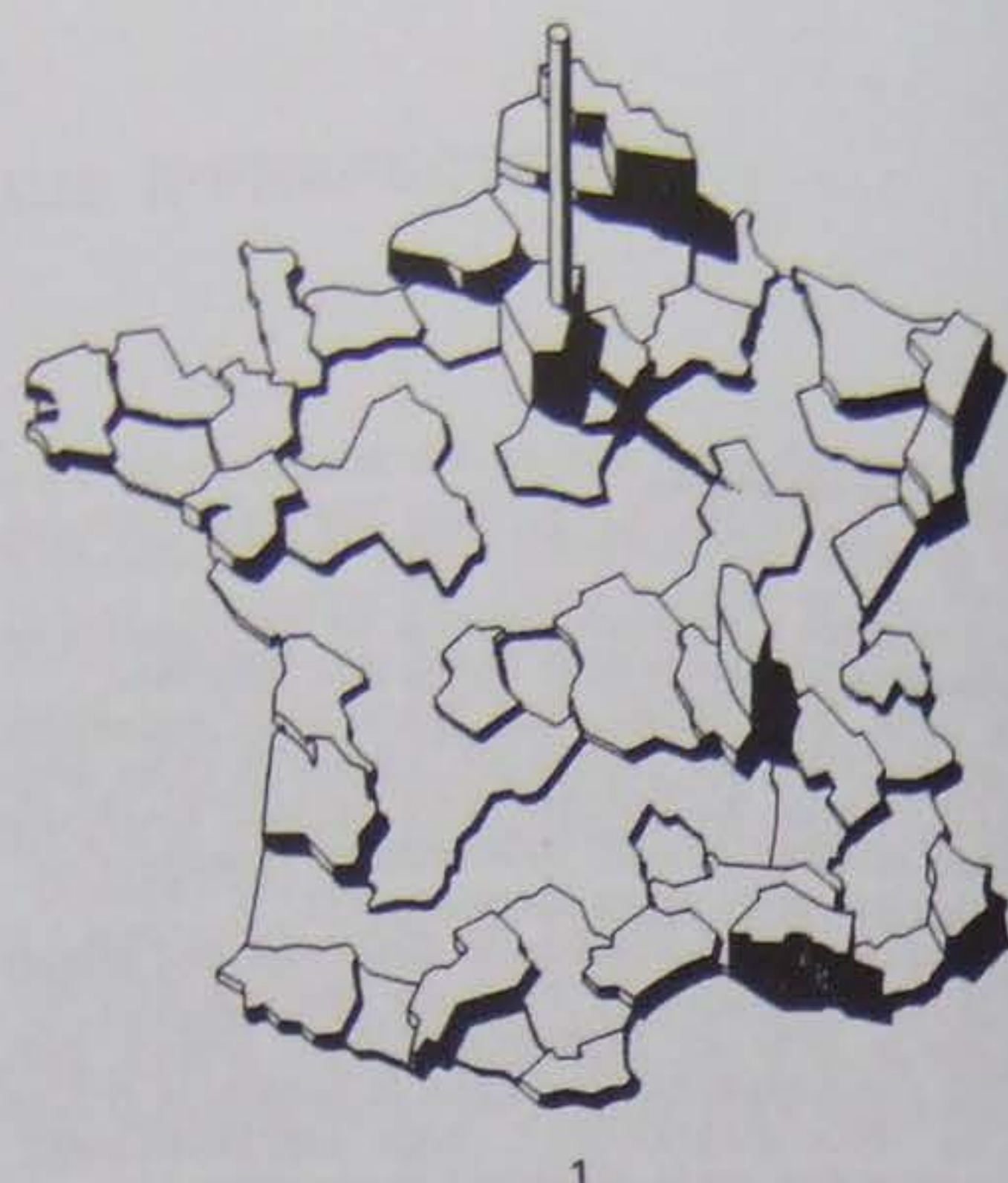
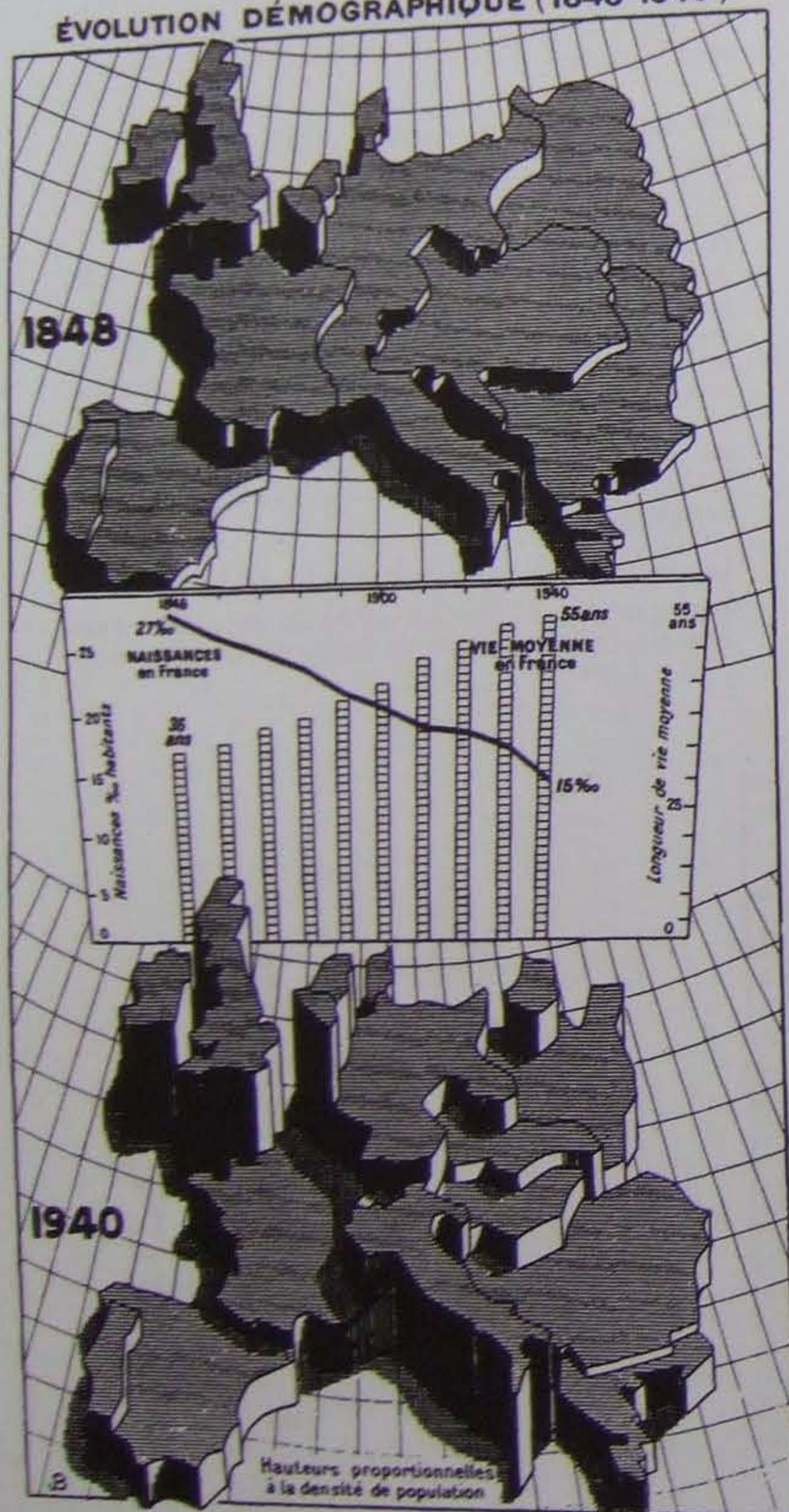


7

6



# ÉVOLUTION DÉMOGRAPHIQUE (1848-1940)



## L'enveloppe du volume (1)

La combinaison des deux formules précédentes aboutit à dessiner l'enveloppe, ou la silhouette du volume. Mais quand la régularité des coupes n'est plus représentée, il faut trouver d'autres éléments réguliers de remplacement. Il suffit, en (2), de déplacer verticalement la forme plane de la quantité requise par l'échelle des hauteurs et de tracer les verticales visibles. Ce sont elles, et les parois qu'elles représentent, qui suggèrent par leur présence, ou leur absence (défilement) le système régulier déformé, et par conséquent le volume. Le défilement doit cependant être minimum et la représentation en relief exclut les murailles de premier plan.

## LE RELIEF TOPOGRAPHIQUE ET LE BLOC-DIAGRAMME

La représentation en relief permet de traduire les principales formes géo-morphologiques et les éléments naturels dans lesquels s'inscrit l'homme. Divers caractères, faciès des roches, nature du sol, végétation, cultures peuvent, avec l'implantation humaine, s'inscrire sur la topographie et décrire le paysage apparent, dans toutes ses corrélations classiques de position. Ce devrait être le premier et indispensable inventaire de toute description régionale.

### La perspective d'ensemble est inutile.

Dans les études régionales, elle est inutile et souvent regrettable puisque cette déformation interdit de comparer le paysage avec d'autres variables et particulièrement avec l'ensemble des traits que l'on ne peut atteindre que par la cartographie statistique. De plus, en remplaçant cette déformation non suggestive (puisque les formes ne nous sont pas familières) par la perspective des détails (perspective cavalière) le rédacteur outre le temps qu'il économise, peut élever son relief sur un calque placé directement sur la carte. Il conserve par conséquent en chaque site le contrôle précis de l'information originale.



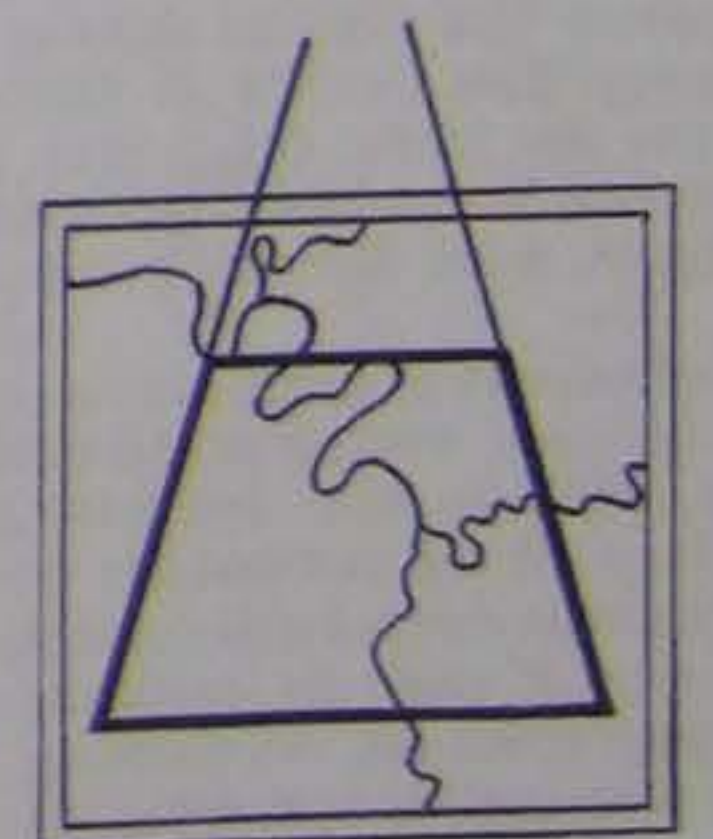
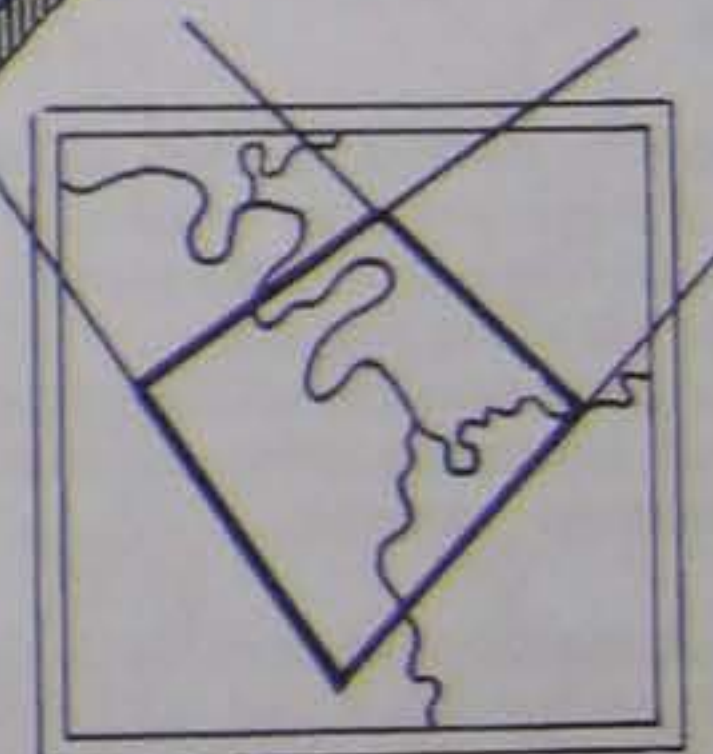
### La forme du découpage.

Par contre le rédacteur peut renforcer l'impression d'espace à trois dimensions en découpant son image suivant un cadre non perpendiculaire.

Ainsi les lignes géographiques de la région parisienne (3) ne sont pas en perspective. Elles suivent les tracés de la carte, mais les limites de la région tracent sur la carte un quadrilatère dont les côtés ne sont pas parallèles.

Le cadre donne alors l'impression d'une perspective générale car il est interprété comme la déformation d'une des règles les plus familières: la perpendicularité.

Un trapèze donne le même résultat (4). Il suffit que le point de concours des lignes non parallèles soit situé vers le haut de la figure (3) et (4).





### La perspective des détails.

C'est au niveau des détails que se situent les éléments réguliers connus dont la déformation générale suggère le relief. Les principaux sont :

- Les sinuosités des cours d'eau, qui s'aplatissent horizontalement (1).
  - Les indentations topographiques, qui tendent à l'horizontale dans les régions plates (2), qui épousent le pendage du terrain dans les régions accidentées (3), ou qui s'aplatissent verticalement dans les crêtes (4).
  - Les vallées, les larges cours d'eau, qui changent régulièrement de largeur avec l'orientation (5) et s'aplatissent en fonction de leur rapprochement de l'horizontale de l'image.
  - Le défilé, qui efface une partie du paysage et permet de tracer des silhouettes verticales.
- On en déduit l'enveloppe des principales formes géomorphologiques en terrain homogène (6) et dans une lithologie stratifiée (7).

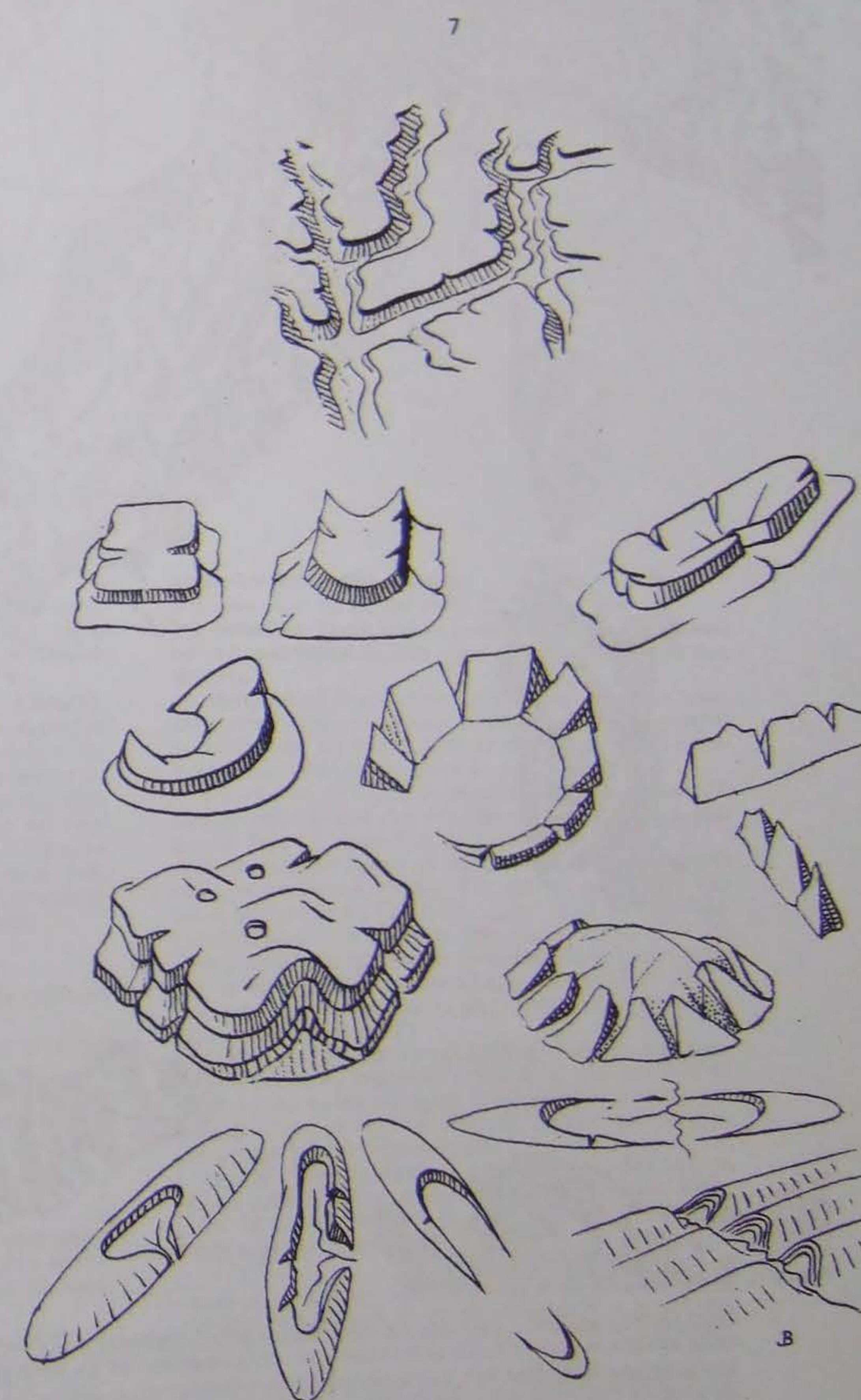
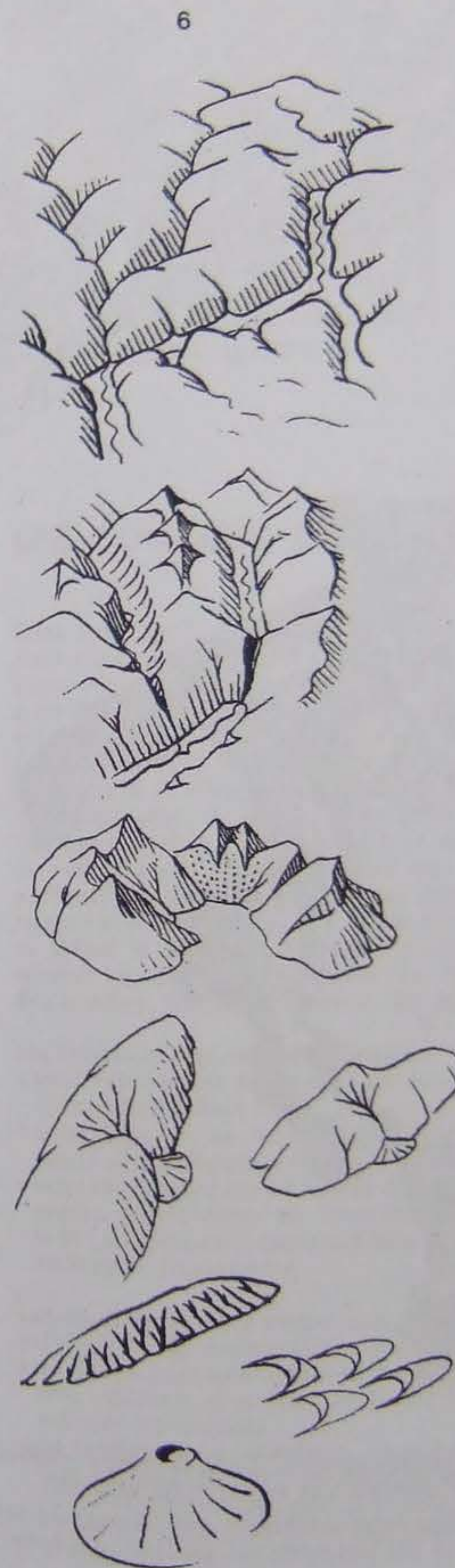
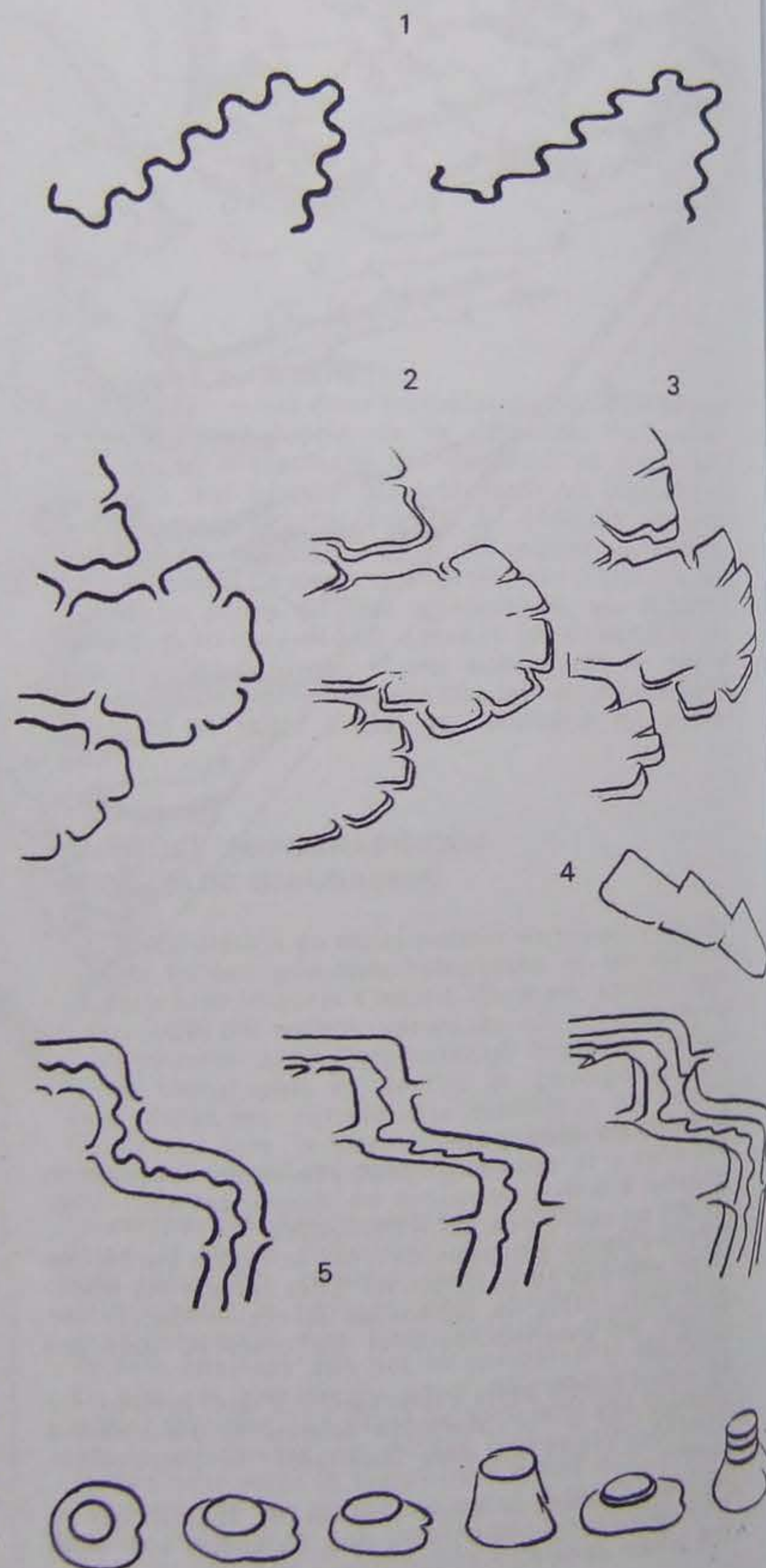
Il faut souligner qu'un bloc-diagramme est un schéma, qui extrait et fait ressortir les caractères principaux d'un paysage.

Avant de le réaliser, il faut savoir ce que l'on veut dire. Aussi ne peut-on construire un dessin efficace sans en avoir tracé tous les traits sur la carte :

- lignes de crêtes et sommets...
- ruptures de pentes caractéristiques, replats...
- limites de zones alluviales, fonds plats de vallées...
- auges, verrous, cirques...

Le bloc-diagramme n'est en définitive que la traduction en signes perspectifs d'une bonne carte morphologique. On n'hésitera pas à prendre la place nécessaire pour représenter un trait caractéristique tel que le fond plat d'une vallée, en mordant sur les plateaux environnants. Quelle que soit la complexité du paysage, il doit toujours pouvoir être exprimé dans le minimum de traits. L'enveloppe doit décrire la forme. Seul l'ombrage, obtenu par des traits, des points, par un lavis ou par le renforcement des lignes caractéristiques, peut charger la figure, avec discrétion bien entendu.

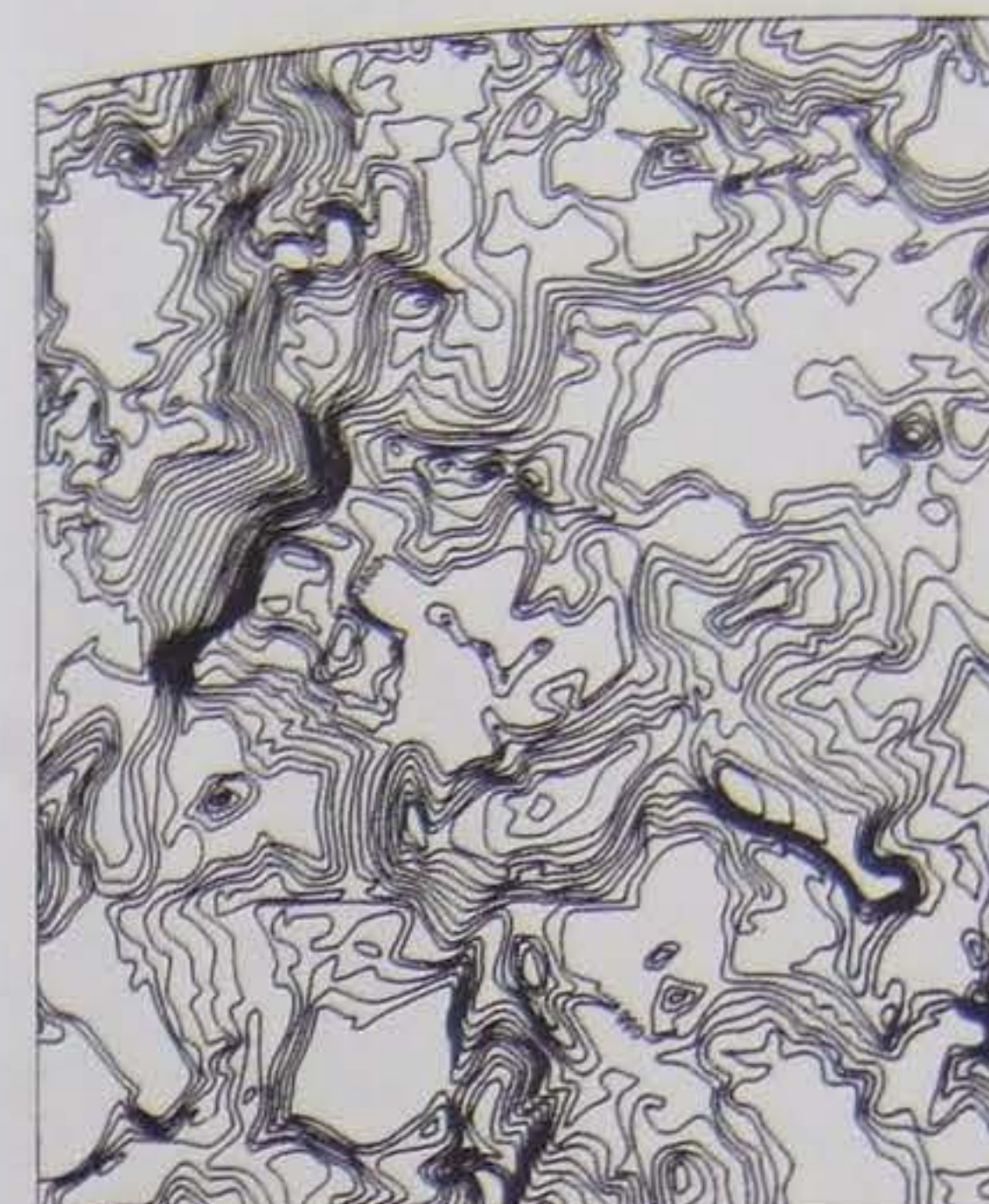
Lorsqu'on adopte la perspective cavalière, les déplacements verticaux sont pratiquement inutiles. Dans la carte (p. 359) ils sont inexistant. Le réseau fluvial est en place, ce qui n'empêche pas de percevoir l'élévation générale des massifs montagneux, des Cévennes, des Causses. Il suffit de restituer, grâce aux indentations topographiques, un pendage général du terrain, et de le souligner par un ombrage d'ensemble.







Dans la carte (p. 359) l'ombrage est dégrossif et vient souligner une enveloppe dessinée au trait. Dans la carte ci-dessus, le relief résulte de la forme des ombres et lumières dessinées sur un fond gris qui s'identifie aux surfaces horizontales. Les surcharges importantes, les superpositions enlèvent toute efficacité à de telles représentations qui ne peuvent servir de fond de carte que pour des répartitions homogènes et simples (p. 359) ou pour des phénomènes de détail qui épousent strictement le relief.



Echelle 1 : 5000 Equidistance 20 m

1

## LES COURBES D'ÉGALITÉ (ISARITHMES)

Elles sont applicables à toute composante Q de 3<sup>e</sup> dimension. Elles ne se conçoivent qu'équidistantes, sinon elles ne traduisent que des limites de zones, qu'il faut interpréter successivement. Leur efficacité est cependant très limitée.

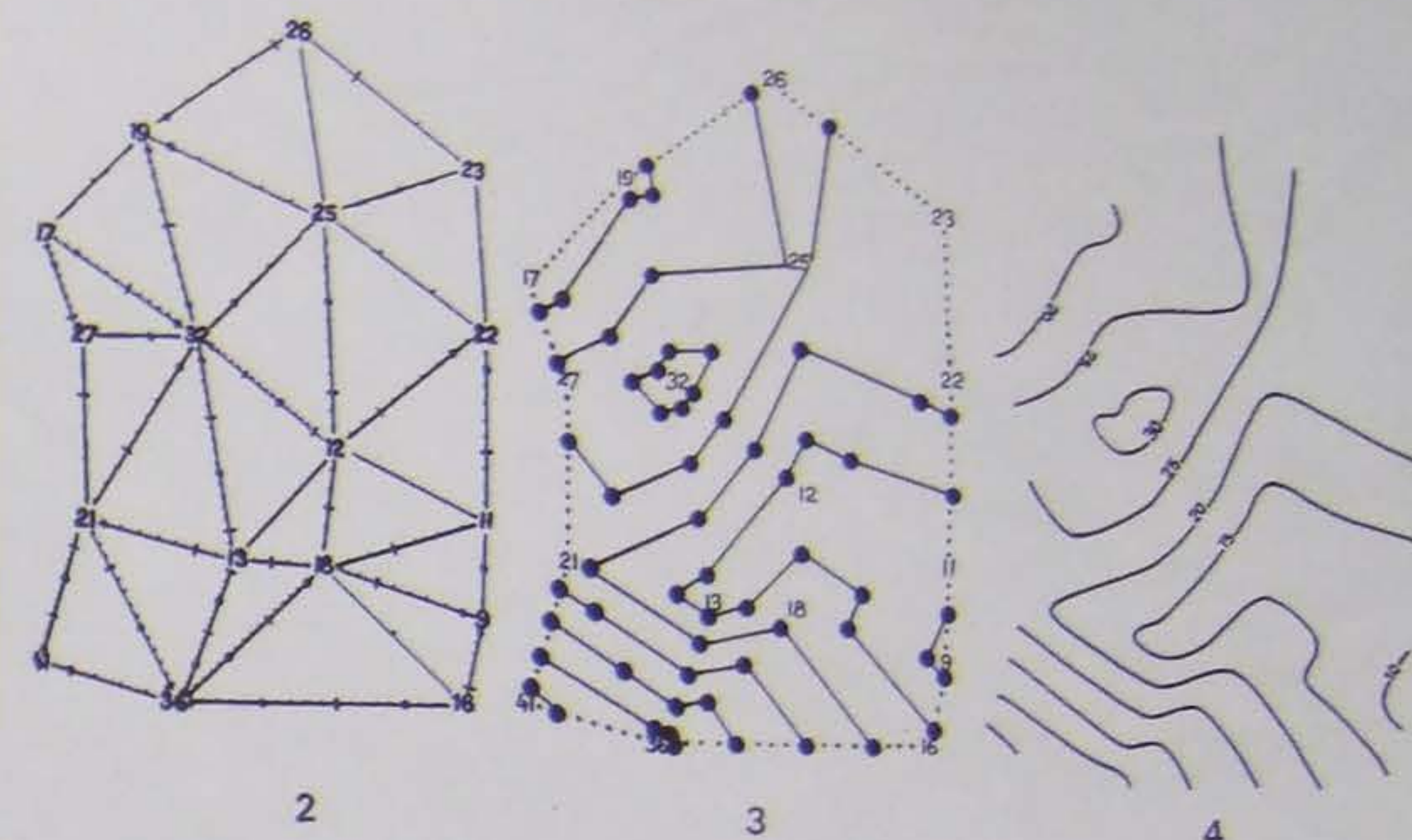
La carte (1) de la Montagne de Sel de Djelfa (Algérie), levée par E.F. Gauthier, et publiée dans les Annales de Géographie, A. Colin, Paris, 1914, montre que les courbes d'égalité sont un excellent moyen de noter et de restituer des PENTES mais que leurs propriétés s'arrêtent là. Elles ne permettent pas de voir en une image l'élévation totale, le volume enveloppé, l'altitude ni même le sens de la pente, pour lesquels il faut revenir au niveau élémentaire de lecture (comptage des courbes, lecture des cotes). En conséquence :

### On construit des courbes d'égalité

- pour représenter des pentes ou des lignes de rupture d'une composante Q.
- pour dégager, au stade du laboratoire, les grandes lignes d'une répartition.
- pour superposer sur un même dessin plusieurs composantes, représentées en diverses implantations, dans le but de découvrir des relations précises de position, en lecture élémentaire.

### Les courbes ne permettent pas

- d'effectuer de comparaisons quantitatives d'ensemble.
- de représenter une composante QS. (Quantités absolues calculées pour des surfaces variables). Il faut calculer les densités.
- de représenter un sondage, c'est-à-dire une information comportant des inconnues dont la valeur ne peut être déduite des points connus. Seule une variable de 3<sup>e</sup> dimension peut exprimer correctement un sondage (p. 364).



### La construction des courbes.

Soit une série de points cotés (2).

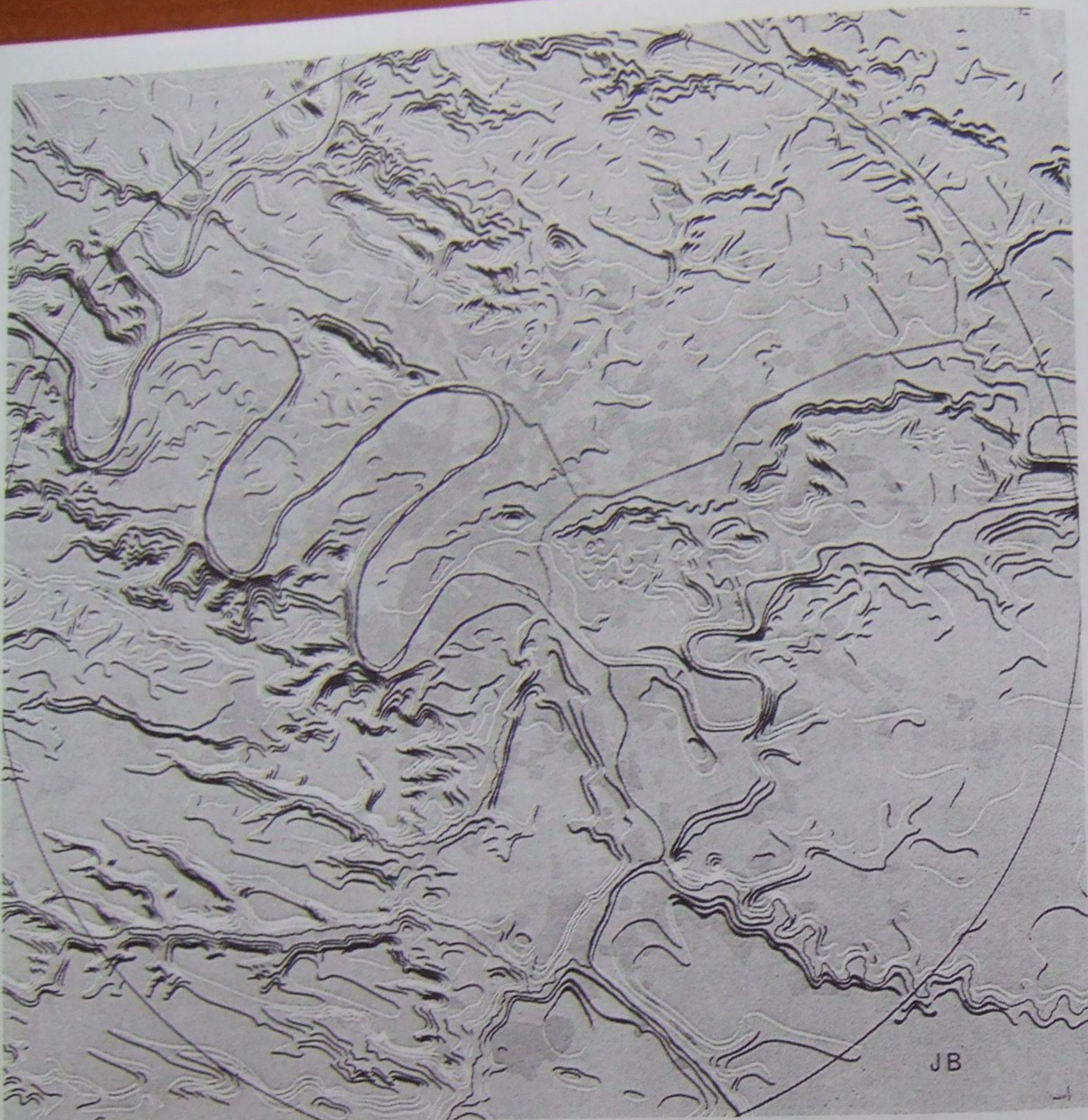
Par définition, l'information comporte toutes les valeurs telles que la valeur de tout point de l'espace peut en être déduite.

Au moment où l'on décide de construire des courbes, cette condition est implicite. C'est elle seule qui permet de multiplier les points connus et de tracer les courbes\*. Pour une construction de précision, il faut :

1. Tracer tous les triangles possibles entre les points (2) sans intersections. Entre deux liaisons on choisit la plus courte (ex. 13-32 au lieu de 21-12).
2. Diviser chaque liaison en parties égales, fonctions des cotes et de l'unité choisie. Elle est ici de 1, avec des cotes maîtresses de 5 en 5. On "lisse" souvent la coupe, en observant trois cotes ou plus. Ainsi, entre 12 et 25, il est possible de tenir compte de l'aplatissement révélé par la liaison 25-26, et confirmé par 25-23 et 25-22. Les espaces seraient alors plus serrés près de 12 et plus écartés près de 25.
3. Relier les cotes égales ainsi découvertes, et qui remplacent les cotes originales (3). Il n'est pas possible de sortir du réseau des triangles. L'information n'existe pas au-delà. C'est en voulant sortir du réseau que certains rédacteurs parlent d'ambiguïté!
4. "Lisser" l'information en traçant les courbes (4), ce qui est normal si l'on considère que l'angularité, c'est-à-dire le discontinu dans le plan, est très improbable à ces niveaux conceptuels.

\* Cette condition définit la position d'une cote de zone. Ou bien la position du "centre de gravité du phénomène" et sa cote sont connues, ce qui modifie la cote moyenne et fournit une cote supplémentaire, ou bien cette cote est inconnue, et la cote moyenne ne peut être placée autre part qu'au centre géographique. Cependant, dans la limite de la zone, elle peut être légèrement déplacée en fonction des cotes voisines (lissage des coupes).



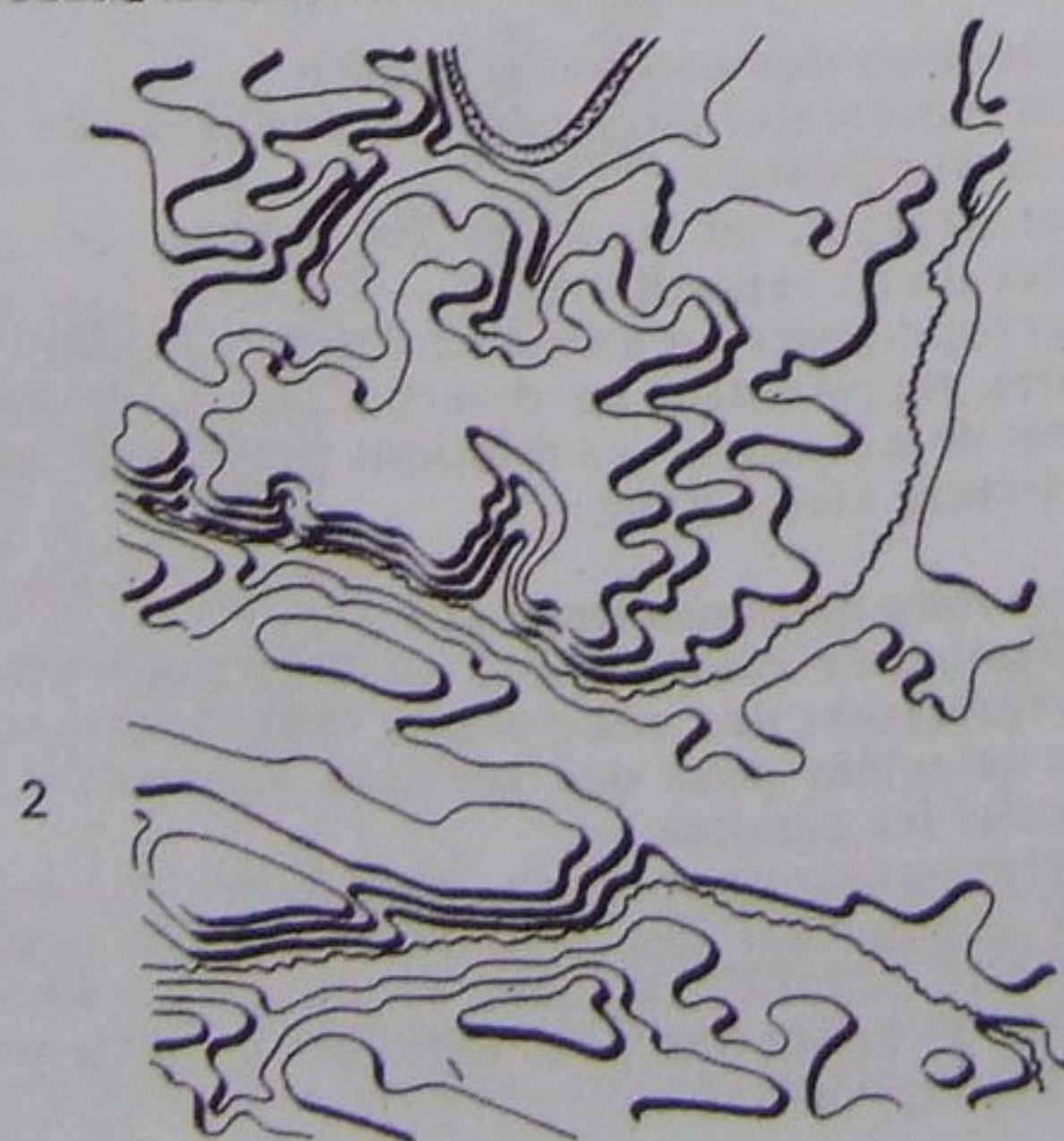


1

#### Le sens de la pente et l'ombre.

Les courbes ne renseignent pas sur le sens de la pente (1 p. précédente). Celui-ci n'apparaît que dans des répartitions très simples et familières. Mais dans les croquis météorologiques par exemple, il doit être déduit de signaux appropriés.

Ce sens est généralement fourni par une série de teintes (redondances de valeurs ou de couleurs) qui, évidemment, chargent l'image, ou par l'ombrage. Le plus simple est l'ombrage des courbes par renforcement du trait. On imagine soit une lumière venant d'en haut à gauche (2), qui nous est familière, vraisemblablement du fait d'être "droitier" et des habitudes d'éclairage qui en résultent, soit une lumière venant du haut de l'image. Dans ce cas, l'ombre se confond avec une figuration de l'épaisseur, qui s'ajoute dans la perception et évite l'inversion de relief (3).



2



4



3

Sur un fond gris, les courbes blanches et noires reconstituent l'éclairage d'un relief réel (1). La distance visuelle entre le gris et le blanc doit être sensiblement égale à la distance gris-noir.

A elle seule, l'ombre peut exprimer les principales formes géomorphologiques classiques d'autant plus facilement que l'on utilise le gris moyen pour représenter les pentes nulles (4). La photographie d'un relief réel, en plâtre, constitue maintenant le moyen le plus sûr pour évoquer, à grande échelle, un relief géographique, à condition que le plâtre soit aussi vigoureux que le paysage qu'il représente.



## E. Problèmes cartographiques à plus de deux composantes

Un problème cartographique est à plus de deux composantes lorsque l'information est l'expression des correspondances entre une composante géographique et deux ou plusieurs autres composantes.

L'expression graphique mobilise alors quatre composantes ou plus. Elle ne peut donc être réalisée en une image et il est impossible de percevoir l'intégralité des correspondances en un instant de perception.

Le rédacteur devra donc choisir, entre :

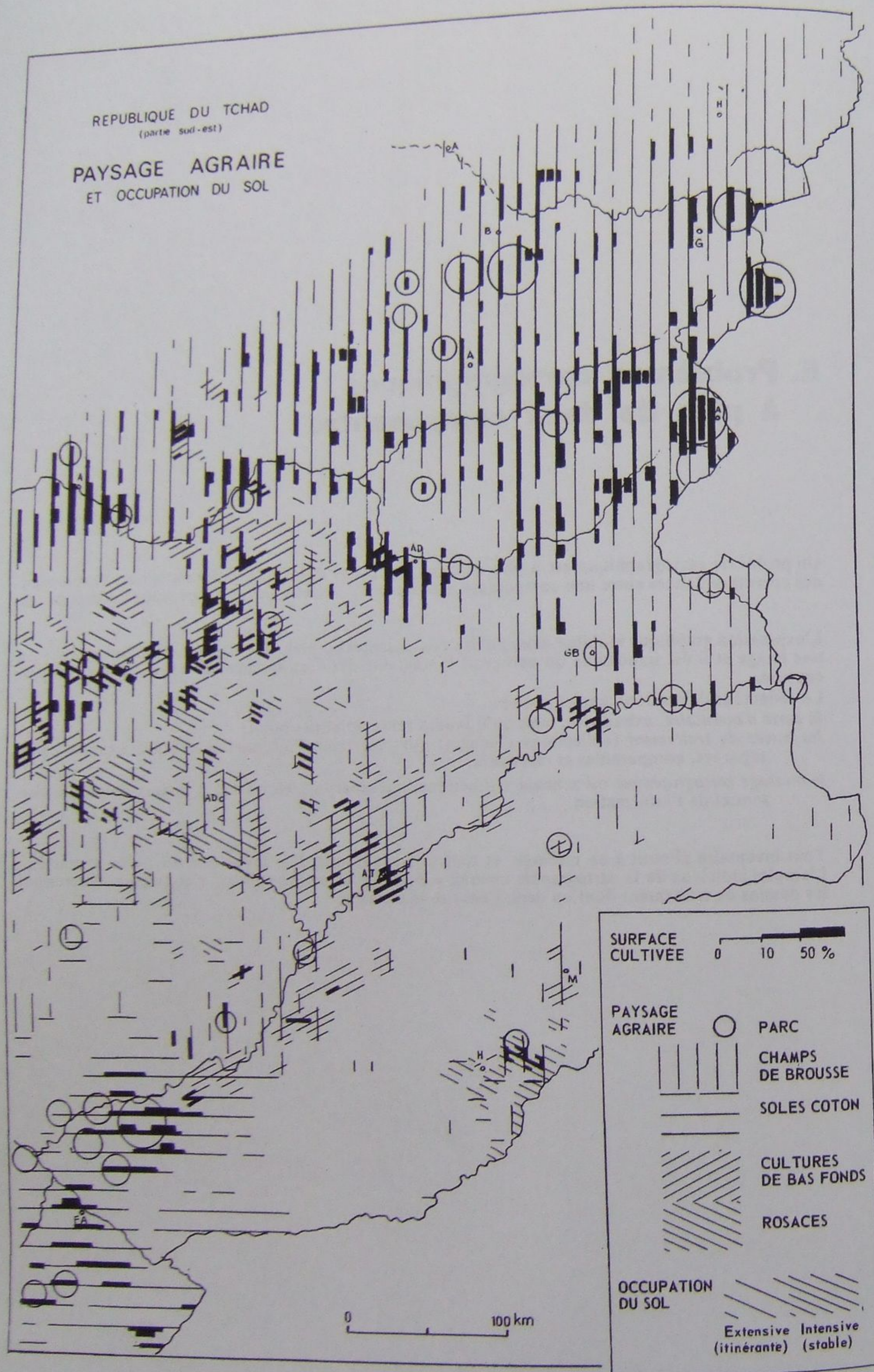
*la carte d'inventaire*, exhaustive, mais qu'il faudra relire point par point ;

*les cartes de traitement* (collections d'images) qui transcrivent l'information exhaustive sur des cartes séparées, comparables et classables ;

*le message cartographique* ou schéma synthétique, qui superpose en quelques images simplifiées l'essentiel de l'information.

Tout inventaire aboutit à un message, et tout message résulte d'un inventaire suivi d'un traitement. L'emploi judicieux de la cartographie conduit à *éviter les inventaires inutiles*, à construire directement les dessins de traitement dont on déduit ensuite le message.





## 1. CARTES D'INVENTAIRE.

(Figurations exhaustives)

On construit un inventaire cartographique lorsque les questions introduites par la composante géographique sont préférentielles.

Se repérer géographiquement est un problème courant. La carte topographique, le plan de ville, le plan du Métro fournissent la collection des repères qui permettent de se diriger, de connaître par avance ce que l'on ne voit pas encore, de reconnaître ce que l'on voit. Devant ces documents, le niveau élémentaire de lecture est le niveau normal: "A tel endroit, qu'y a-t-il?". Les niveaux moyens et d'ensemble sont peu ou pas utilisables et par exemple l'étude des formes du relief ne s'est développée que le jour où les géographes ont disposé de la carte du relief seul (l'édition oro-hydrographique) extraite des cartes topographiques, bien que celles-ci utilisent tous les moyens disponibles de sélection visuelle pour séparer les différentes correspondances superposées sur les cartes.

On construit aussi un inventaire lors du premier report graphique d'une information complexe. Tel est le cas de la carte de J. LETARTE (p. 150: paysage agraire du Tchad) qui n'est que la traduction en noir de l'original fait aux crayons de couleur directement sur la carte topographique au 1 M.

Cette carte est le stade préparatoire au traitement. On a vu p. 165 les cartes qu'il fallait ensuite établir pour "traiter l'information" et percevoir la totalité de l'information en quelques images seulement. On a vu enfin p. 163 le message très simplifié que l'on pouvait tirer de l'ensemble de l'information.

Mais il existe une infinité de niveaux de simplification, ce qui peut paraître brouiller la séparation entre inven-

taire, traitement, message, si l'on ne se reporte pas aux définitions précises (p. 160). En effet certaines simplifications peuvent être utilisées comme des inventaires et aussi des messages. Tel est le cas de la carte (1) qui n'est plus un inventaire exhaustif (les formes géographiques sont plus simples que dans l'information originale), mais qui cependant reporte pratiquement l'ensemble des catégories des composantes non-géographiques. Elle peut être considérée comme un instrument de recherche bien qu'elle ne soit pas à proprement parler exhaustive.

On remarquera la construction graphique, à la fois efficace et facile à dessiner. Elle peut servir de type à de nombreux problèmes et s'analyse suivant (2).

L'image d'ensemble se crée sur la quantité de surface occupée. De plus il est possible de sélectionner visuellement chacun des sous-ensembles définis par une catégorie des composantes de 3<sup>e</sup> dimension et par exemple de ne voir que le parc, que les champs de brousse, que les rosaces... et de comparer ces diverses répartitions.

Ainsi on peut observer que bas-fonds et rosaces sont toujours intensifs (stables), qu'ils ne fournissent presque jamais une occupation du sol supérieure à 50%, qu'ils se combinent avec les champs de brousse mais pratiquement pas avec le coton...

Enfin toute question élémentaire "A tel endroit..." reçoit une réponse immédiate et complète.

Mais cette représentation n'a pu être conçue qu'après une observation attentive des répartitions dessinées p. 165.

INFORMATION		CONSTRUCTION GRAPHIQUE
GEO (20 000)	photos aériennes	simplifiée
O (4)	Surface cultivée : désert 0 à 10 % 10 à 50 % plus de 50 %	variation de taille, sur des lignes
≠ (5)	Paysage agraire : parc champs de brousse soles coton cultures de bas-fonds rosaces	variation d'orientation et de forme (parc) regroupement des obliques (bas-fonds et rosaces) par rapport aux orthogonaux
≠ (3)	Occupation du sol : intensive (stable) intensive-extensive extensive (itinérante)	Ecartement des lignes. (réduction à deux catégories : intensive et reste)



## Inventaires utiles.

Deux composantes d'élevation peuvent fournir un inventaire utile, à condition que leur multiplication soit significative. L'image d'ensemble se construit sur le résultat de la multiplication. Tel est le cas de la carte d'Espagne (p. 189) qui se résout en une image sur la quantité totale d'impôts, de la carte des vents (p. 353).

Tel est le cas de population agricole aux États-Unis, par Roberto BACHI (1). Le problème s'analyse ainsi :

- GEO - les États Américains.  
Q - de population totale (nombre de grands carrés).  
Q% - de population agricole (représentée par la gamme arithmétique (2) mise au point par R. BACHI et qui permet de relire graphiquement, mais au niveau élémentaire, une quantité de 1 à 100 à l'unité près).

Ainsi, en lecture élémentaire et moyenne on peut s'intéresser soit aux quantités totales de population soit aux pourcentages de population agricole. De plus l'image

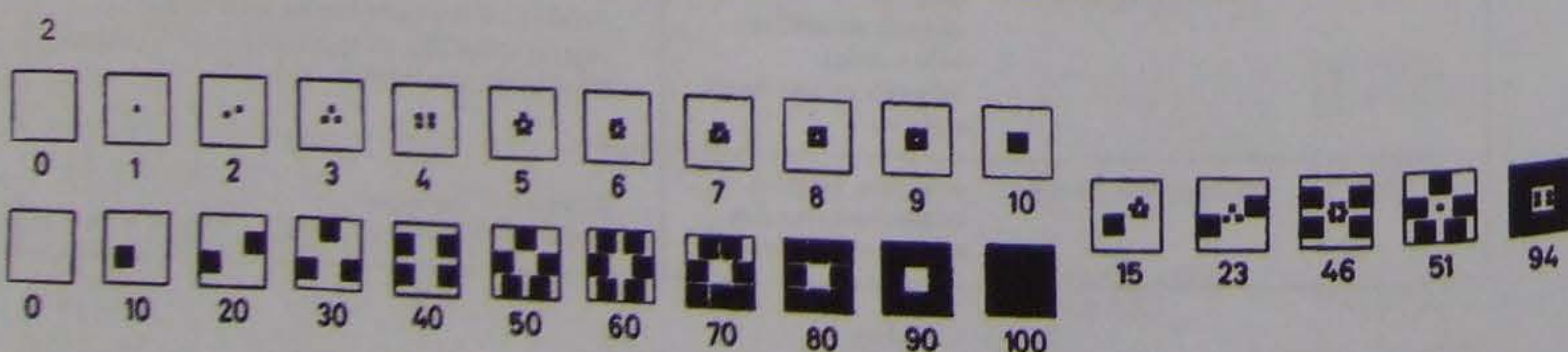
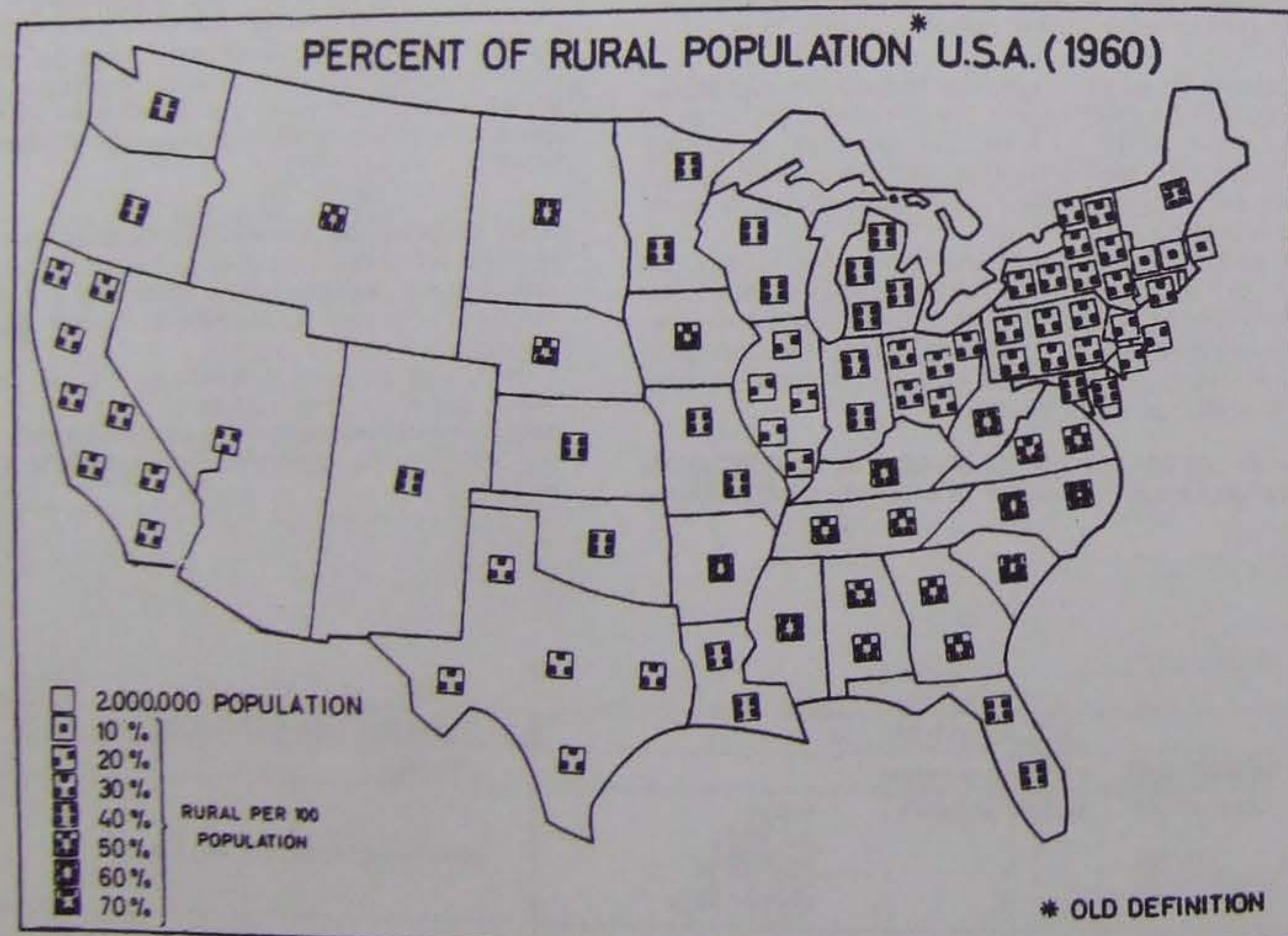
d'ensemble se résout sur la quantité absolue de population agricole puisque :

$$Q_{\text{totale}} \times Q\% = Q_{\text{partielles}}$$

Mais cette image d'ensemble est très différente de l'image que fournirait soit le pourcentage de population agricole, soit les quantités totales et ces deux dernières sont indispensables dans le traitement d'un ensemble informationnel important, par exemple le traitement des facteurs de la régionalisation du budget (Imprimerie Nationale, Paris 1965 - 400 cartes), pour entrer dans le jeu des classements et regroupements de facteurs.

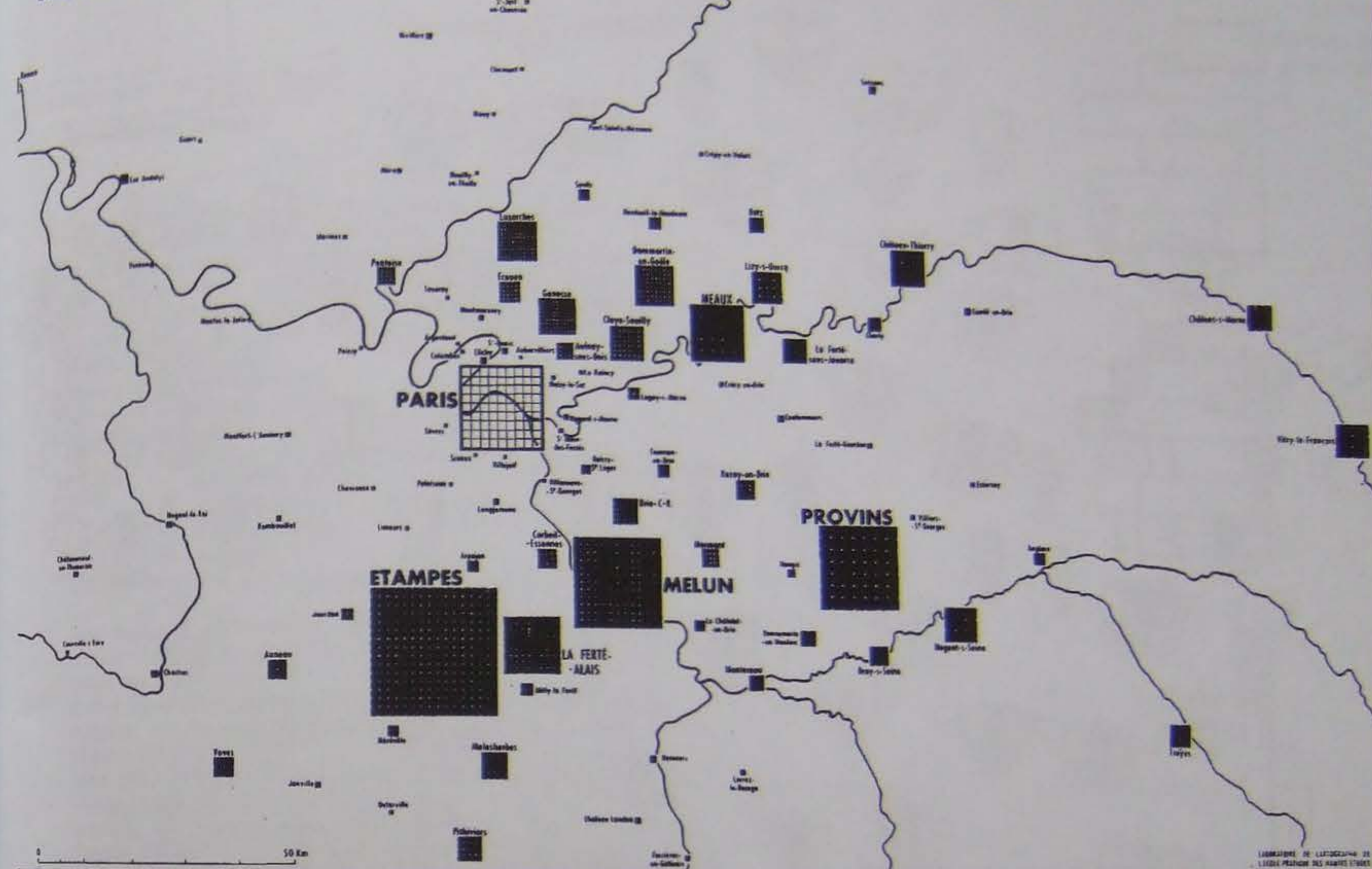
Il est possible de charger une carte jusqu'à la limite de la lisibilité élémentaire, mais de telles figurations sont le plus souvent inefficaces et par conséquent inutiles. Tel est le cas des cartogrammes, ces constructions qui parsèment un fond géographique de diagrammes à 2, 3, n dimensions.

Le cartogramme n'est efficace qu'exceptionnellement, lorsque la 3<sup>e</sup> composante est très courte, ou lorsqu'il peut se résoudre en trois variables. En voici deux exemples.



## APPROVISIONNEMENT EN GRAINS DE PARIS : 1561-1563

□ = 12, □ = 48, □ = 192 muids  
Chaque division intérieure correspond à 5 mentions



(3) Approvisionnement en grains de Paris d'après Mme M. BAULANT et J. MEUVRET (Prix des céréales, extraits de la mercuriale de Paris, SEVPEN, Paris 1960).

- GEO - (les villes),  
Q - 2 types de quantité : de grains, de mentions (c'est-à-dire de transports),  
Q - des quantités.

Remarque. - Le rapport : Q de grains transporté / Q de transports fournit la dimension moyenne du transport (et en même temps le moyen probable : bateau, chars, animaux).

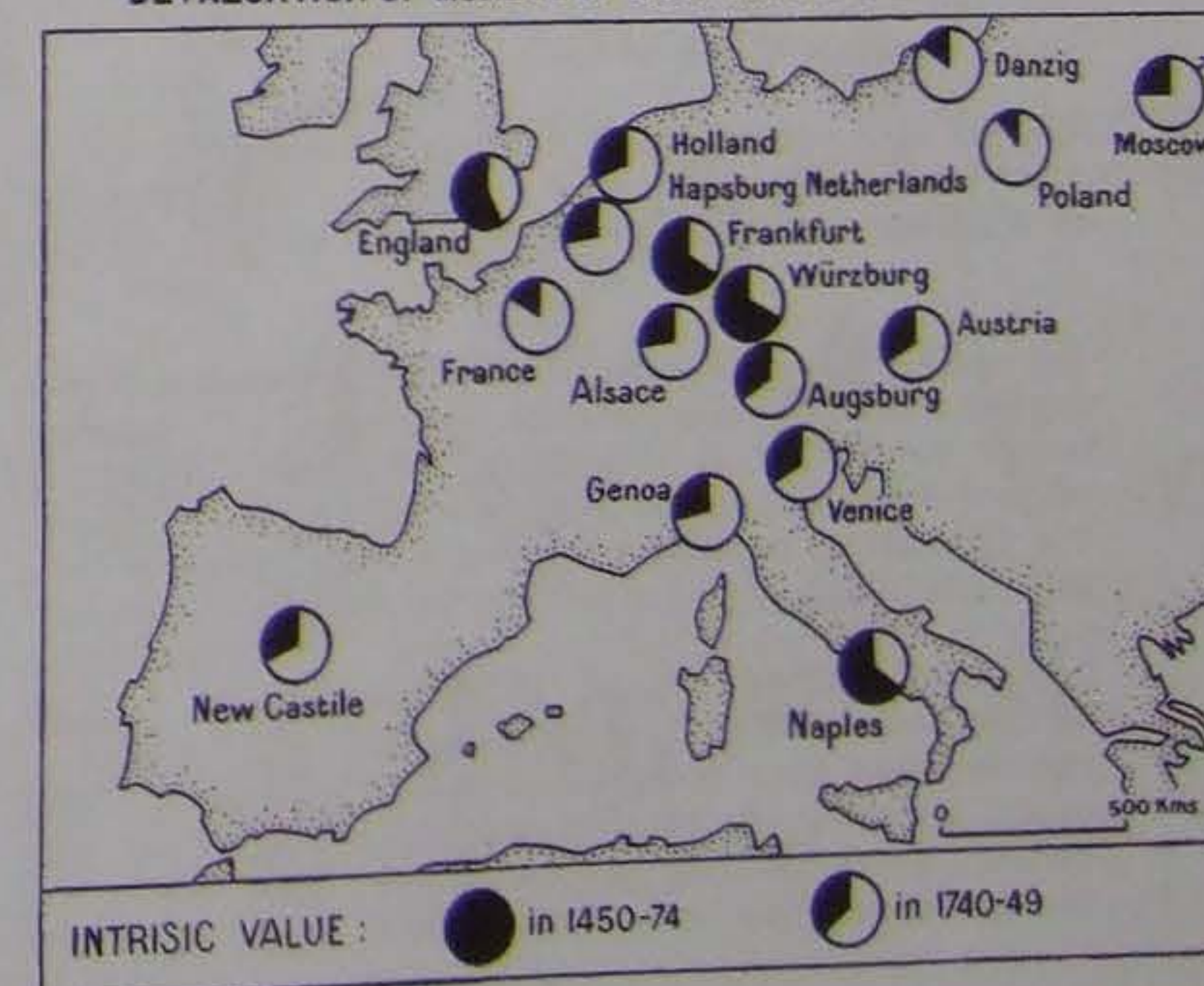
L'image d'ensemble se crée sur la quantité de grain. La partition interne fournit une perception efficace de la dimension du transport.

(4) Dévaluation de la monnaie d'après F. BRAUDEL et F. SPOONER.

- GEO - (16 villes),  
Q - d'argent par unité monétaire en 1750, pour 100 en 1450,  
Q - 2 - argent restant (en noir), argent perdu (en blanc).

La composante est de 2 longueur 2. C'est une alternative et l'image d'ensemble se crée sur la quantité d'argent restant (noir). La mesure précise de chaque pourcentage peut se lire ensuite image par image d'après l'angle au centre.

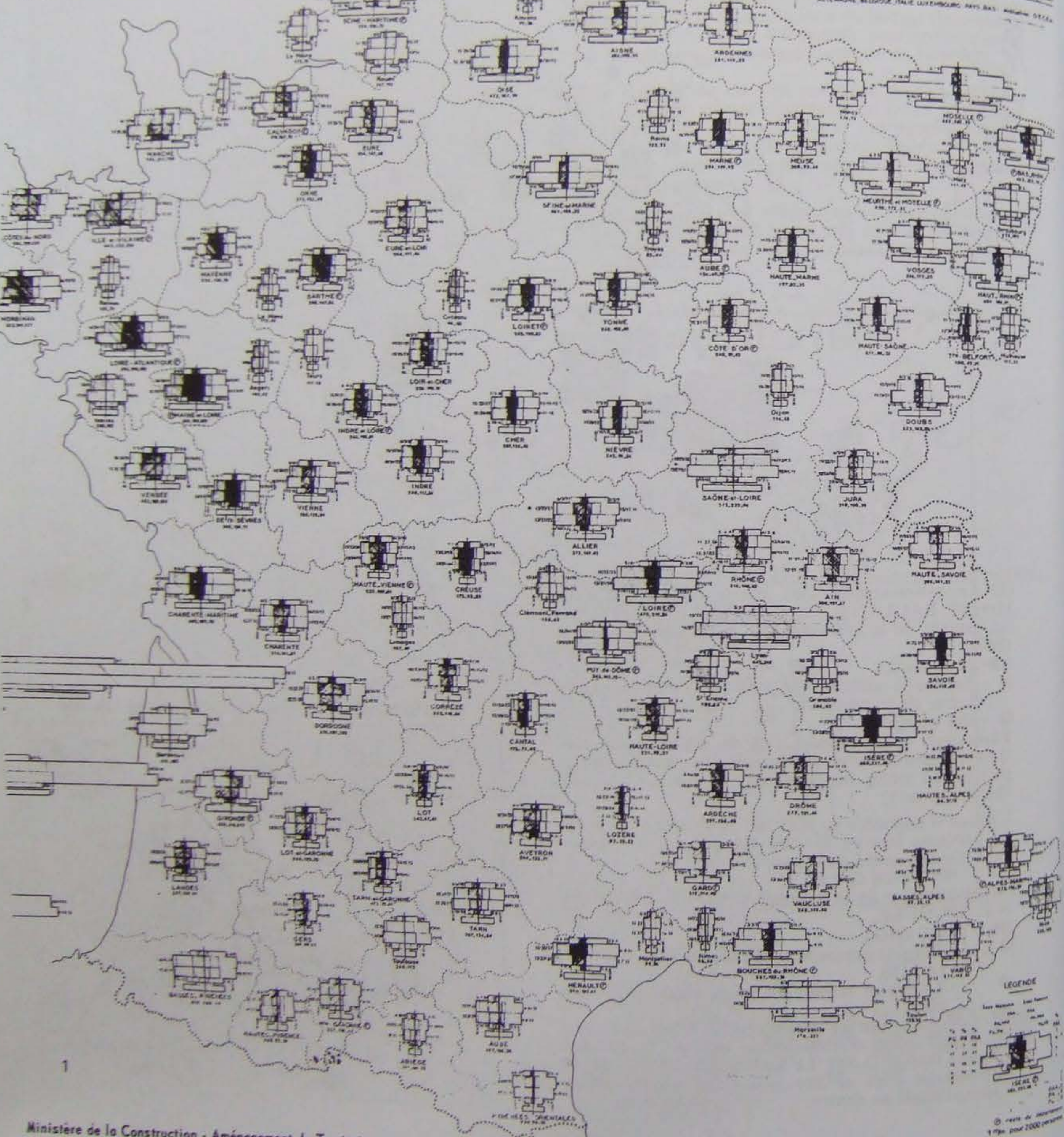
## DEVALUATION OF MONEYS OF ACCOUNTS IN SILVER 1450-1750





# ION ET PAR SEXE EN 1954

ON GLOBALE  
ON ACTIVE  
ACTIVE AGRICOLE  
ION DE PLUS DE 30 000 HABITANTS



FRANCE TOTALE		FRANCE TENDANCE	
1954	1960	1954	1960
67 000 000	70 000 000	67 000 000	70 000 000
33 000 000	35 000 000	33 000 000	35 000 000
15 000 000	16 000 000	15 000 000	16 000 000
10 000 000	11 000 000	10 000 000	11 000 000
5 000 000	5 000 000	5 000 000	5 000 000
2 500 000	2 500 000	2 500 000	2 500 000
1 250 000	1 250 000	1 250 000	1 250 000
625 000	625 000	625 000	625 000
312 500	312 500	312 500	312 500
156 250	156 250	156 250	156 250
78 125	78 125	78 125	78 125
39 062	39 062	39 062	39 062
19 531	19 531	19 531	19 531
9 766	9 766	9 766	9 766
4 883	4 883	4 883	4 883
2 441	2 441	2 441	2 441
1 220	1 220	1 220	1 220
610	610	610	610
305	305	305	305
152	152	152	152
76	76	76	76
38	38	38	38
19	19	19	19
9	9	9	9
4	4	4	4
2	2	2	2
1	1	1	1

## Inventaires inutiles.

Mais le cartogramme est pratiquement inutilisable sitôt que la longueur de la composante  $\neq$  augmente : Voici un exemple d'inventaire inefficace : répartition de la population active par secteur, classes d'âge et sexe (1). La carte originale est au 1M et mesure par conséquent 1 m x 1 m. (Ministère de la Construction, Paris 1959).

Analyse de l'information :

INV. - population active

COM. - Q suivant

GEO (120) - 90 départements plus les villes de 80.000 habitants

$\neq$  3 grands secteurs d'activité (I - II, III).

O 6 classes d'âge

$\neq$  2 sexes.

Le problème est à 5 composantes et requiert 6 variables.

Suivant la construction (1) la préhension de l'information totale exige  $120 \times 3 \times 6 \times 2 = 4320$  images successives à mémoriser !

Cette figuration ne peut être comparée à aucune information extérieure. Elle ne permet pas davantage la régionalisation.

Une telle information ne doit pas être représentée graphiquement suivant un cartogramme. C'est un dessin inutile, un dictionnaire mal commode qui ne peut même pas servir de première ventilation de l'information. En effet pour construire les images nécessaires on s'aperçoit que les tableaux statistiques sont beaucoup plus pratiques et évidemment plus exacts.

La représentation graphique ne se justifie ici qu'après traitement, et doit aboutir à un nombre réduit d'images. On peut construire deux types d'images :

1°) construire des images GEO Q :

$\times$  6 classes d'âge

$\times$  3 secteurs

$\times$  2 sexes

soit 36 images

(une image par classe d'âge pour un secteur et pour un sexe).

On peut évidemment supprimer l'une ou l'autre des trois composantes et ne construire que 18, 12, 6, 3 ou 2 images.

2°) construire des images GEO O (ordre des types résultant des composantes Q et O6) :

$\times$  3 secteurs

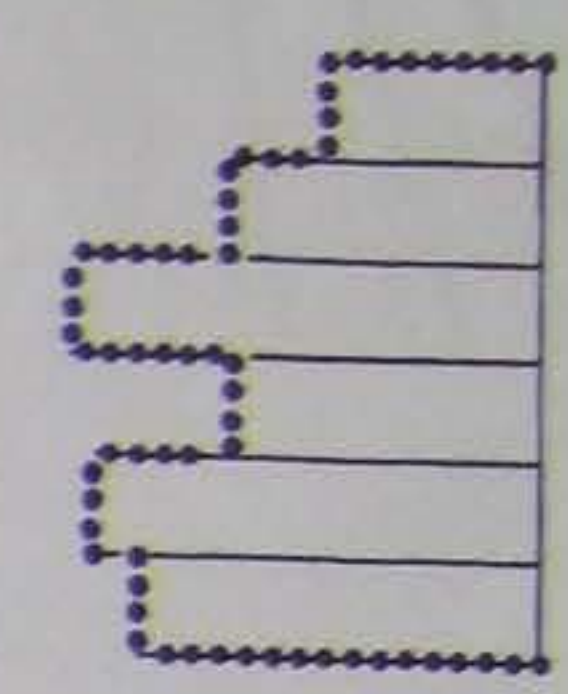
$\times$  2 sexes

soit 6 images

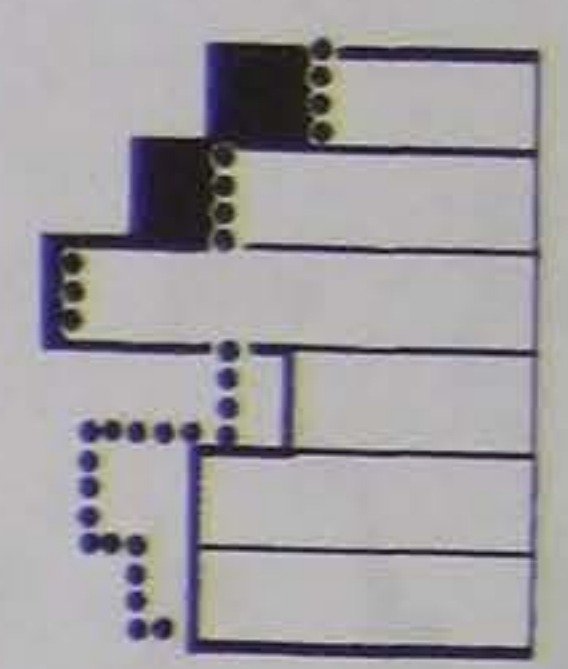
(une image par secteur et par sexe).

On peut aussi supprimer l'une ou l'autre des deux composantes et ne construire que 3 ou 2 images.

2



3



4



Le traitement exposé ci-dessous est du 2° type. Il confond tous les secteurs et ne regarde que le sexe masculin. (Mais la démarche est la même pour un secteur donné). L'information est donc :

INV. - Population active masculine totale.

COM. - Q suivant

GEO 90 (on n'a considéré que les départements)

O 6 classes d'âge.

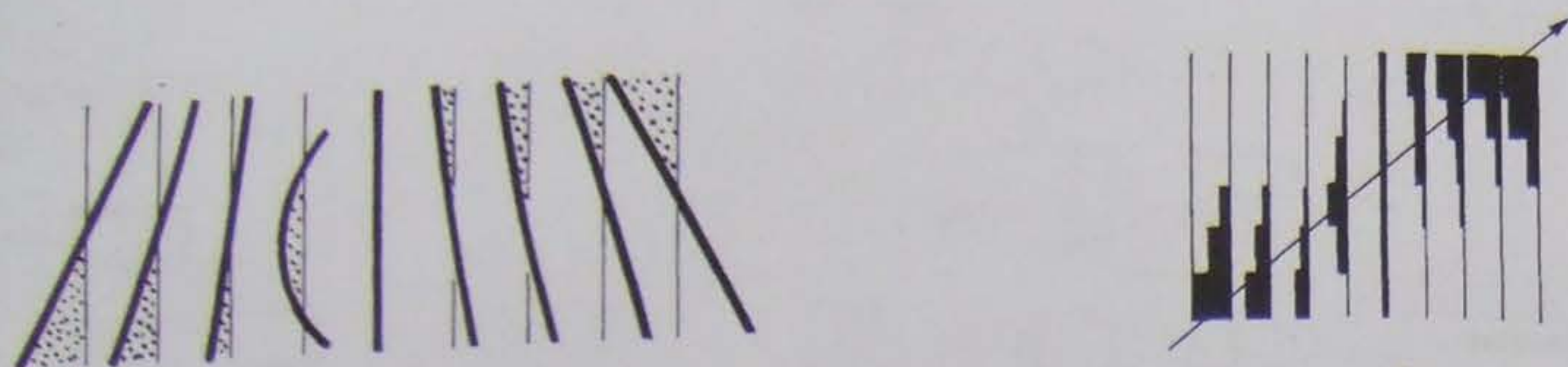
C'est une information à 3 composantes que requiert 4 variables.

Il faut donc la réduire encore pour la construire en une image.

Cette réduction s'obtient en diagonalisant l'image formée par la composante GEO considérée comme linéaire et ordonnable et la composante Q. On peut opérer comme p. 231 et 245 en construisant une fiche linéaire par département (c'est la meilleure méthode) ou comme ci-dessous en construisant un diagramme par département.

Soit le diagramme de la France entière (moyenne nationale) (2). Les diagrammes départementaux lui sont comparés (3). Les différences sont positives (en noir) ou négatives (en blanc) (3). La moyenne est ramenée à une droite (4). On construit donc pour chaque département le diagramme des différences à la moyenne.





1

2

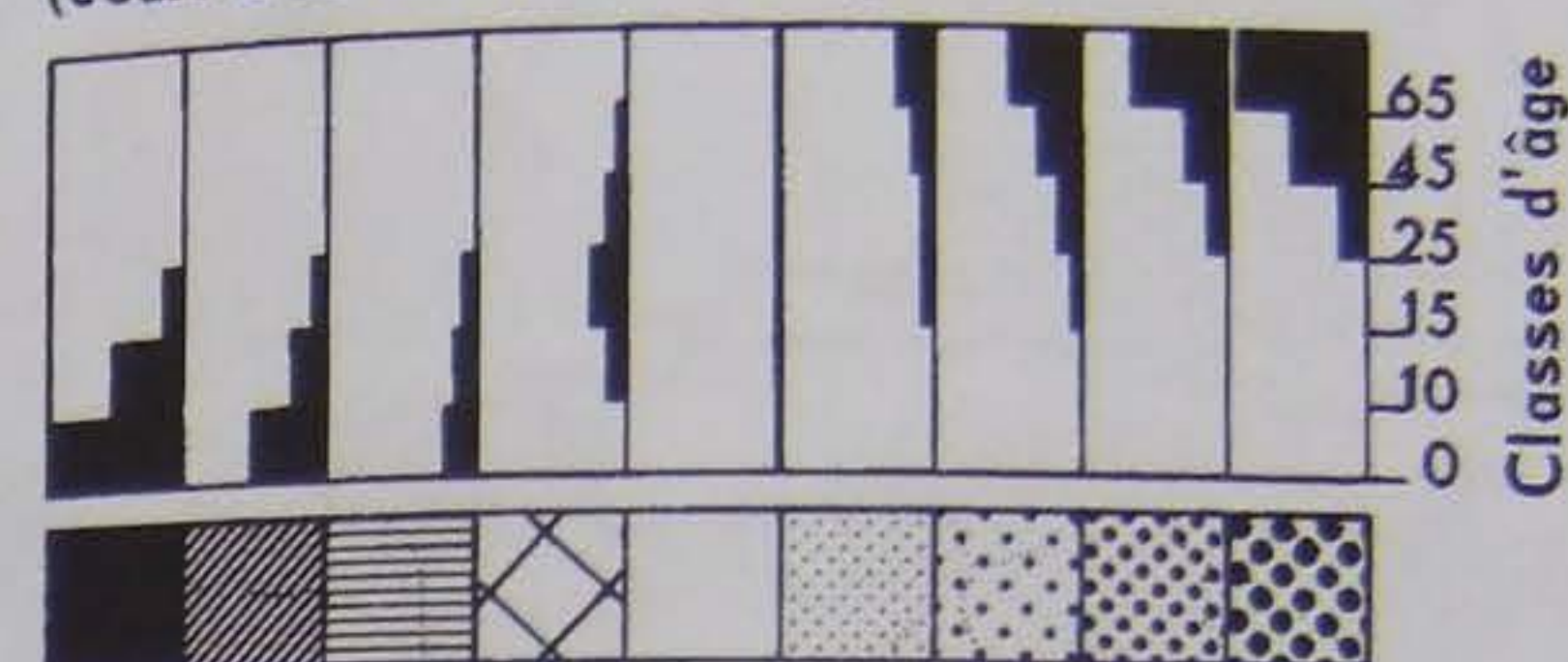
3



## CLASSES D'AGE DOMINANTES

Population masculine en 1954 suivant  
les classes d'âge  
les départements

Types de distribution  
(écart à la distribution moyenne)



4

Les diagrammes départementaux doivent pouvoir être classés. On les dessine sur calque, on fait faire un ou deux tirages que l'on découpe.

Par comparaisons successives et classement on détermine des types (1) ordonnées suivant le principe même de la diagonalisation (2), et un tableau (3) dans lequel viennent se ranger tous les départements.

Il ne suffit plus que d'adopter une variation rétinienne ordonnée et de projeter ce tableau sur la carte (4) qui forme une image dont (3) est la légende.

Une image comparable peut être construite pour le sexe féminin et pour chaque secteur. Par conséquent l'ensemble de l'information contenue dans la figure (1) page précédente pourrait être perçu en 6 images. L'amélioration d'efficacité d'une construction à l'autre peut s'exprimer par le rapport du nombre d'images nécessaire à la perception globale soit :

$$\frac{90 \times 3 \times 6 \times 2}{6} = \frac{3240}{6}$$

**Séries positives-négatives.**

La variation de grain permet de séparer la série en deux parties : prédominance des jeunes (valeurs en grains fins) prédominance des vieux (valeurs en grains grossiers). Voir aussi 5, (p. 231). Les grains fins sont généralement obtenus avec des lignes, les grains grossiers avec des points.

En l'absence de la couleur, le grain est la seule variation rétinienne disponible pour séparer efficacement deux séries ordonnées. C'est la solution graphique du problème de la séparation des quantités positives et négatives.

## 2. CARTES DE TRAITEMENT. (Collection d'images exhaustives)

La solution générale de tout problème géographique comportant plus de deux composantes est la collection d'images exhaustives.

### 1<sup>er</sup> exemple : RECENSEMENTS ÉCONOMIQUES EN ESPAGNE.

D'après G. DA SILVA - En Espagne : Développement économique, Mouton, Paris, 1966.

Les recensements historiques sont nombreux en Espagne mais ils sont souvent sujet à caution. Est-ce une raison pour ne pas les utiliser? Le report rigoureux des chiffres originaux, suivant la formule du "semis régulier des cercles proportionnels" (v. p. 369) permet : 1° de rendre préhensible en 36 images comparables quelque 1 500 données statistiques combinant 10 composantes, et ceci en une double page 21 x 27 cm (page suivante).

2° d'aborder le problème de la critique des recensements à partir des chiffres eux-mêmes et non à partir d'informations extérieures non chiffrables.

3° d'effectuer toutes les comparaisons désirables entre ces composantes et de proposer une réduction générale de l'information en quelques images.



1960

# POPULATION

## IMPOT HABITANT

## RICHESSSE HABITANT

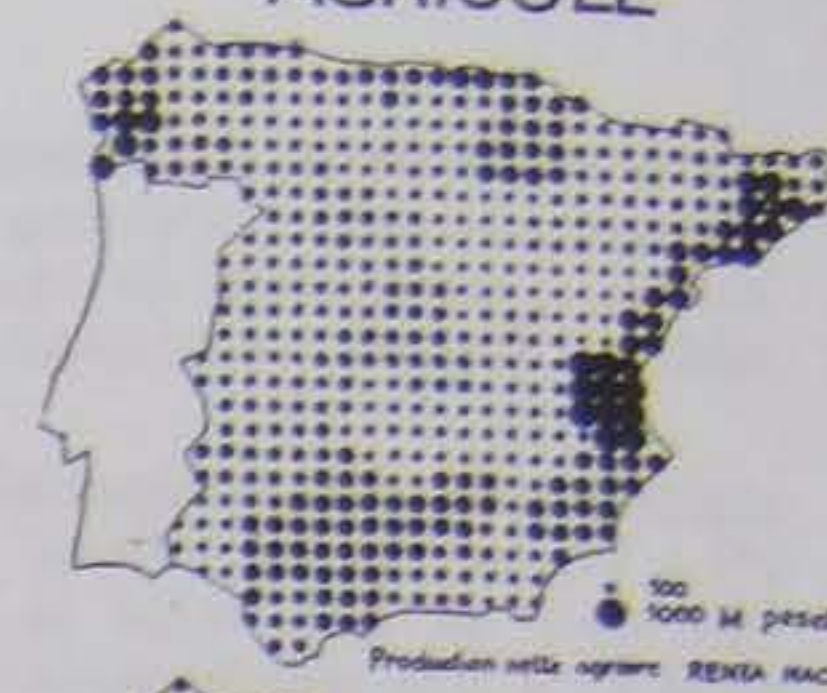
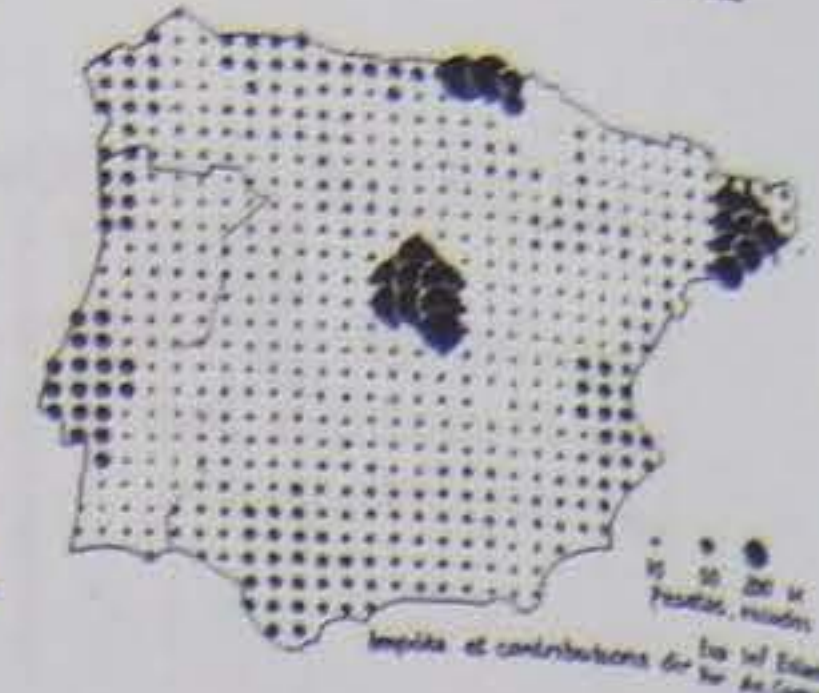
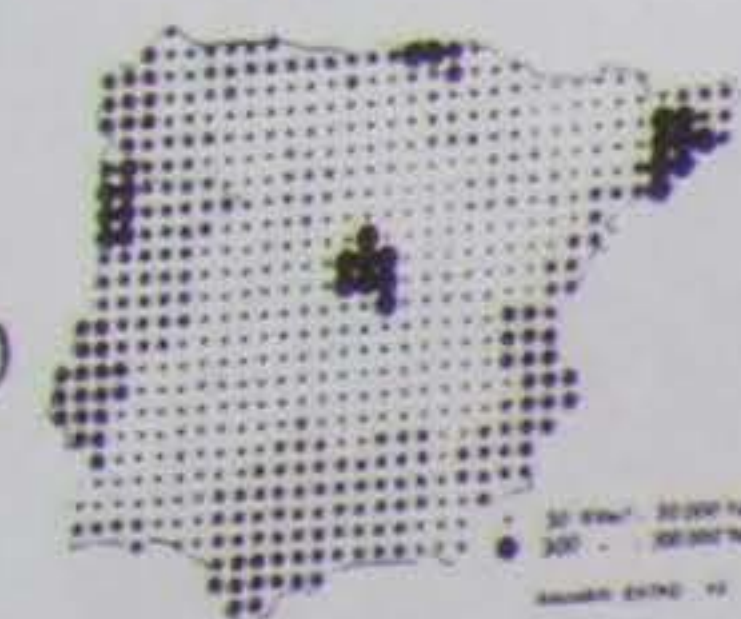
## IMPOT TOTAL

## RICHESSSE TOTALE

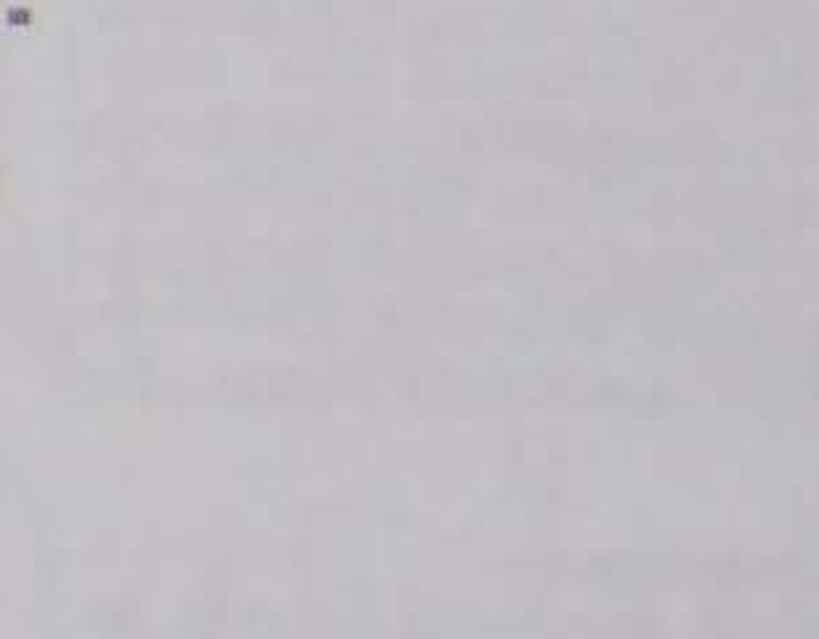
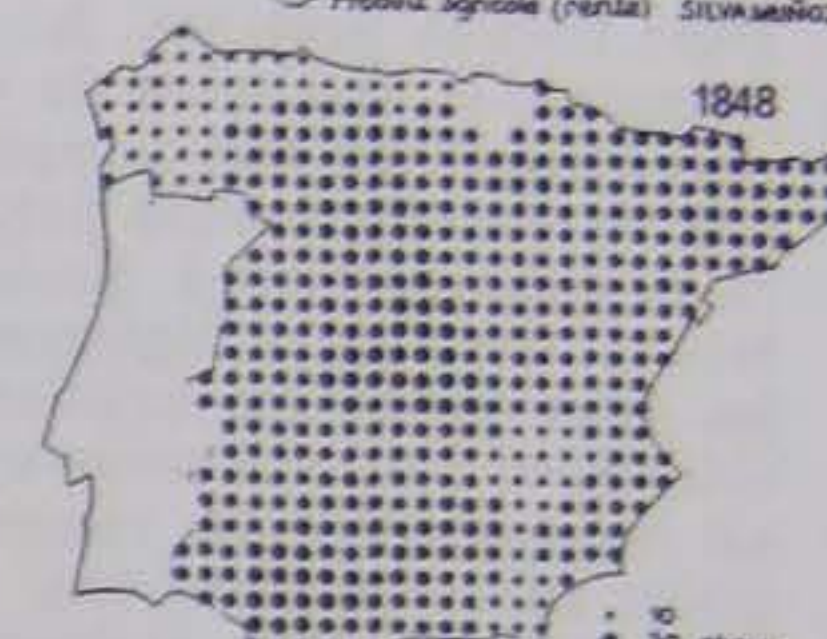
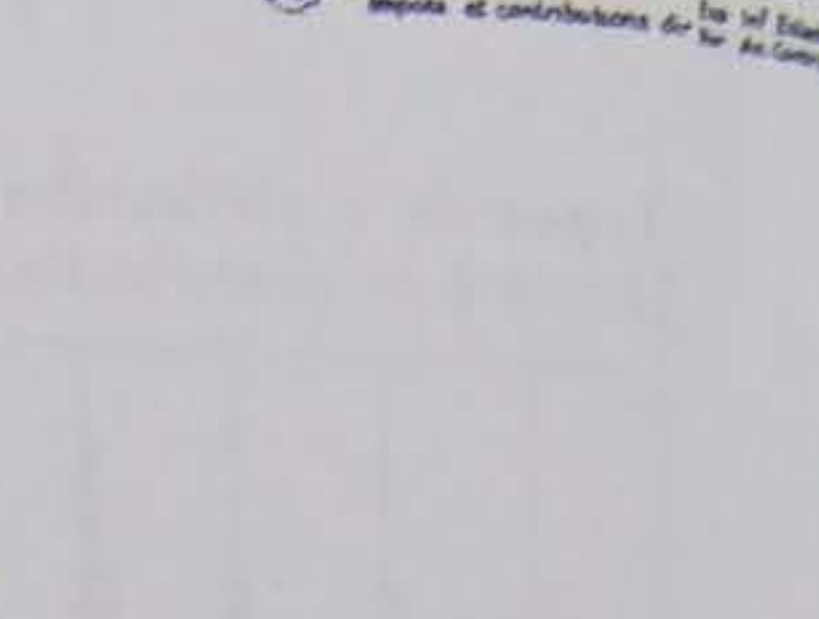
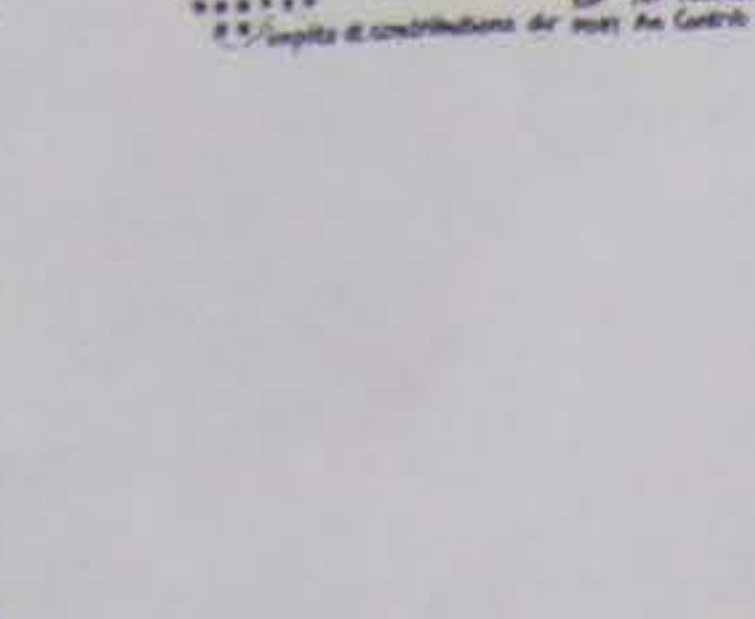
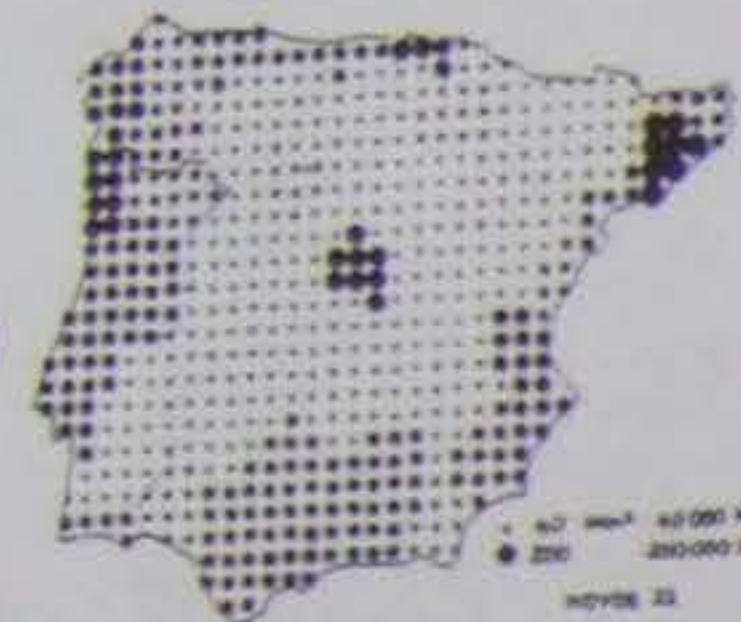
## RICHESSSE AGRICOLE

## RICHESSSE INDUSTRIELLE

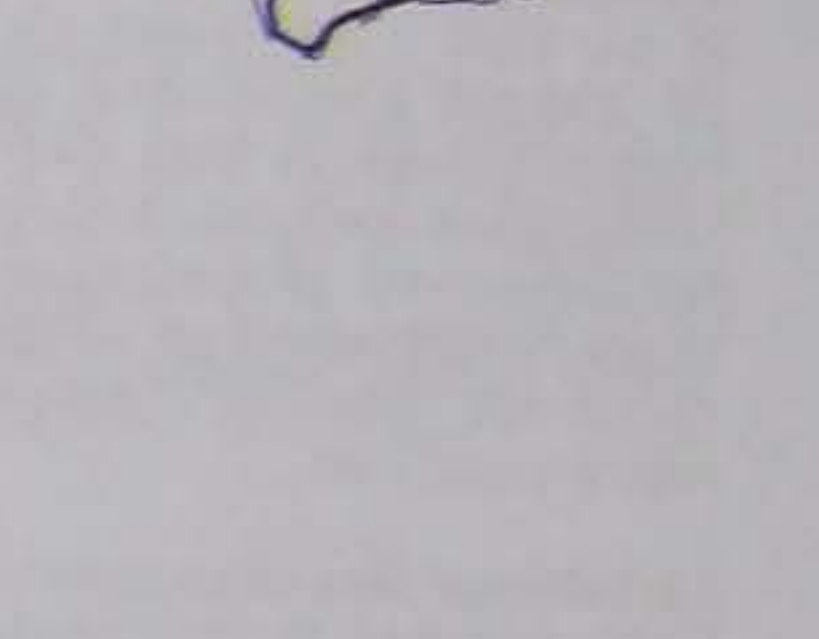
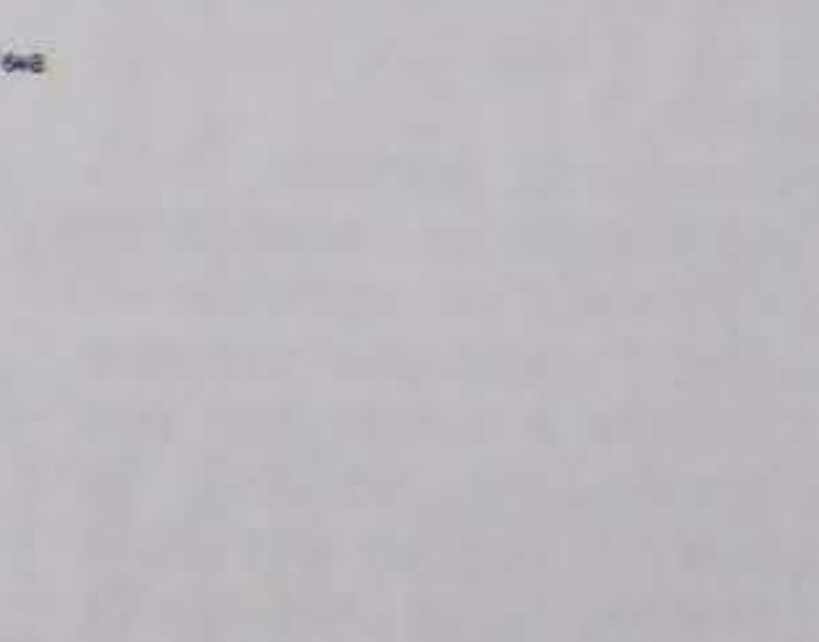
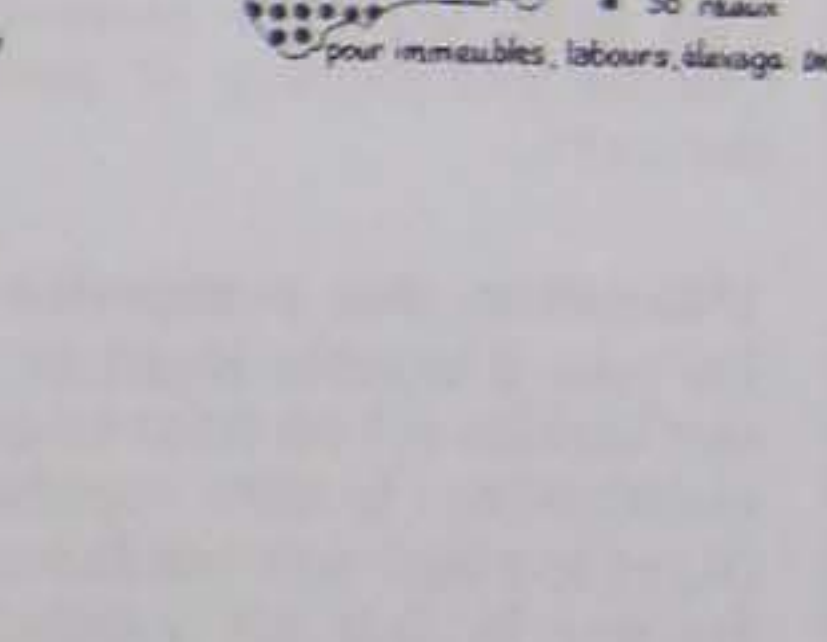
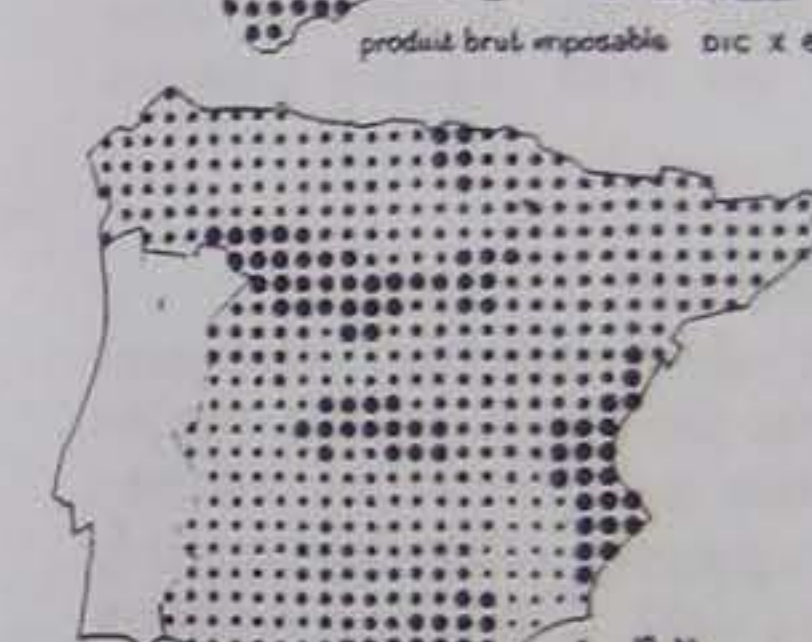
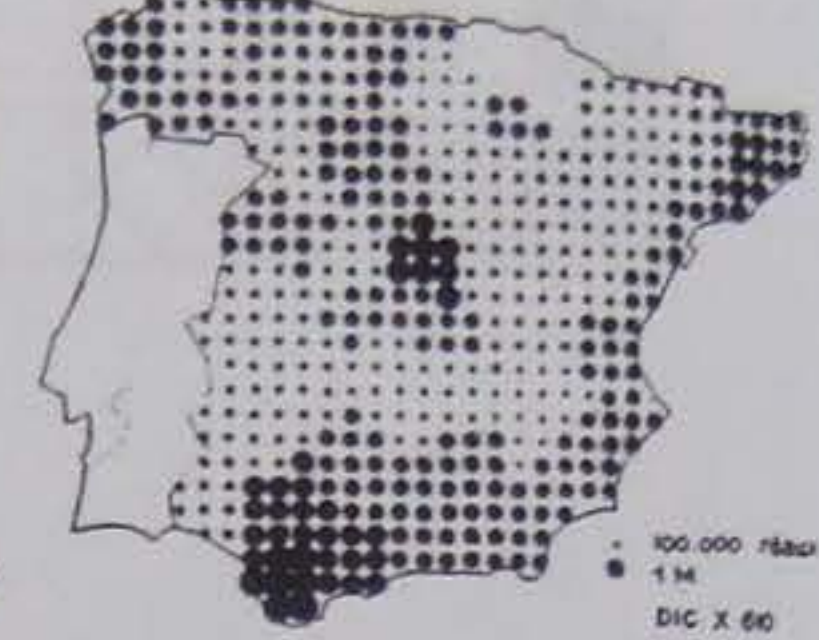
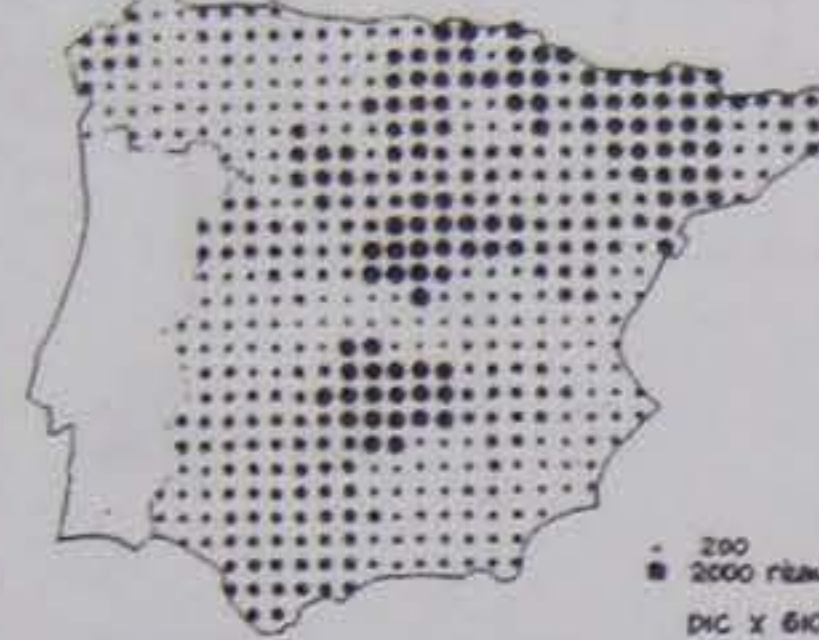
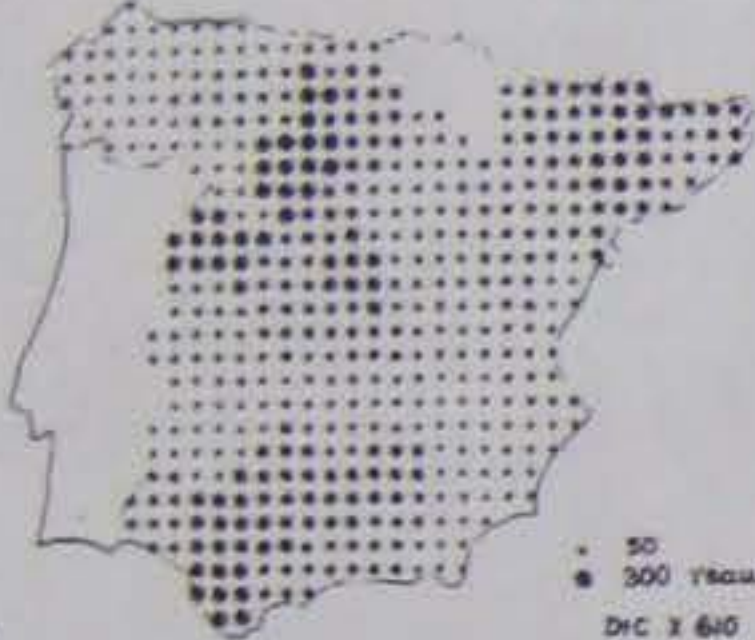
## DIVERS



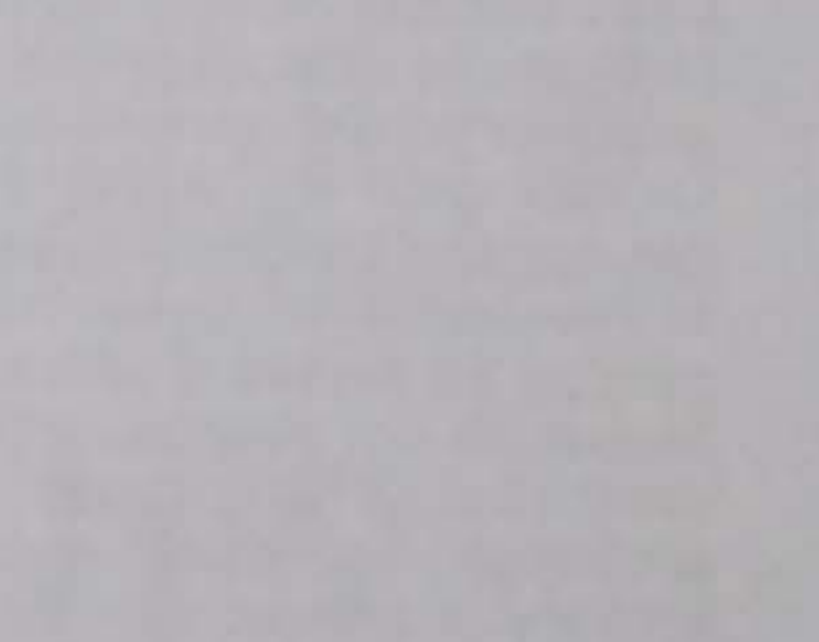
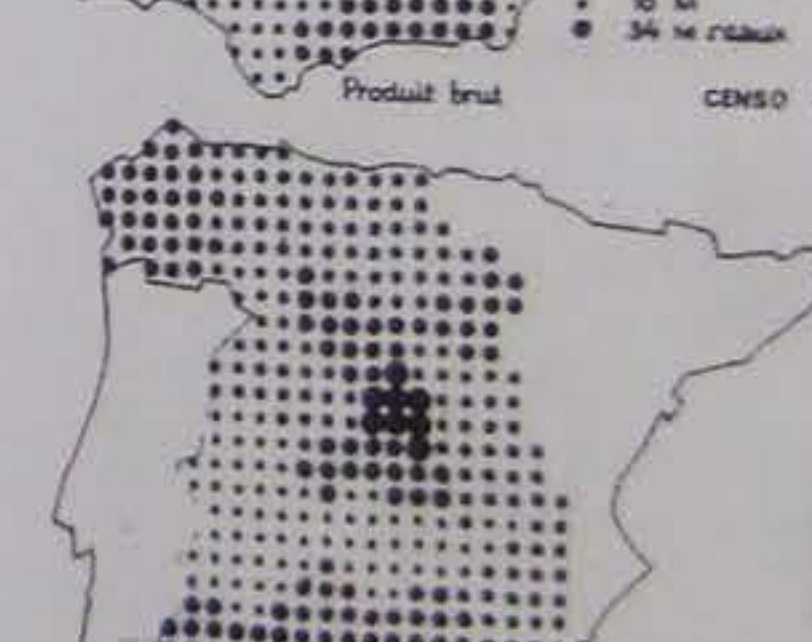
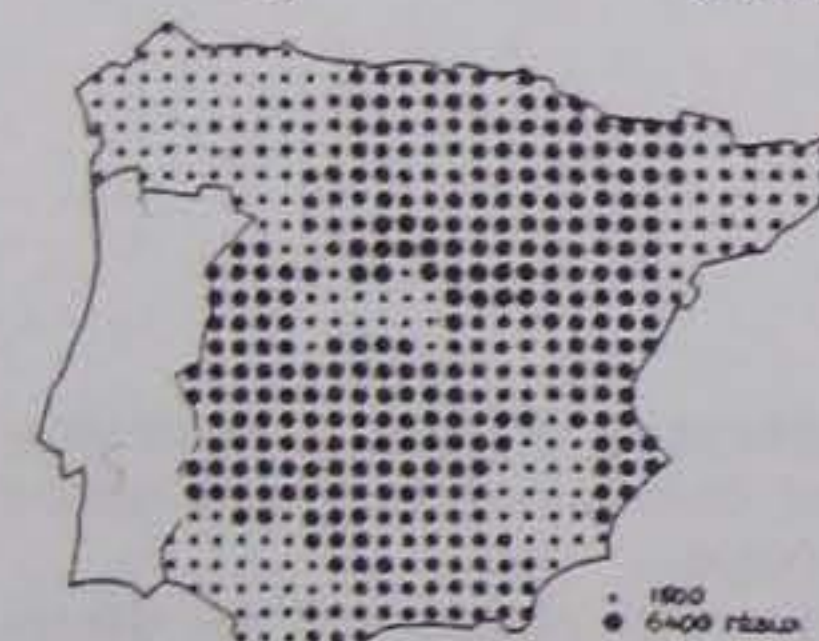
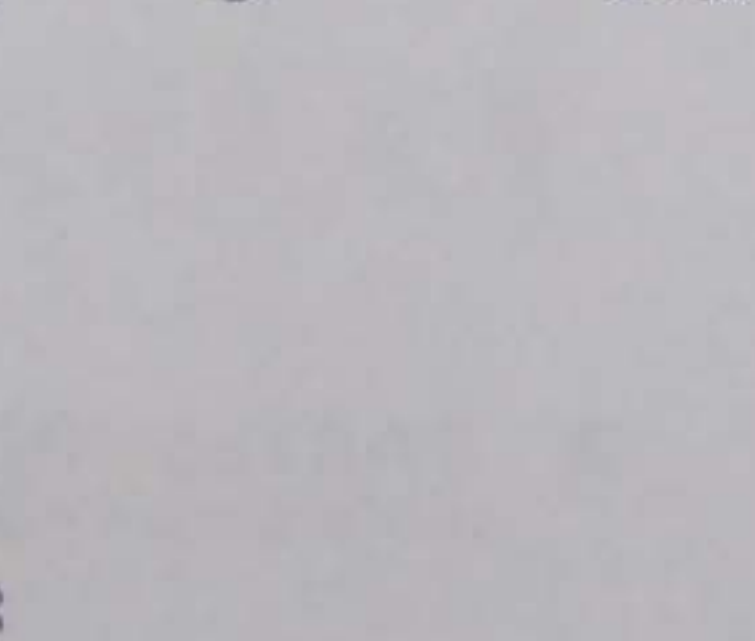
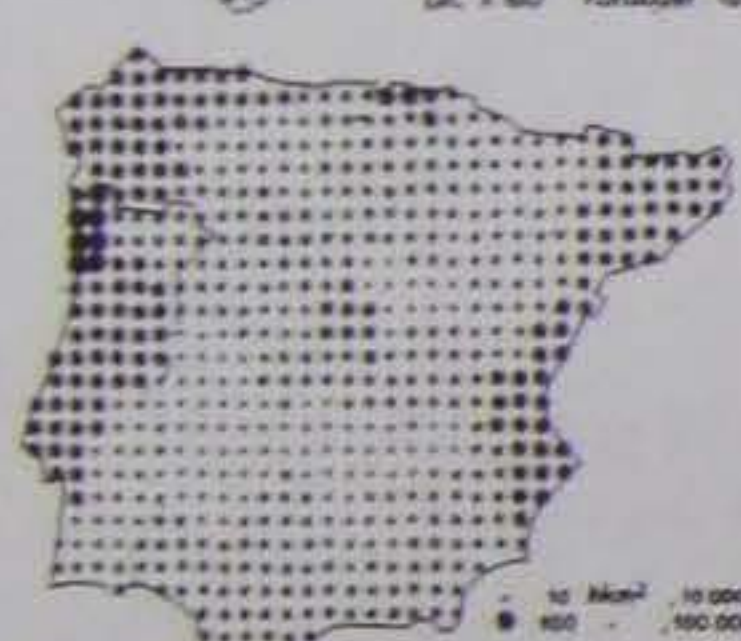
1940



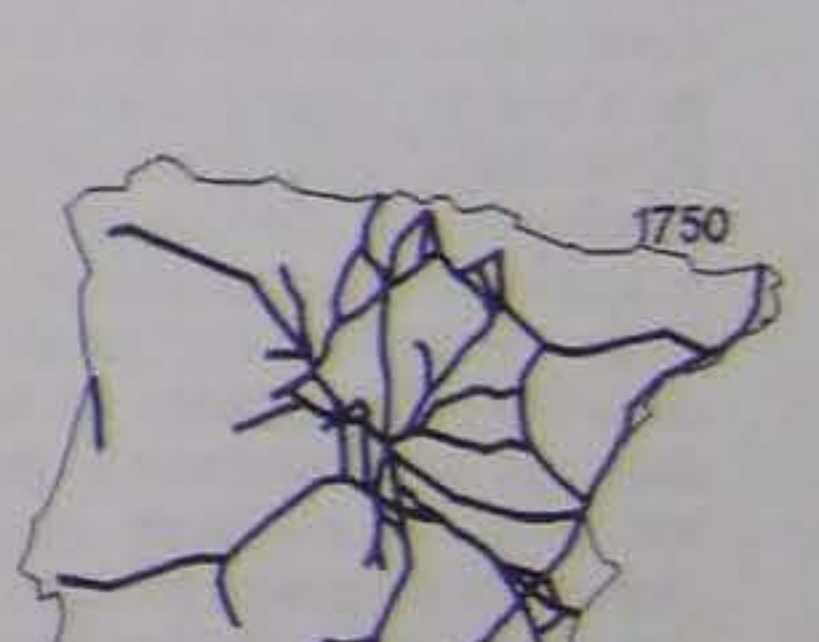
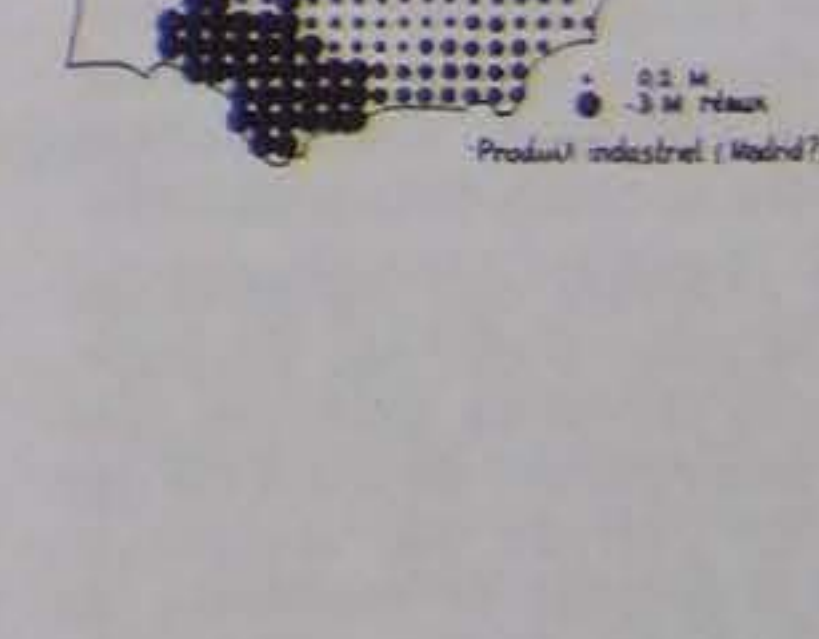
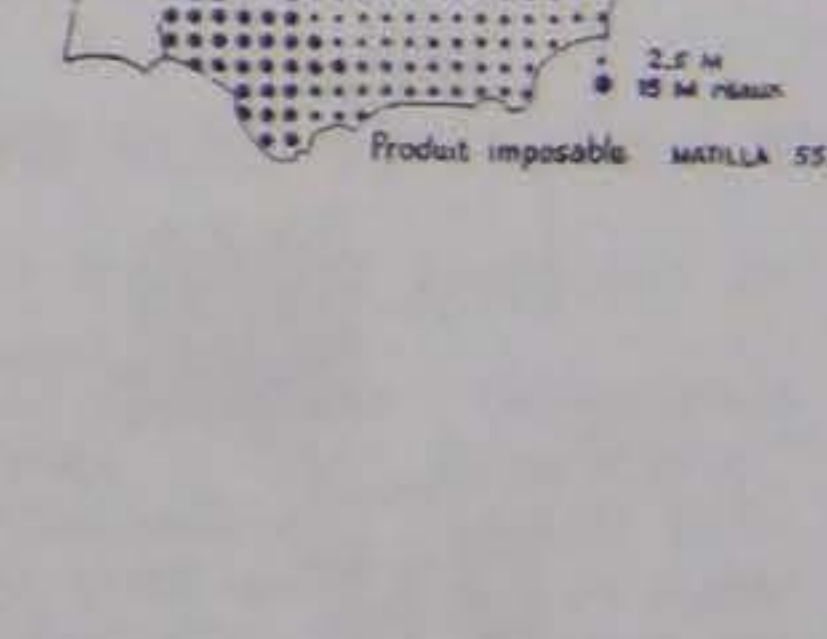
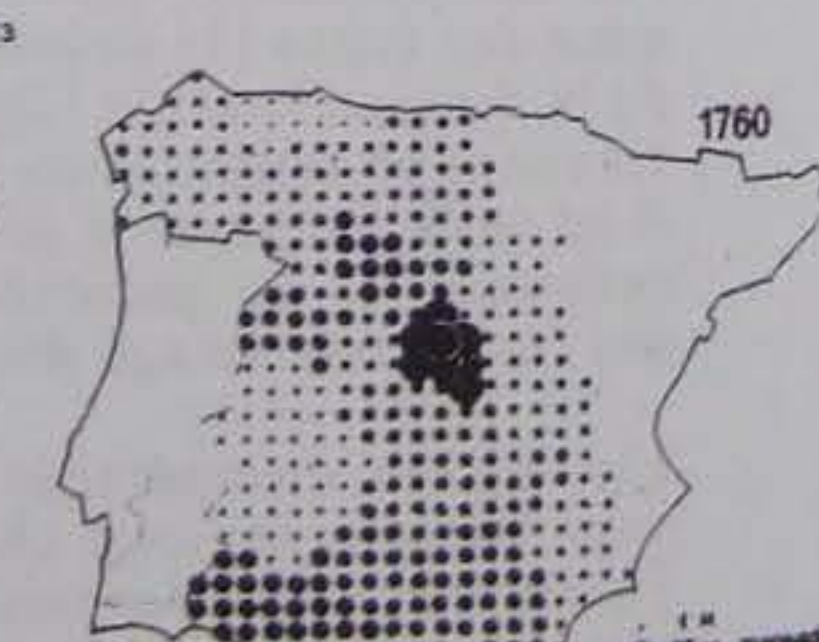
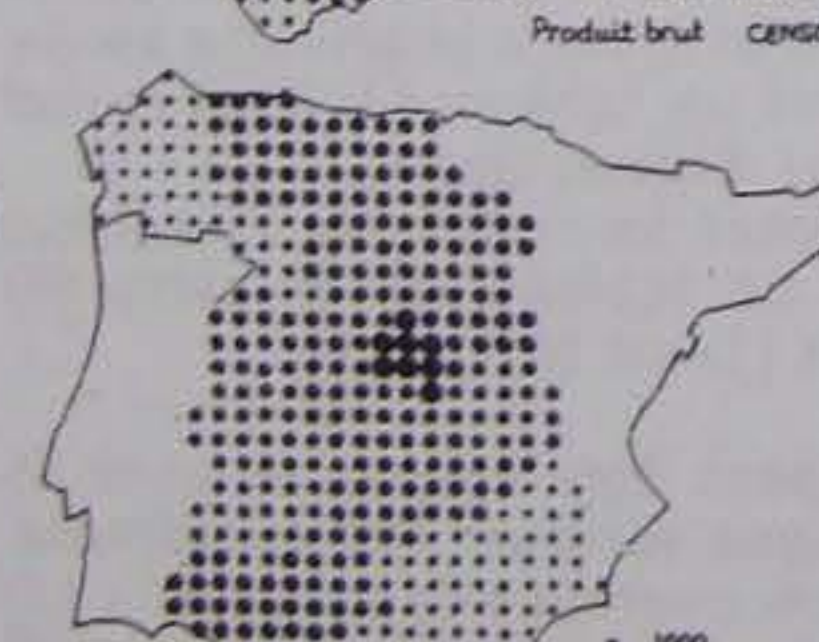
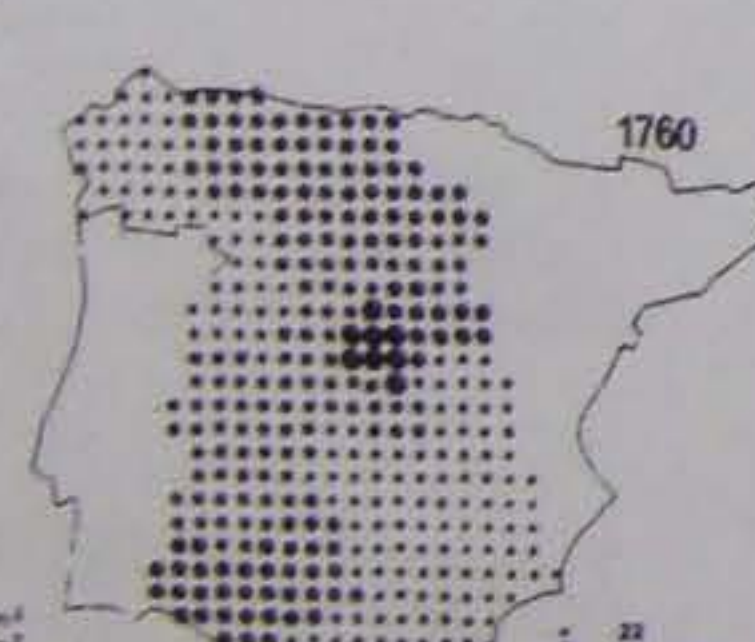
1842



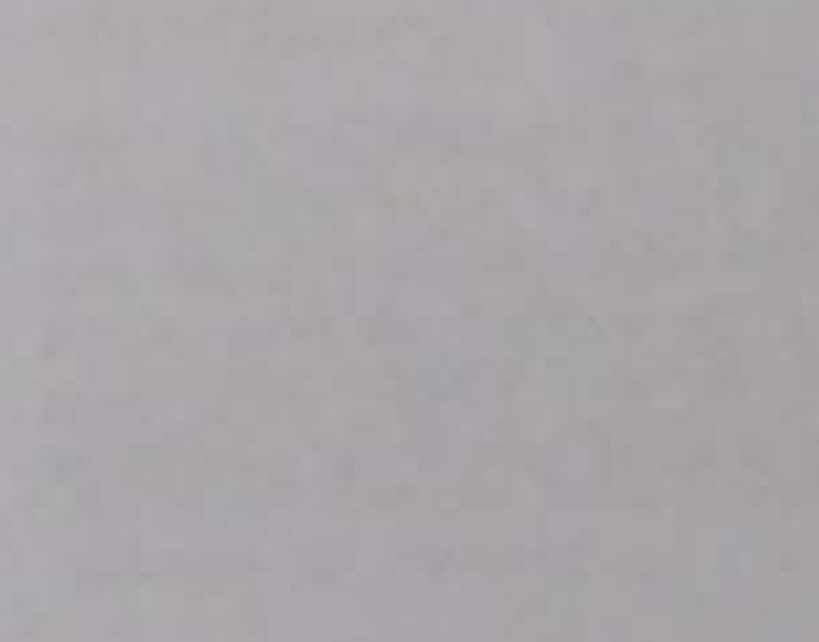
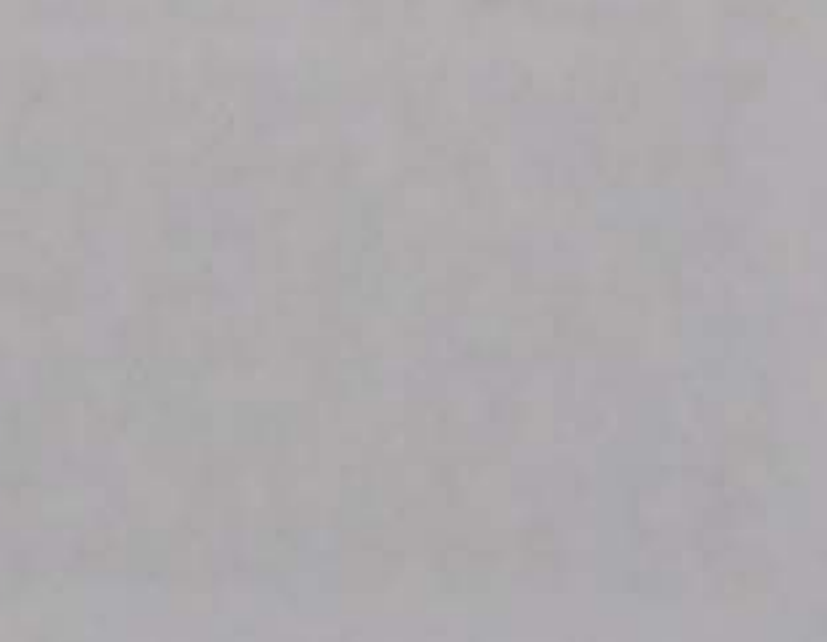
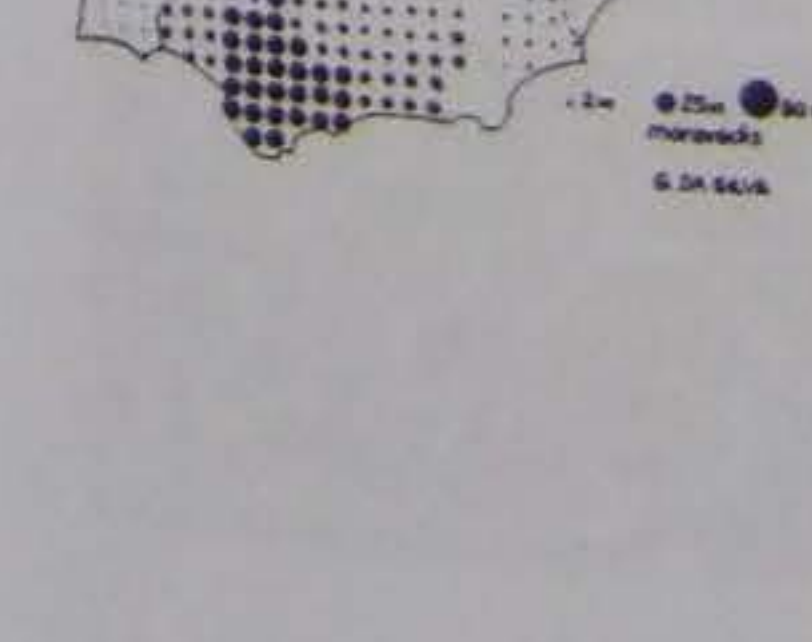
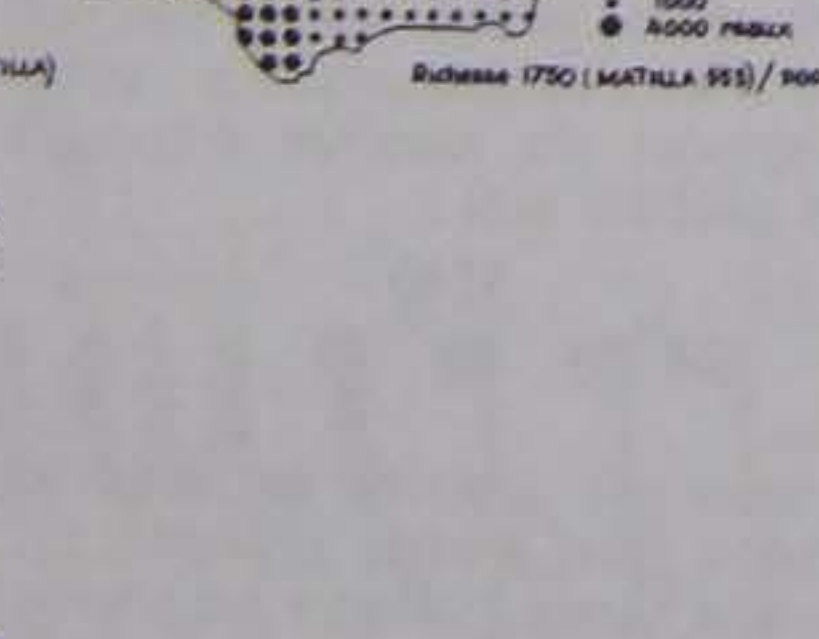
1799



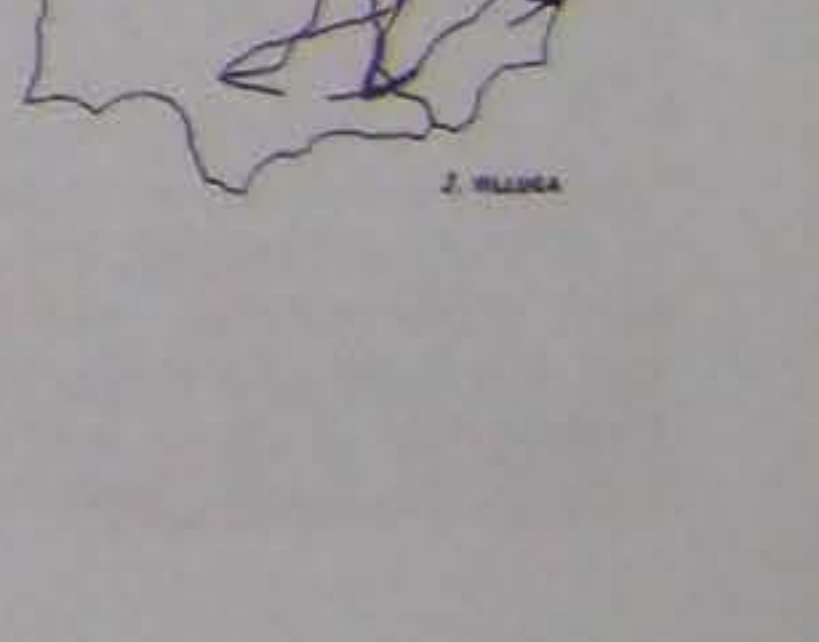
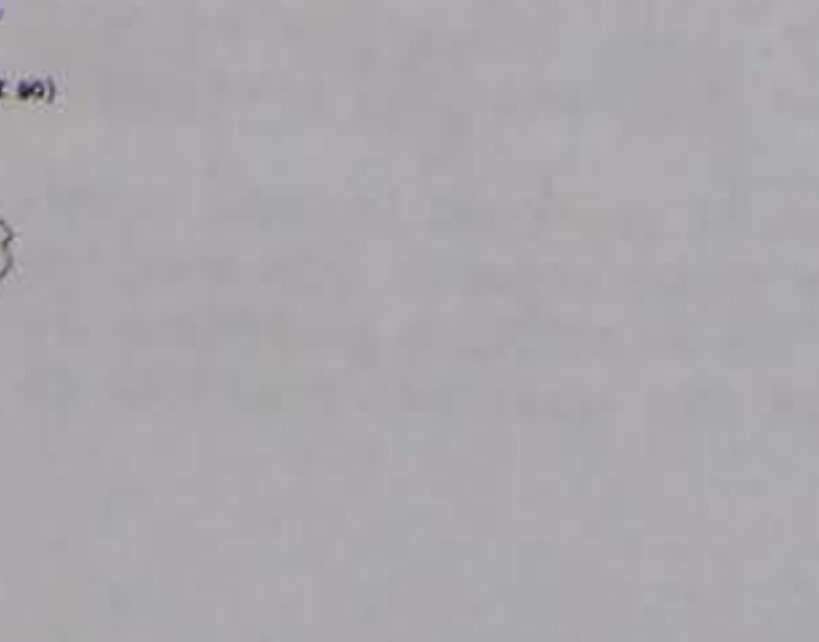
1750



1590



1530





### Le problème graphique.

Il s'agit pour le rédacteur graphique de rendre aisément préhensible toutes les données statistiques en conservant l'exhaustivité c'est-à-dire sans opérer le moindre choix, sans réduire la variation quantitative à un petit nombre de paliers définis a priori suivant chaque phénomène. Le semis régulier de cercles croissants en fournit le moyen.

Il importe aussi que toutes les cartes soient comparables, quelle que soit la nature du phénomène, et quelle que soit l'époque. Il est clair que la seule unité concevable est le total de chaque série quantitative. Comment sinon comparer des individus et des devises, pesetas ou maravedis (unités de valeur variable dans le temps, sur une base que l'on cherche encore à préciser). Il n'est donc pas possible de représenter la variation du total de la population. Elle eut dominé et étouffé la variation régionale et rendu impossible toute autre comparaison.

Il ne faut s'intéresser qu'à la distribution régionale de chaque phénomène, indépendamment des différences totales, le plus souvent incontrôlables entre les différentes époques. En d'autres termes l'œil compare les fréquences géographiques, c'est-à-dire les pourcentages régionaux d'un volume total constant. Le "correctif de densité" permet d'équilibrer toutes les représentations.

### La critique des documents statistiques.

Cette conception de l'expression graphique permet de résoudre le délicat problème du crédit que l'on doit accorder à telle ou telle information.

On sait qu'il n'y a pas d'information parfaite, mais des degrés dans l'erreur, qui oscillent entre l'admissible et l'inadmissible. Dans le cas présent, on apprécie en général un niveau d'admissibilité d'après une critique historique des sources, qui s'attache à déterminer des conditions d'élaboration originale des chiffres, la probité des enquêteurs et des auteurs. Notons que cette critique s'appuie sur des comparaisons régionales diverses et sur des inventaires voisins dans la nature et dans le temps. La tendance est évidemment de rejeter en bloc telle information, lorsque quelques sondages ont donné de mauvais résultats. La cartographie étant considérée comme ne relevant que de l'expression "exacte" (mais qu'est-ce que l'exactitude?), de telles informations ne sont pas représentées. Cependant la représentation graphique d'une information est bien le meilleur instrument de contrôle et de jugement possible, lorsque le système graphique permet de représenter l'information intégralement. Aux sondages elle oppose la connaissance totale de l'erreur éventuelle. La représentation graphique d'une statistique erronée n'est pas à craindre au cours de la recherche.

Au contraire, elle apporte toujours une information utile, soit sur le fond, dans la mesure où, par exemple, tous les chiffres étant faux, la tendance générale peut rester valable et prolonger une relation découverte par ailleurs, soit sur l'étendue de l'erreur, sur ses principaux aspects. Elle permet d'aborder le problème de l'erreur historique à partir de l'erreur elle-même et non plus à partir des causes éventuelles.

On a par conséquent conservé les statistiques de 1799 réputées erronées et chacun peut en juger maintenant et découvrir certains aspects vraisemblables parmi une série d'aberrations criantes. De même, on a conservé des informations douteuses du XVI<sup>e</sup> siècle, mais dont l'ensemble souligne des tendances que l'on considère comme vraisemblables.

### Essai de résumé d'ensemble.

Devant une telle collection de renseignements comparables, il est tentant de chercher une formule susceptible de fournir un résumé d'ensemble.

### Justification des catégories retenues :

1°) L'on sait qu'un unique chiffre statistique ne veut rien dire et que seule la comparaison de plusieurs chiffres a une signification;

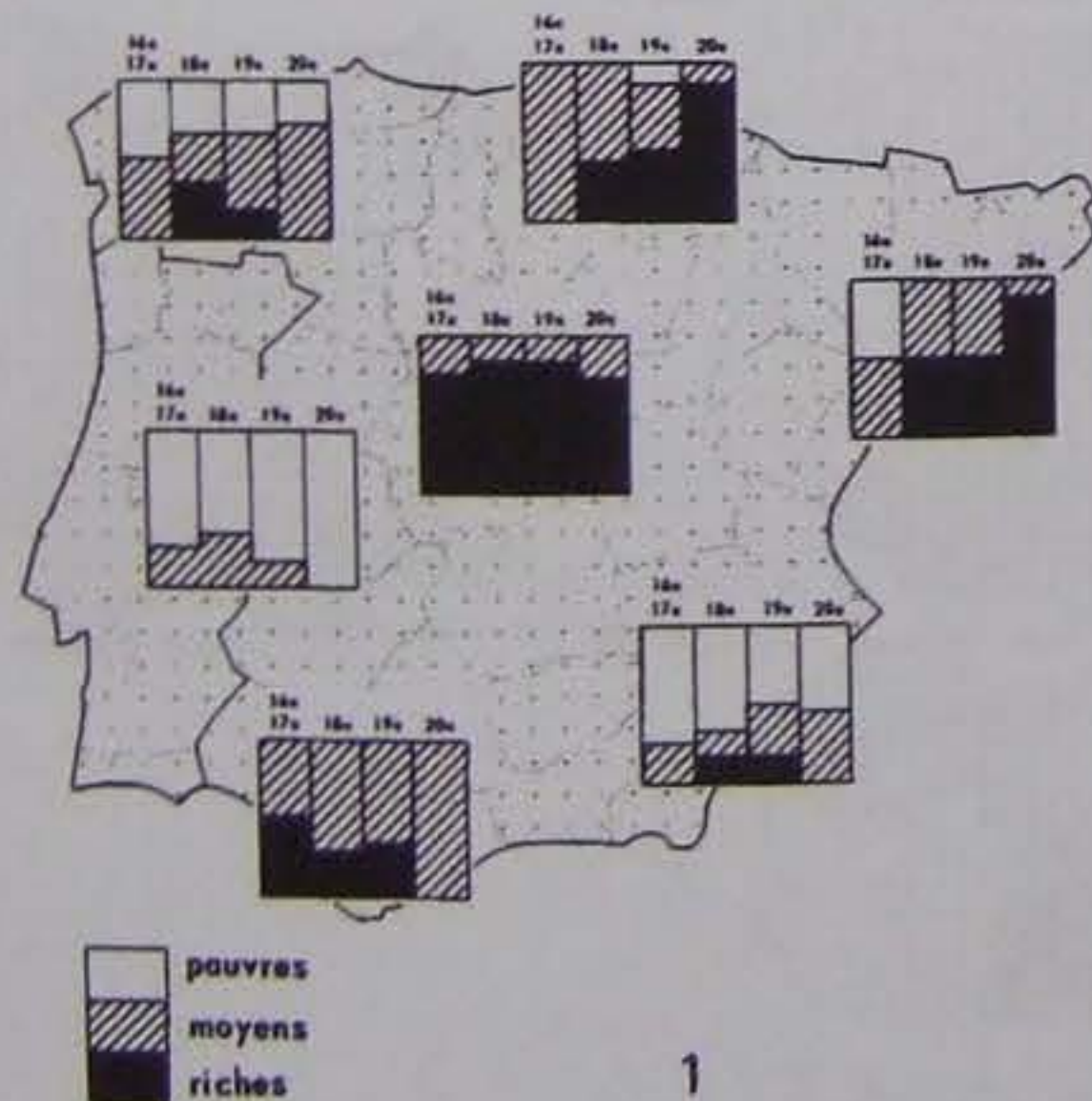
2°) Aucun chiffre n'est strictement exact, mais la *tendance* résultant de la comparaison de deux chiffres *peut* être significative (si l'on se borne à n'y voir qu'une tendance);

3°) Cette tendance a d'autant plus de probabilité d'être significative qu'on la retrouve dans un plus grand nombre d'observations de nature et d'origines différentes. La probabilité de signification résulte évidemment de l'observation du plus grand nombre possible de renseignements.

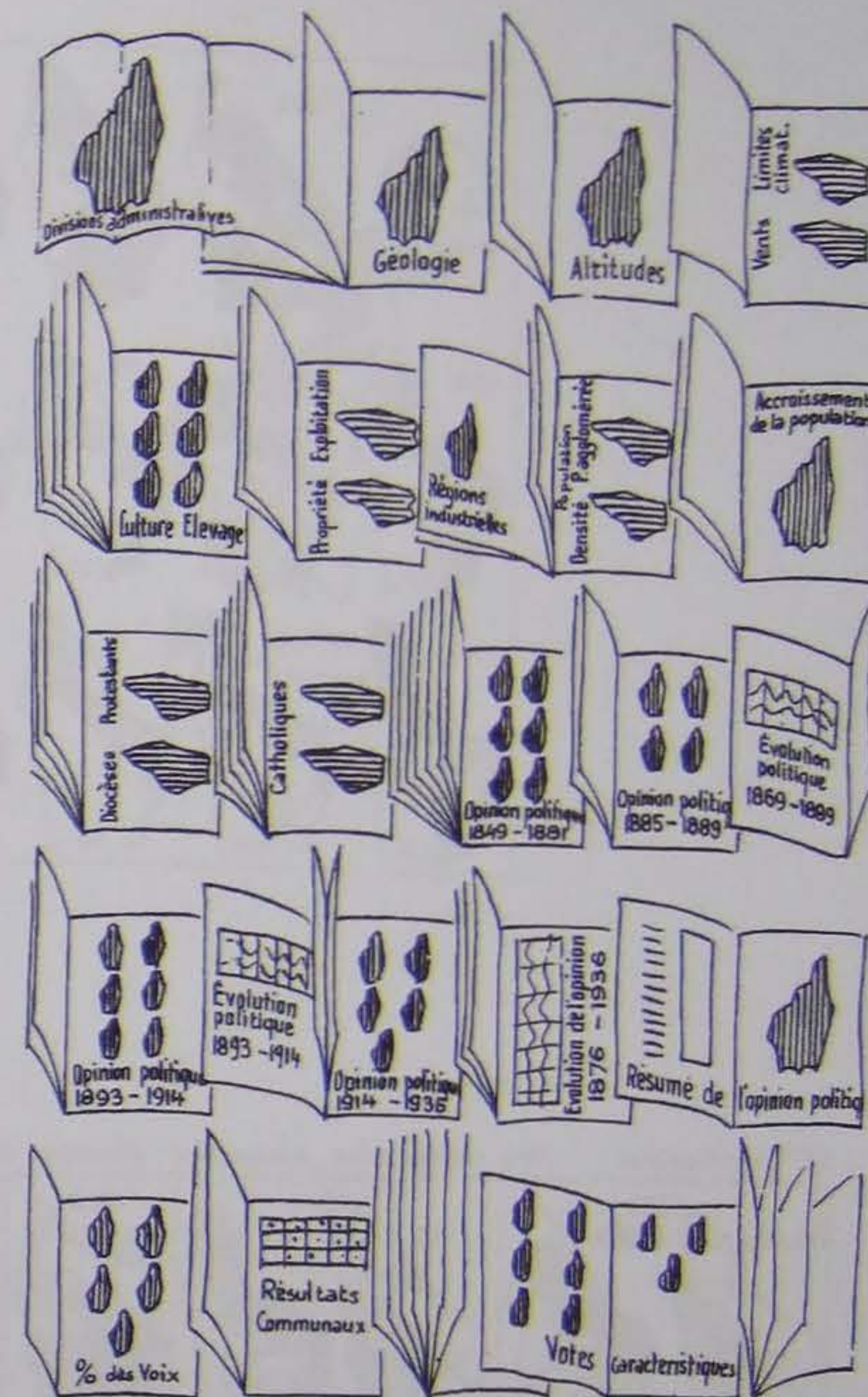
Dans l'étude présente, le système graphique permet justement le maximum de comparaisons. Il donne en plus l'assurance que la perception visuelle ne résulte pas de transformations préalables réduisant les variations quantitatives à quelques paliers toujours arbitraires. Il est donc légitime de définir, pour le moins, les deux tendances extrêmes, l'une vers le minimum (blanc des cartes), l'autre vers le maximum (noir) et il est indispensable de réserver une catégorie intermédiaire aux tendances non affirmées, douteuses (gris). Tels sont les trois termes que l'on a relevés dans chaque phénomène et pour les sept régions caractéristiques.

### Utilisation des catégories (R m P) :

De plus il semble légitime d'additionner les tendances semblables si l'on tient compte du fait que dans chaque phénomène, le noir représente une tendance « riche » (R) et le blanc une tendance « pauvre » (P). On conviendra que le gris est « moyen » (m). C'est une addition que l'on a tentée ici à titre expérimental.



En faisant le total, dans le cadre d'une région et d'une époque, des phénomènes observés dans chaque tendance, puis en rendant constant à travers régions et époques, le total des observations, on peut transcrire la *fréquence* par époque de chacun des trois termes R m P, et on obtient la figure finale (1). C'est un cartogramme, mais il ne contient que sept images. Il est donc facilement compréhensible.



2

### 2<sup>e</sup> exemple : GÉOGRAPHIE ÉLECTORALE DE L'ARDÈCHE

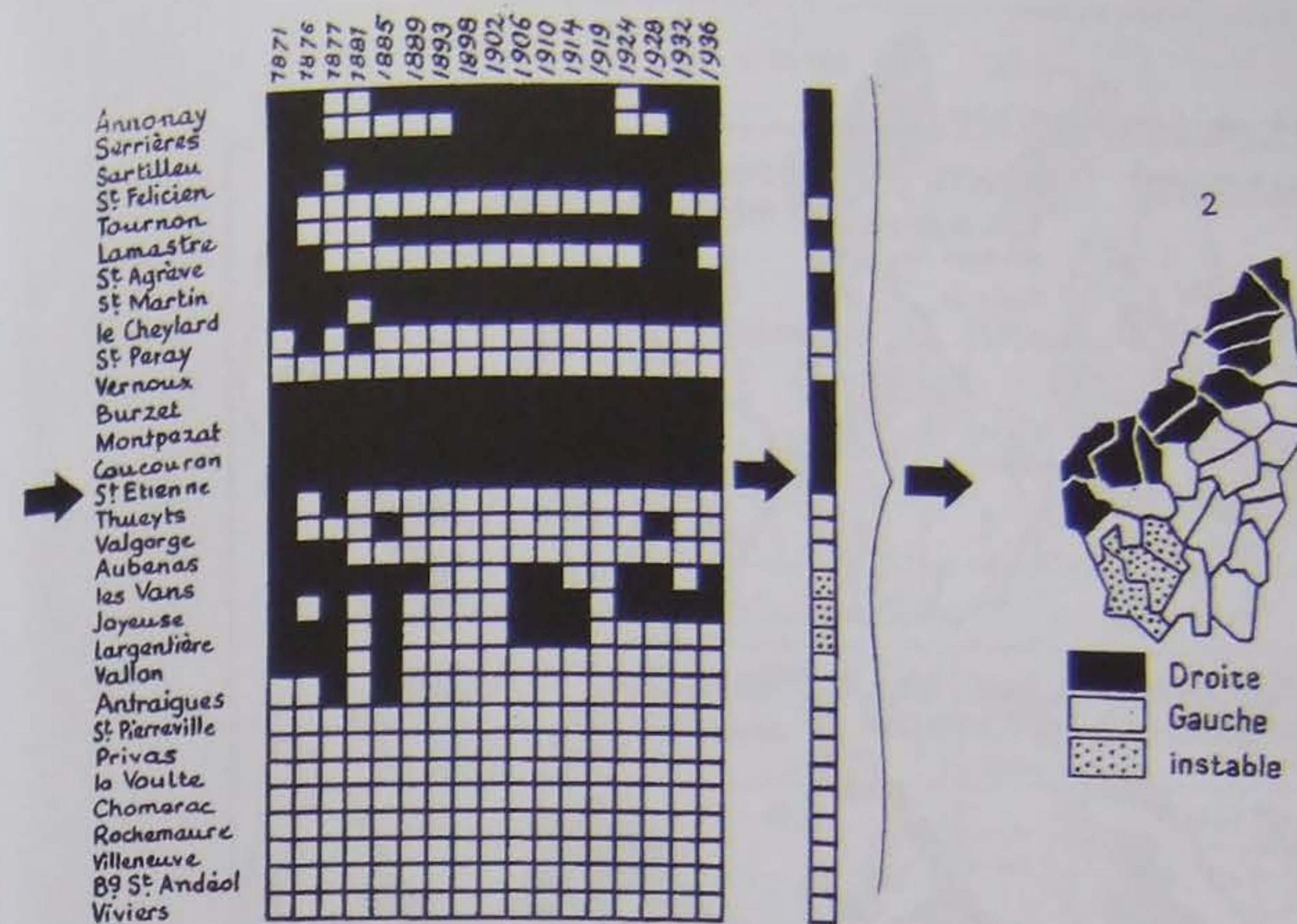
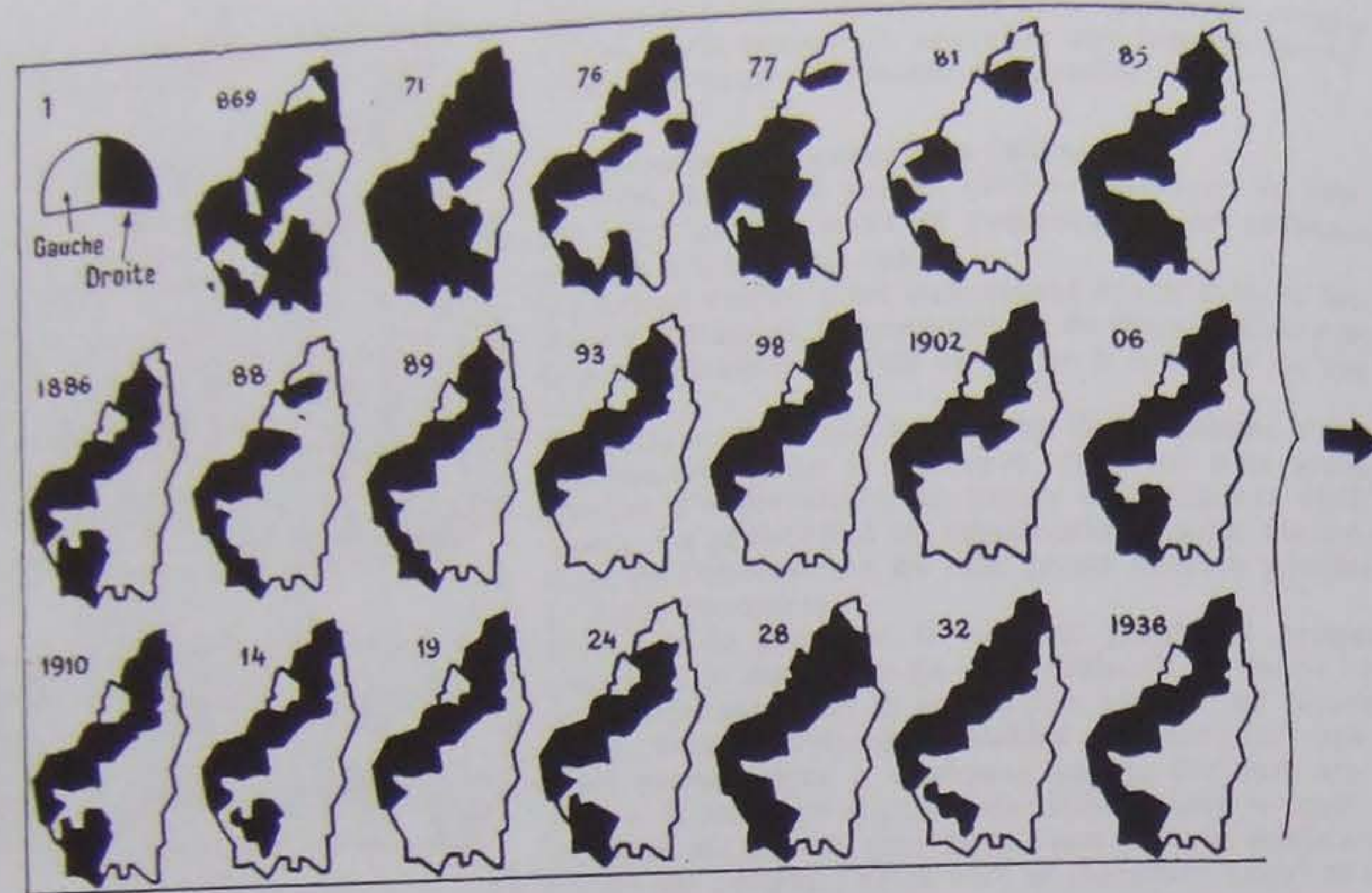
Voici un autre exemple de traitement graphique de l'information.

En 1949, André SIEGFRIED publiait sa "Géographie électorale de l'Ardèche sous la III<sup>e</sup> République" (Cahiers de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, A. Colin, Paris 1949), petit livre riche de substance qui est maintenant classique. Cet ouvrage est parsemé de cartes qui appuient les diverses descriptions. Mais en réalité l'essentiel de la démonstration repose sur les similitudes géographiques, et la cartographie, loin d'être l'"illustration" rituelle d'un travail de ce genre, en constitue le matériau de base sans lequel cette analyse n'existerait pas. L'étude se présente sous la forme d'une description géographique, dont les facteurs physiques, humains, économiques, sont discutés successivement. Elle débouche sur l'analyse du

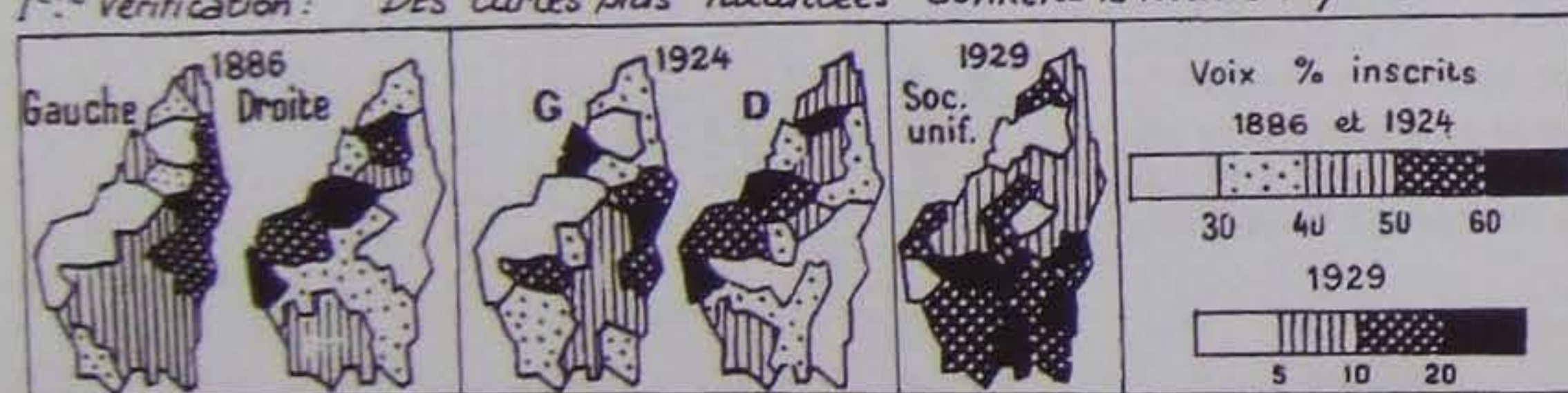
comportement politique. Dans la conclusion, l'attention est attirée sur les similitudes dans la répartition de plusieurs phénomènes, similitudes qui permettent d'entrevoir une explication à l'attitude politique.

Pour exprimer sa pensée A. SIEGFRIED s'appuie sur le verbe, dans lequel il est devenu maître, et sa démarche est intuitive. Si elle avait été déductive, l'auteur n'aurait pas laissé passer une disposition de la cartographie aussi invraisemblable que celle de la publication (2). Il aurait exigé autant de logique dans la démonstration graphique que dans son exposé. Et sans doute aurait-il construit celui-ci autrement. L'auteur apporte en effet tous les éléments d'un traitement concis et rationnel, que l'on peut reconstruire en se servant des seuls documents publiés et des phrases mêmes de l'auteur.

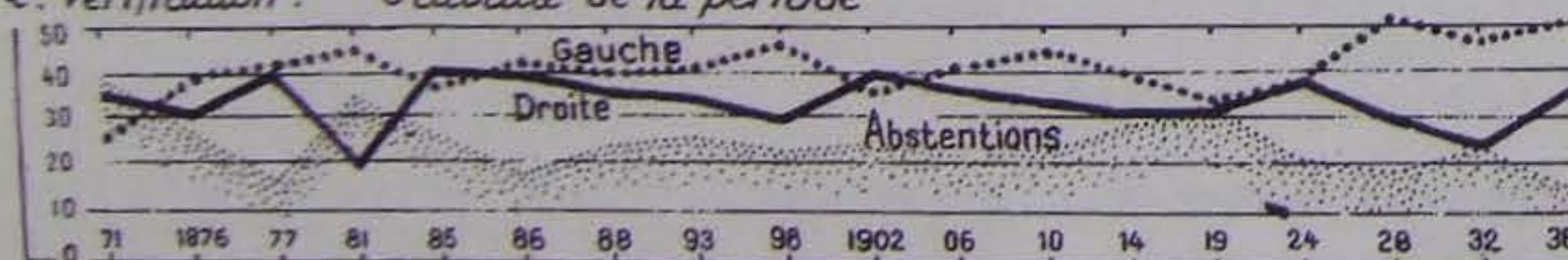




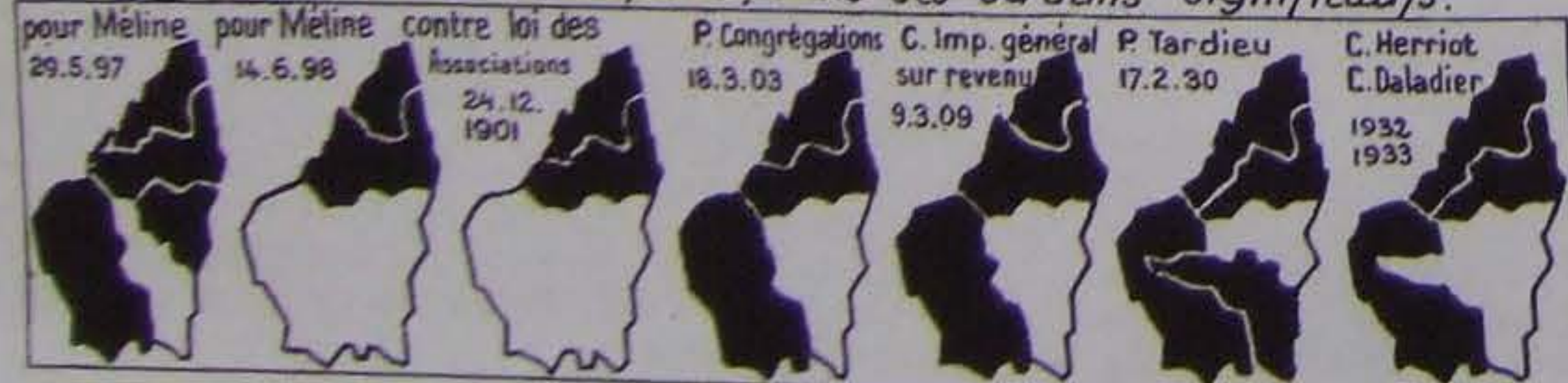
1<sup>re</sup> vérification: Des cartes plus nuancées donnent la même répartition



2<sup>e</sup> vérification: Stabilité de la période



3<sup>e</sup> vérification: Vote des Députés, dans des scrutins significatifs.



André SIEGFRIED se propose de rechercher les facteurs du comportement politique des habitants du département de l'Ardèche.

1<sup>re</sup> question :

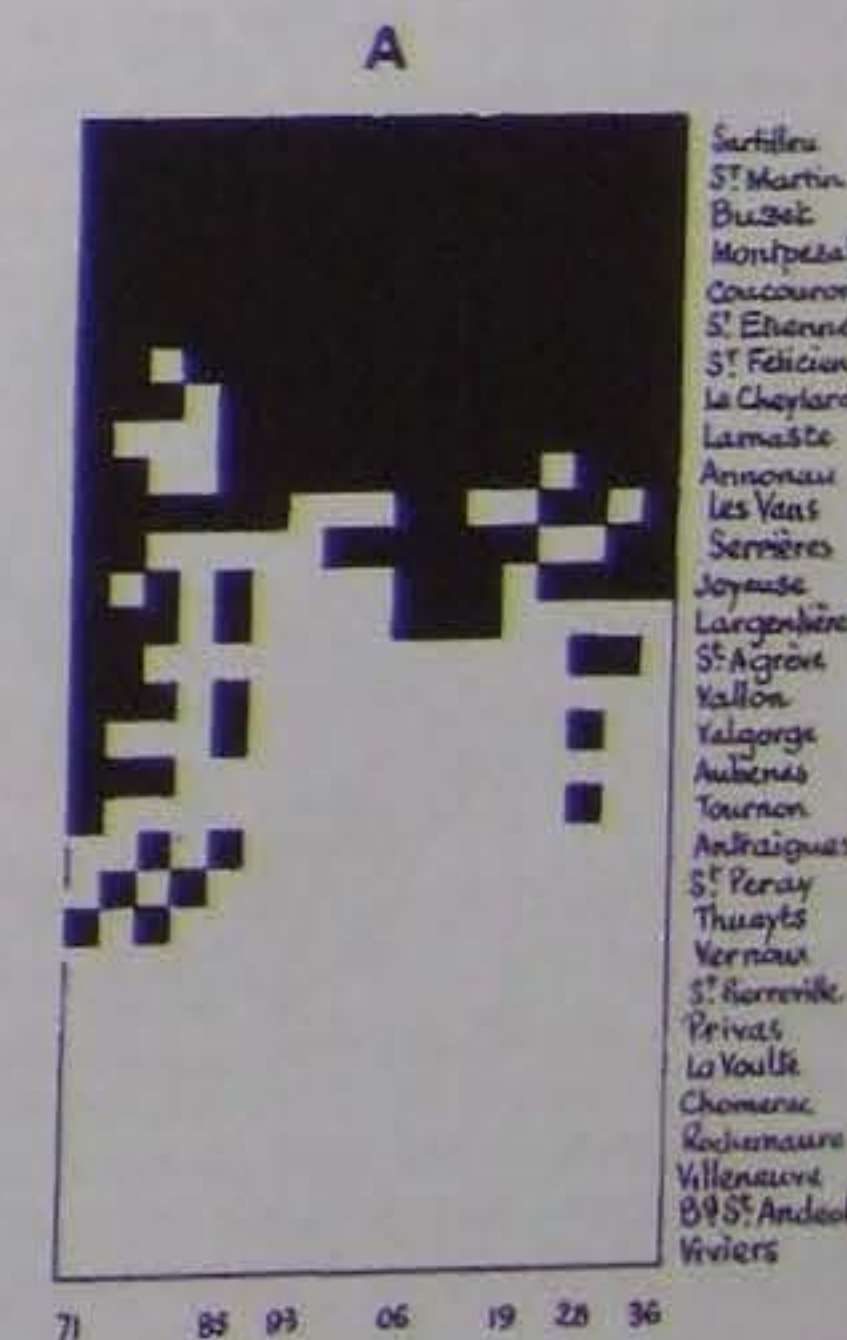
Quelle est la physionomie politique du département de l'Ardèche?

Elle est obtenue par la cartographie de tous les votes connus (1). Chaque carte est discutée et défendue (pp. 75 à 106). Des vérifications sont recherchées dans une répartition plus nuancée entre droite et gauche, en introduisant des paliers intermédiaires. (1<sup>re</sup> vérification).

La recherche d'une évolution possible s'impose devant une documentation étendue sur plus d'un demi-siècle. La série de cartes (1) révèle déjà une grande stabilité. Un graphique en apporte la vérification (2<sup>e</sup> vérification).

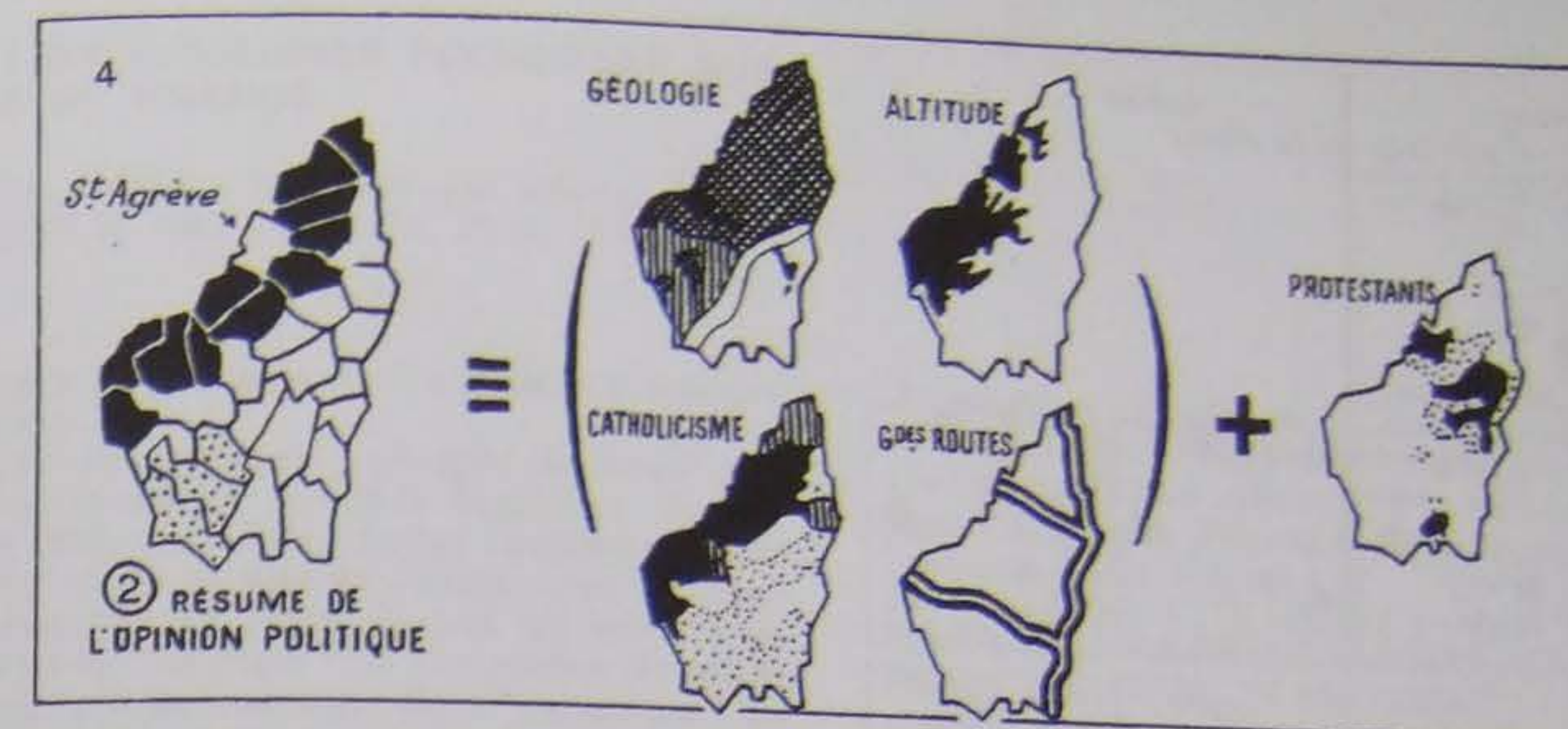
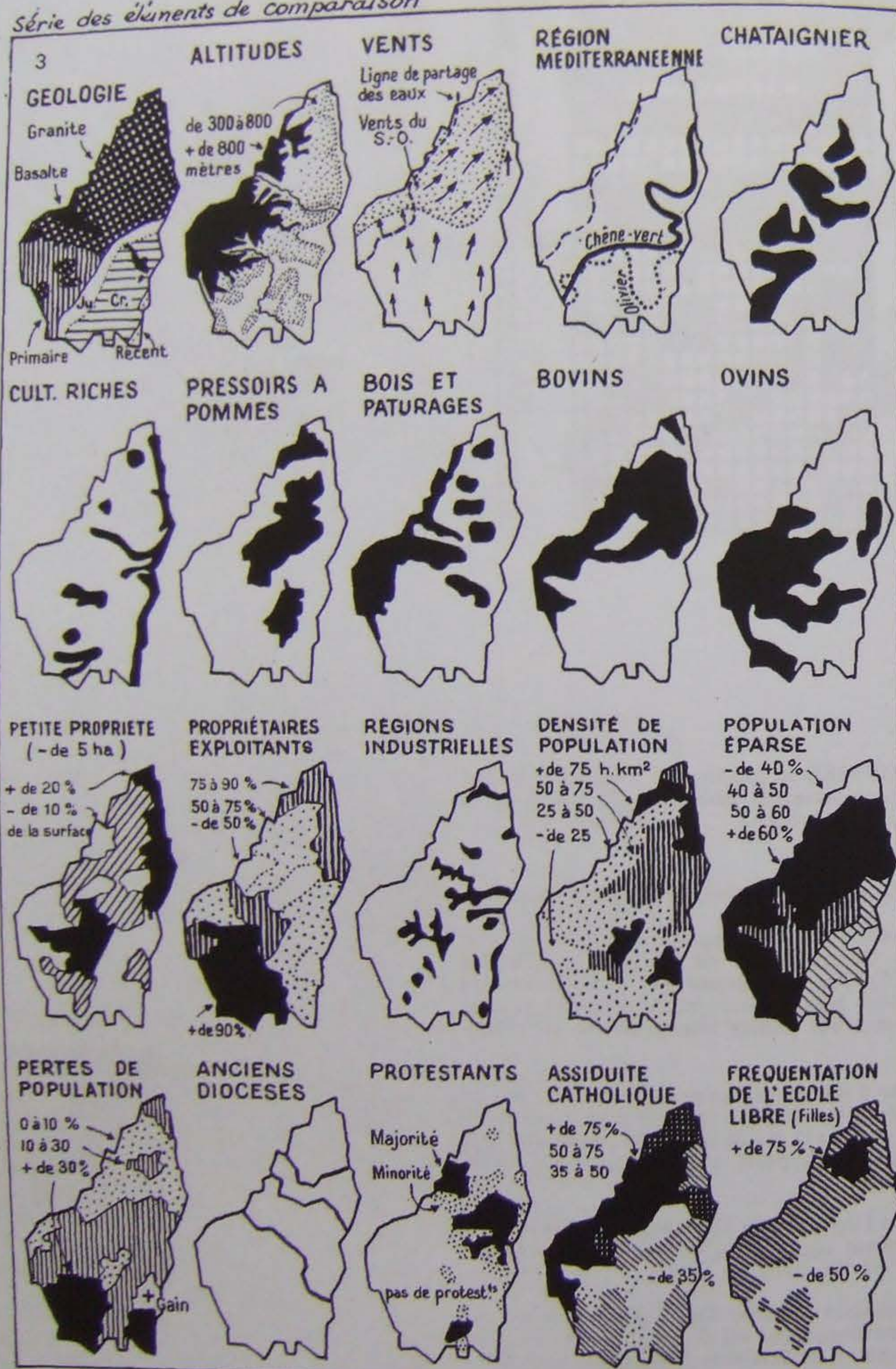
Les votes des Députés, à la Chambre, dans des scrutins particulièrement significatifs, confirment les premiers résultats (3<sup>e</sup> vérification).

Une telle stabilité autorise l'essai d'un tableau (qui aurait pu être diagonalisé (A) ce qui aurait permis d'introduire le canton de Serrières – le plus au nord, dans les instables et d'y trouver une nouvelle vérification de la thèse soutenue), puis d'une carte (2) que l'auteur intitule « Résumé de l'opinion politique de l'Ardèche ». C'est la réponse circonstanciée à la première question.





Série des éléments de comparaison



Vérification au niveau de la commune



2<sup>e</sup> question :

Quelles sont les causes profondes de la physionomie politique de l'Ardèche?

Pour répondre, il s'agit de multiplier les éléments de comparaison (3). Ils sont obtenus par la cartographie de tous les facteurs pouvant de près ou de loin avoir une relation avec l'opinion politique. Chaque carte est discutée, car les paliers sont retenus non seulement en fonction du phénomène mais aussi de la ressemblance éventuelle avec la carte (2). Trois facteurs montrent une similitude de répartition avec (2) : géologie, altitude, catholicisme. L'auteur suggère l'importance des grandes routes, que nous avons ajoutées. Il montre ensuite l'interférence de la répartition des Protestants, qui explique l'anomalie du canton de St-Agrève. C'est ce qu'exprime l'équation graphique (4). Entre les parenthèses, les facteurs dont la répartition est proche du schéma principal. Le signe + introduit un facteur nécessaire pour compléter l'analogie. - " Il suffit de considérer la carte de la pratique religieuse pour se rendre compte que les cantons... qui sont les plus catholiques, sont en même temps les plus orientés vers la droite... La carte géologique et sur-

tout celle des altitudes sont ici à retenir comme donnant l'explication véritable... Il est cependant une exception singulière qui va nous mettre sur la voie d'explications nouvelles... le canton de St-Agrève, pourtant situé à 1000 m de hauteur, vote à gauche, la raison en est simple : c'est un canton protestant... " pp. 112-113. Une vérification au niveau de la commune assure à l'égalité (4) de correspondre non seulement à une tendance générale, mais aussi à une réalité précise au niveau d'observation le plus réduit.

Ainsi deux questions pertinentes, deux traitements graphiques et deux réponses livrent l'essentiel de cette étude remarquable, réduction par comparaisons et classement de 53 images principales correspondant à 4 composantes (GEO, Q, O du temps,  $\neq$  témoignages).

On voit ici que le problème essentiel du chercheur est de classer les documents disponibles, les cartes, de définir des groupements, des mises en pages qui soulignent des relations jusque-là non perçues. Disposer et grouper les documents de la meilleure manière est le fond du problème. Dans un traitement graphique ce n'est l'affaire ni de l'éditeur ni du "metteur en page".



2 Situation normale

$C \equiv E \equiv F \equiv H \equiv$

$K \equiv O \equiv P \equiv Q$

Situation normale

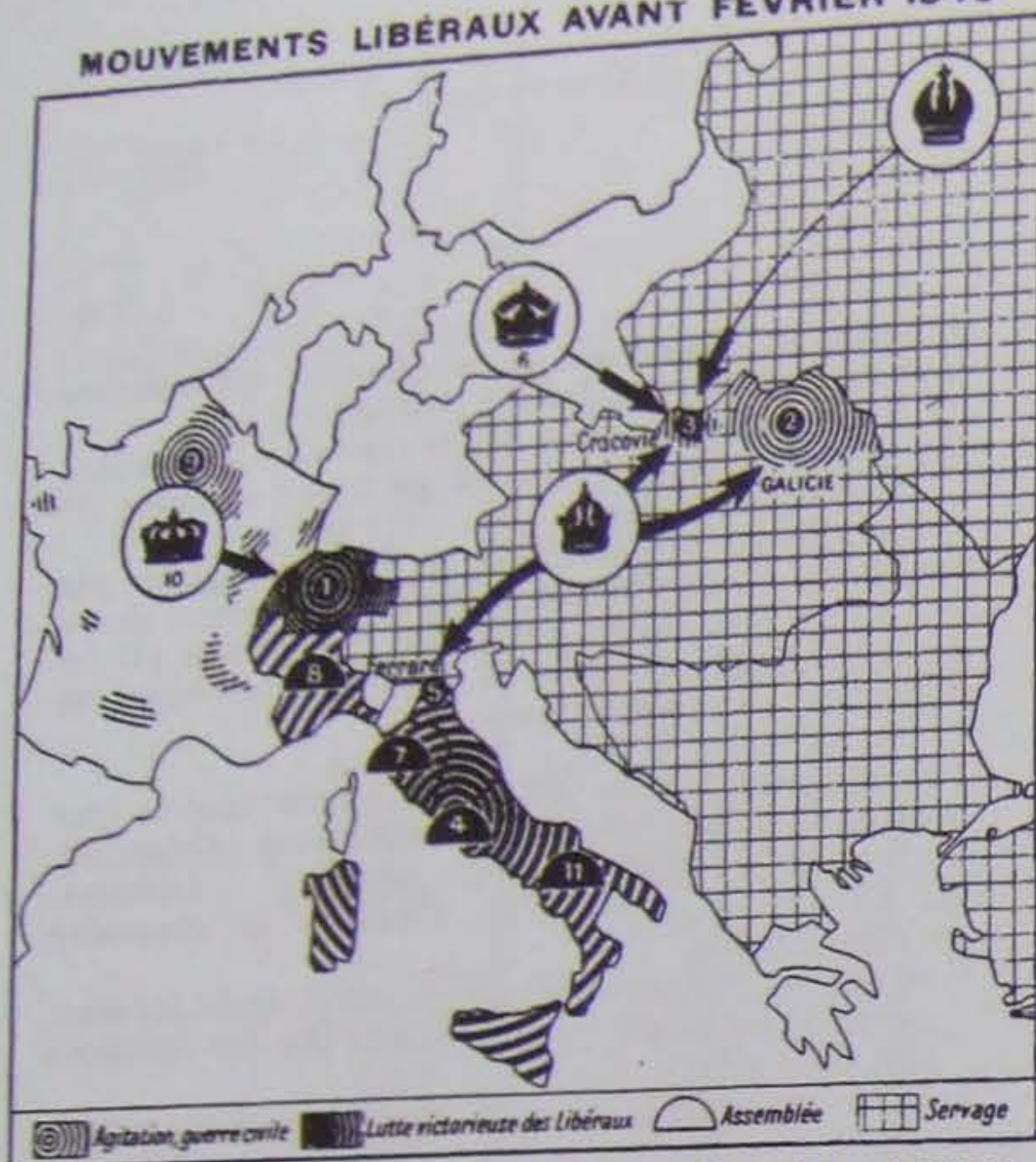
Situation's anomalies

4

	L C A G	L C A G	L C A G	L C A G
1594	⊖ ⊙ ⊖	⊖ ⊙	-	
95		-	-   - -	⊙   - -
96		⊙	-   ⊙	⊙   ⊙ ⊙
96		-	-   - -	
98	-	⊖ -	-   - -	
99		-	-	
1600		⊙	- ⊖ - ⊙	
<hr/>				
	5 3 7 3		0 5 1 1	
	- 2 4 0 0		6 1 4 3	
	-		-   - -	

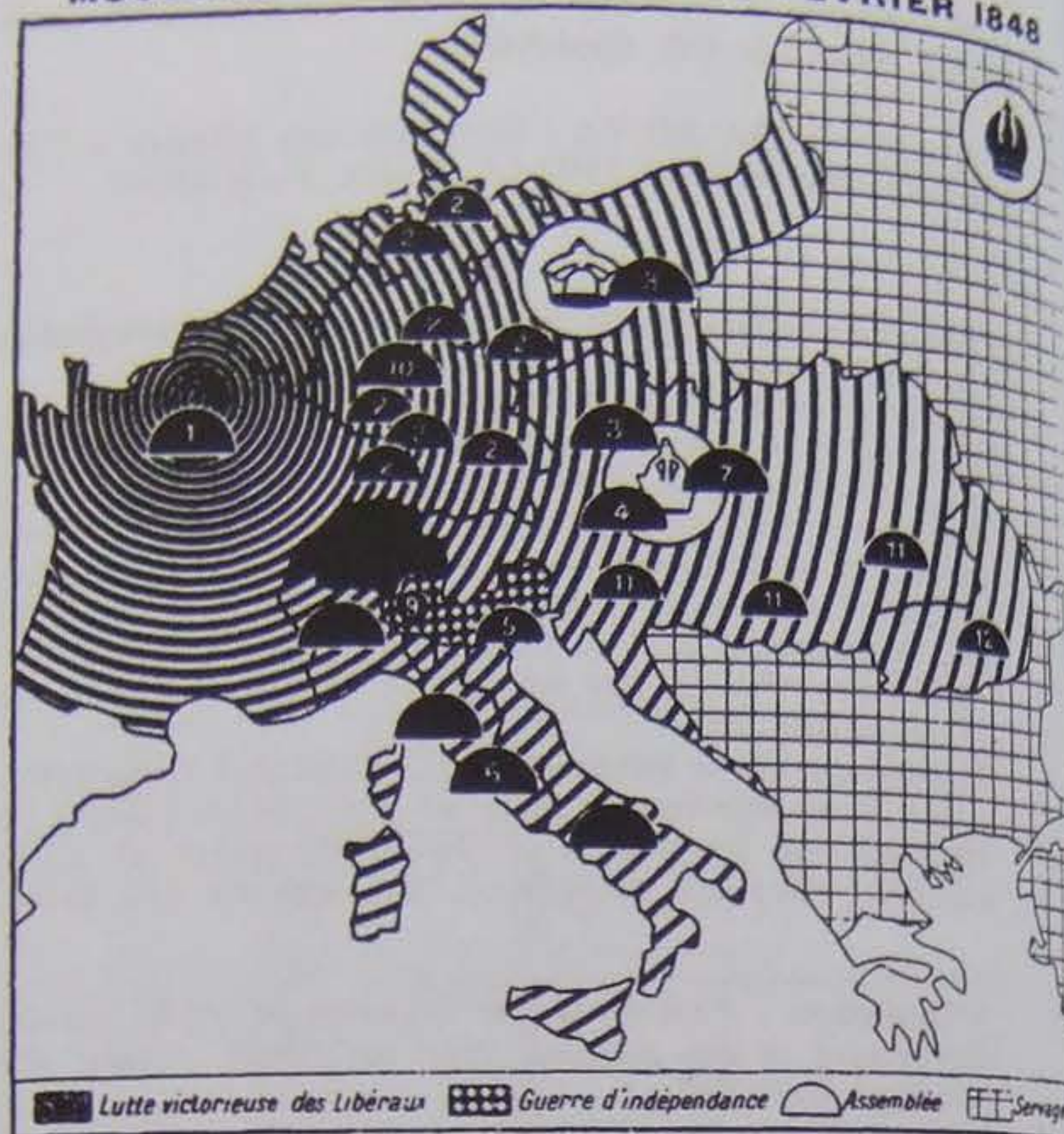


## MOUVEMENTS LIBÉRAUX AVANT FÉVRIER 1848



MANIFESTATIONS D'UNE EUROPE NOUVELLE.	DATES.	DERNIÈRES RÉACTIONS DE LA SAINTE-ALLIANCE.
Insurrection polonaise (République de Galicie, Cracovie).	2 fév. 1846	1 Ligue catholique (Sonderbund) contre la Constitution suisse.
Les conspirateurs polonais, traqués, se répandent en Europe.	nov. 1846	3 Les 3 Puissances (Autriche, Prusse, Russie) occupent Cracovie et l'incorporent à l'Autriche.
Premières réformes de Pie IX.	4 juin-déc. 1846	5 Occupation de Ferrare.
Le roi de Prusse accorde un Landtag.	6 fév. 1847	6 Le roi de Prusse dissout le Landtag.
Mouvements de réformes : dans les États pontificaux en Toscane.	4 avril 1847	
7 sept. 1847		
8 oct. 1847		
Victoire de la Suisse constitutionnelle sur le Sonderbund.	1 nov. 1847	
Campagne des banquets de l'opposition en France.	9 juill. 1847	10 Louis-Philippe refuse les réformes, laisse faire l'Autriche, soutient le Sonderbund.
Constitution de Naples.	11 janv. 1848	

## MOUVEMENTS LIBÉRAUX APRÈS FÉVRIER 1848

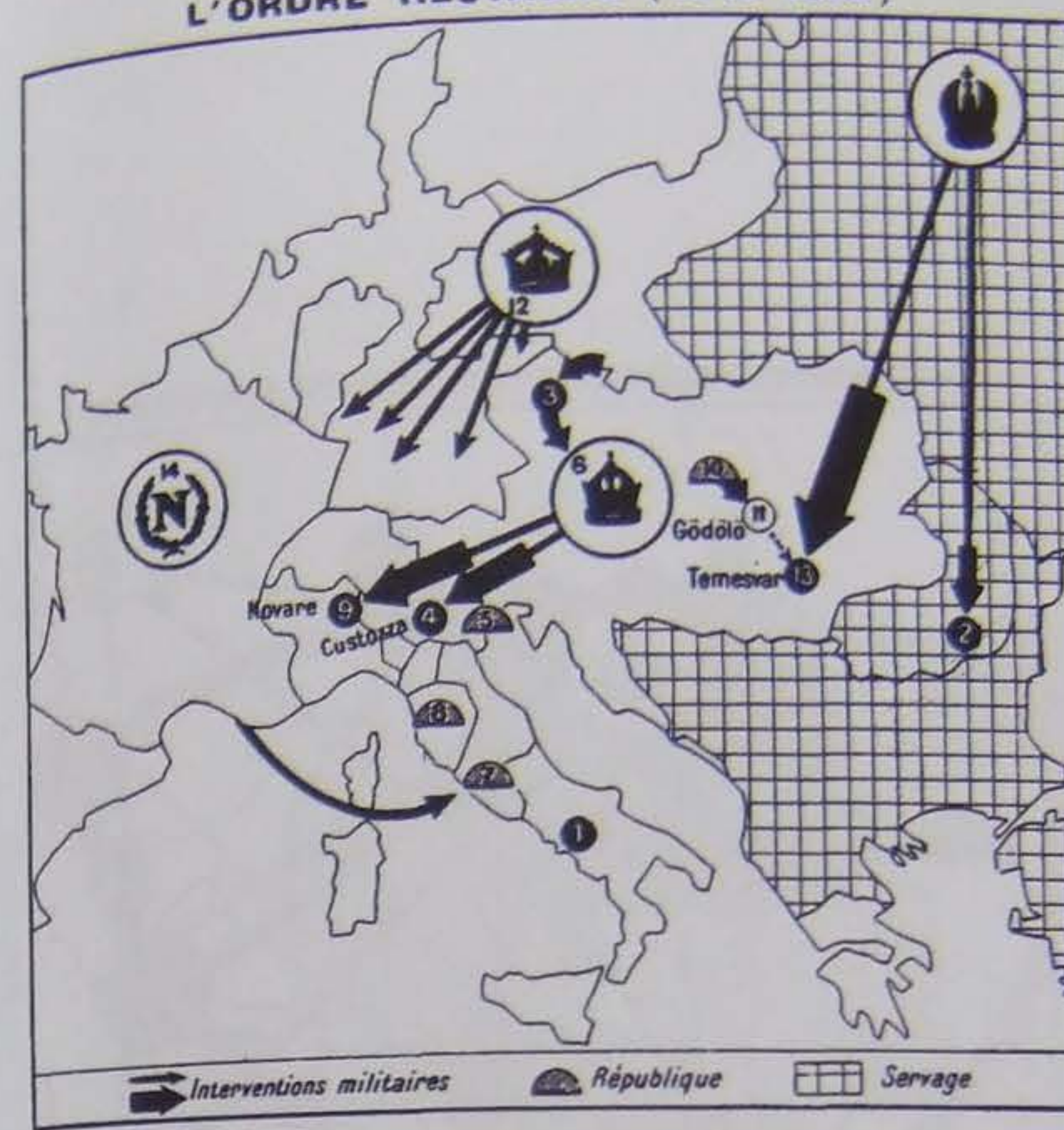


24 février 1	Établissement de la République française.
fév.-mars 2	Petits États allemands : mouvements révolutionnaires et convocations d'Assemblées.
11 mars 3	Prague : insurrection et convocation d'une Assemblée constituante.
13 mars 4	Vienne : insurrection et convocation d'une Assemblée constituante. Libération des serfs de tout l'Empire.
13-23 mars 5	Venise : révolte contre les Autrichiens et proclamation de la République.
14 mars 6	Rome : nouvelle Constitution.
16 mars 7	Hongrie : la Diète de Presbourg transforme la Constitution.
18 mars 8	Berlin : Frédéric-Guillaume est entraîné par le mouvement libéral.
18 mars 9	Milan : se révolte et appelle le Piémont.
31 mars-18 mai 10	Francfort : réunion du « Vorparlament », puis du Parlement.
mai 11	Hongrie : Assemblée des minorités sur les conjoints hongrois. (Croates, Slováques, Serbes, Transylvains).
juin 12	Bucarest : Proclamation d'une Constitution.

La plupart des cartes scolaires, les atlas pédagogiques, le croquis au tableau, les schémas de synthèse entrent dans cette catégorie.

La carte 2, p. 163, est un exemple de message cartographique. Il permet de prendre connaissance en quelques instants de l'essentiel d'une information exhaustive. Rappelons que pour être mémorable, une représentation ne doit superposer que deux ou trois formes très simples qu'il faut pouvoir séparer spontanément. Elles doivent se sélectionner :  
1° par des différences de visibilité (par conséquent il faut choisir une forme dominante);  
2° par des différences d'implantation (zones grises, lignes noires, points).

## L'ORDRE RESTAURÉ (1848-1852)



mai 1848	Abolition des régimes libéraux : à Naples.	SURSAUTS NATIONALISTES.
juin 1848 2	à Bucarest.	1 Guerre de Crimée.
juin 1848 3	Victoires militaires de l'Autriche : à Prague.	2 Congrès de Paris :
juillet 1848 4	à Custozza.	3 Fermeture des Détroits;
août 1848 5	à Vienne.	4 Statut international du Danube;
octobre 1848 6		5 Principautés moldo-valaques;
		6 Garantie des libertés serbes.
		7 Les principautés moldo-valaques s'unissent en « Roumanie ».
		8 Guerre d'Italie (Magenta, Solferino). Le Piémont reçoit la Lombardie.
		9 Unification de l'Italie du Nord.
		10 La France annexe Nice et la Savoie.
		11 Soulèvement de l'Italie du Sud.
		12 Napoléon III laisse les Piémontais traverser les États du Pape (Castelfidardo).

Un message graphique peut être construit en plusieurs images séparées et A. SIEGFRIED nous en fournit un exemple (4, p. 405).

Enfin on peut concevoir une série de messages graphiques, par exemple pour permettre de mémoriser visuellement une suite de situations historiques. Telles sont les images ci-dessus et page suivante, extraites du Nouveau cours d'Histoire (C. MORAZE, PH. WOLFF, J. BERTIN, classe de philosophie, A. Colin, Paris 1950).  
On a cherché pour chaque époque une répartition géographique dominante en mettant en visibilité un pays-vedette, une psychose d'encerclement, une dynamique

## PRÉPONDÉRANCE FRANÇAISE (1852-1861)



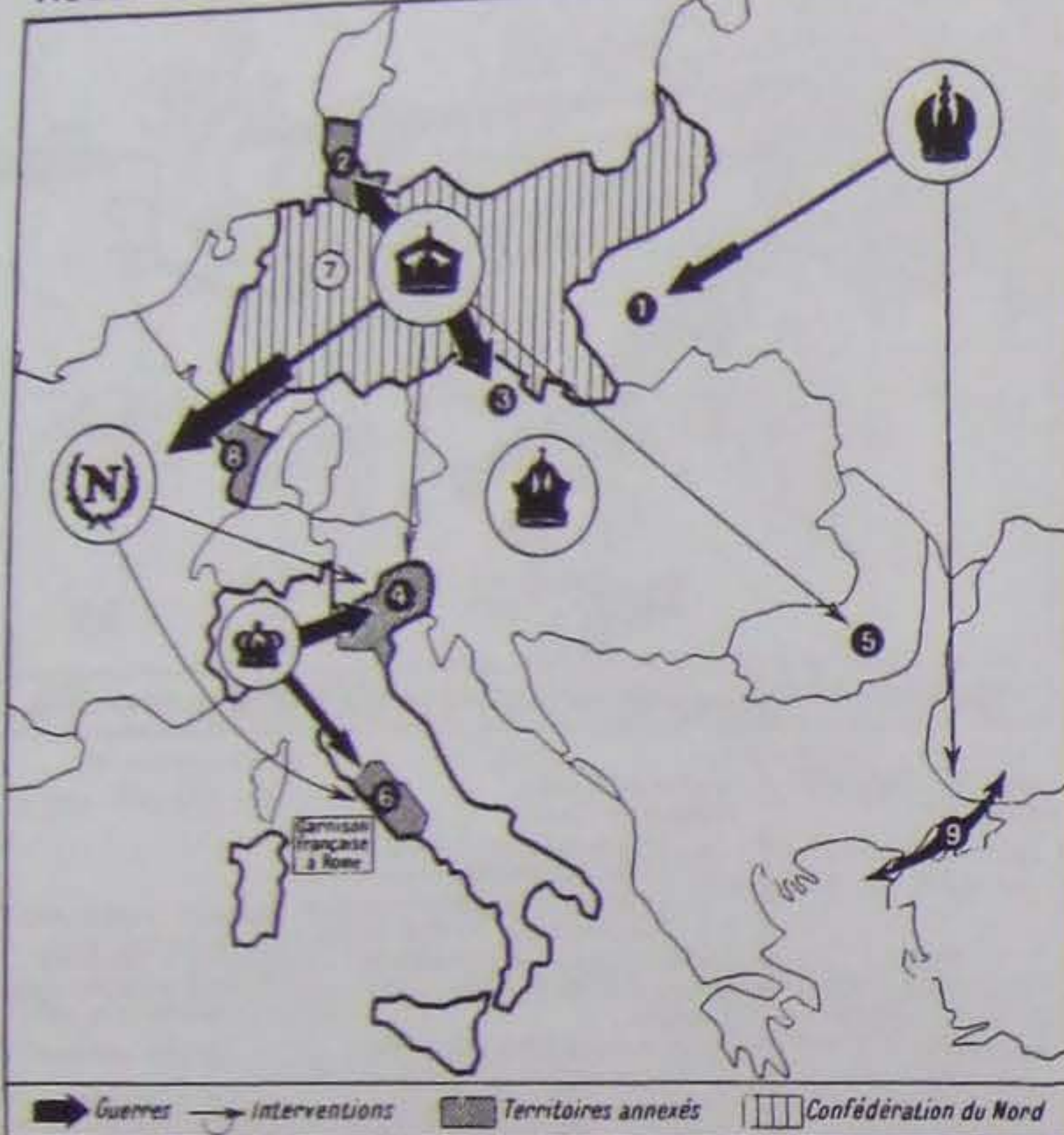
mars 1854-sept. 1855	1 Guerre de Crimée.
mars 1856	2 Congrès de Paris :
	3 Fermeture des Détroits;
	4 Statut international du Danube;
	5 Principautés moldo-valaques;
	6 Garantie des libertés serbes.
	7 Les principautés moldo-valaques s'unissent en « Roumanie ».
	8 Guerre d'Italie (Magenta, Solferino). Le Piémont reçoit la Lombardie.
	9 Unification de l'Italie du Nord.
	10 La France annexe Nice et la Savoie.
	11 Soulèvement de l'Italie du Sud.
	12 Napoléon III laisse les Piémontais traverser les États du Pape (Castelfidardo).

interne : extension des mouvements libéraux, répression réactionnaire, extension de la zone d'influence par les traités ou la guerre...

Toute l'attention est attirée par la silhouette graphique qui tend à définir chaque phase et à l'opposer aux phases voisines. La lecture élémentaire est possible grâce au lexique, mais elle est dirigée par la forme principale qui s'impose au lecteur avant toute considération de détails.  
Ces cartes ne se conçoivent qu'en opposition l'une à l'autre. Elles soulignent alors les raisons du découpage que les auteurs ont cru bon de proposer comme moyen de connaître les principaux traits de l'histoire contemporaine de l'Europe.

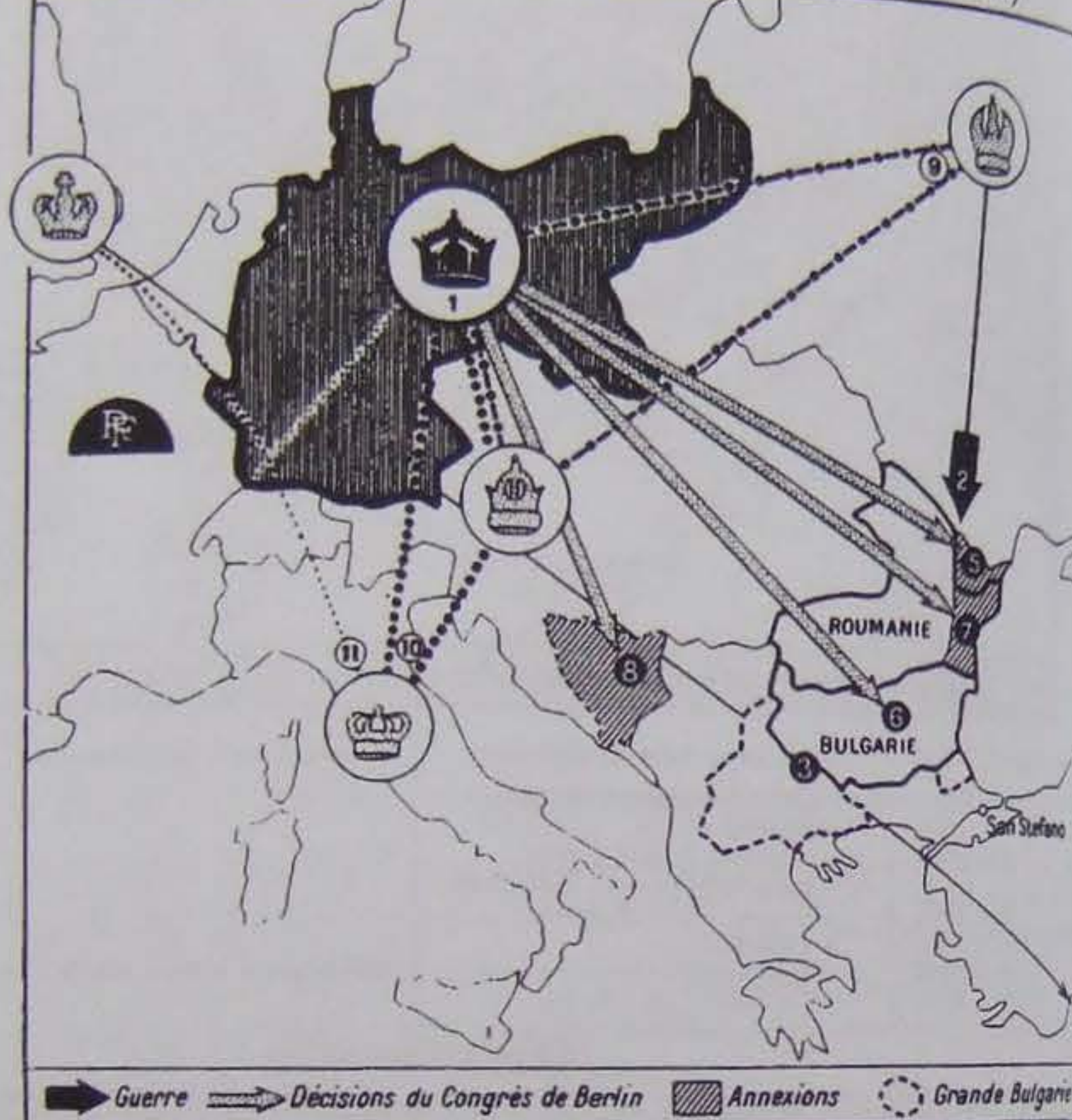


# ASCENSION DES NOUVELLES PUISSANCES (1861-1871)



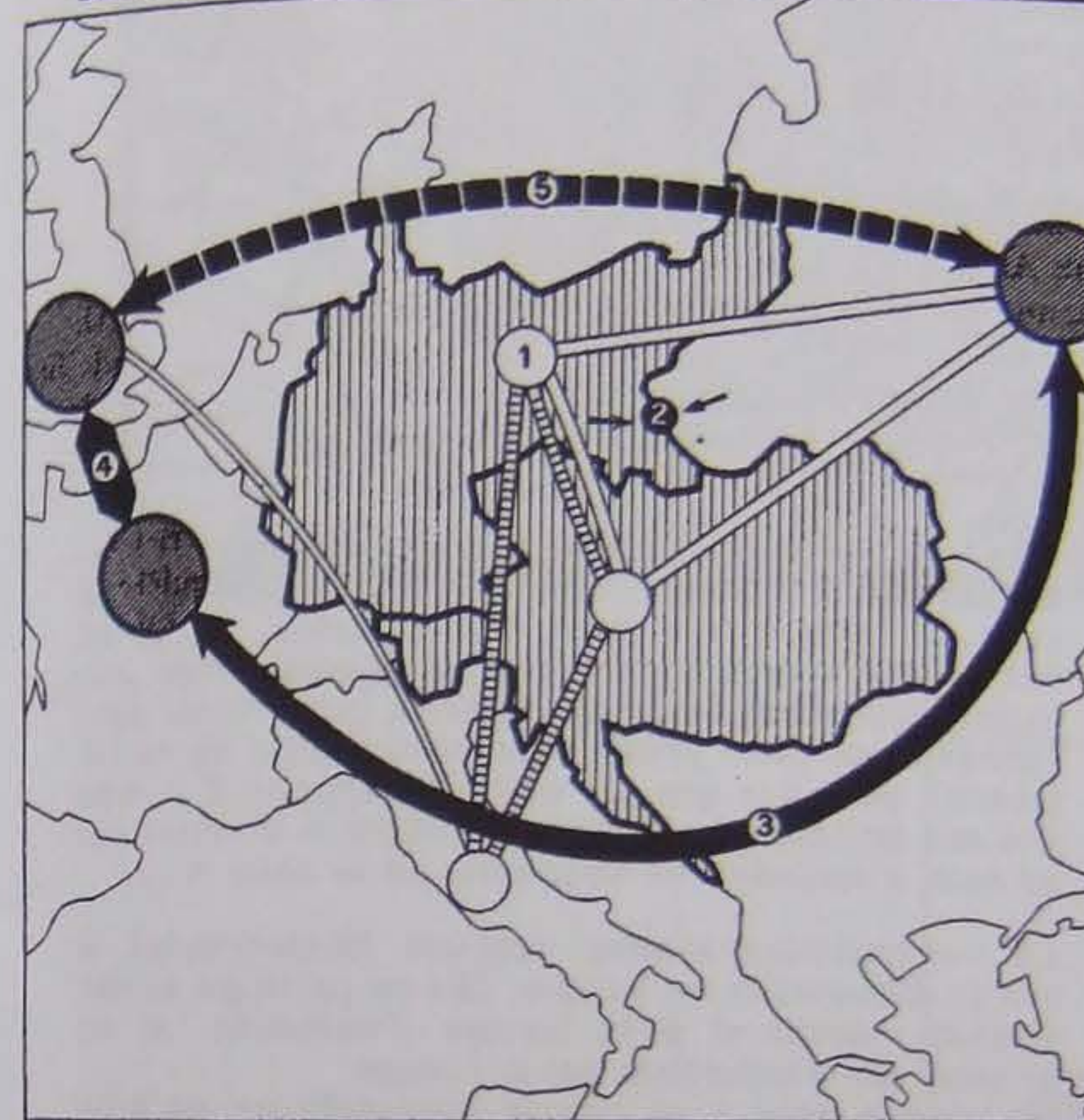
- 1863 1 Insurrection et écrasement de la Pologne.
- 1864 2 Guerre de la Prusse et de l'Autriche contre le Danemark.
- 1866 3 Guerre de la Prusse et de l'Italie contre l'Autriche (Sadowa).
- 1866 4 L'Autriche remet la Vénétie à la France, qui la remet à l'Italie.
- 1866 5 Un Hohenzollern monte sur le trône de Roumanie.
- 1867 6 Napoléon III arrête les Italiens qui menacent Rome (Mentana).
- 1867 7 Formation de la Confédération de l'Allemagne du Nord.
- 1870-71 8 Guerre entre la Prusse et la France, qui perd l'Alsace-Lorraine.
- 1870 9 Les Italiens prennent Rome.
- 1871 9 Les Russes rouvrent les Détroits.

# PRÉPONDÉRANCE ALLEMANDE (1871-1890)



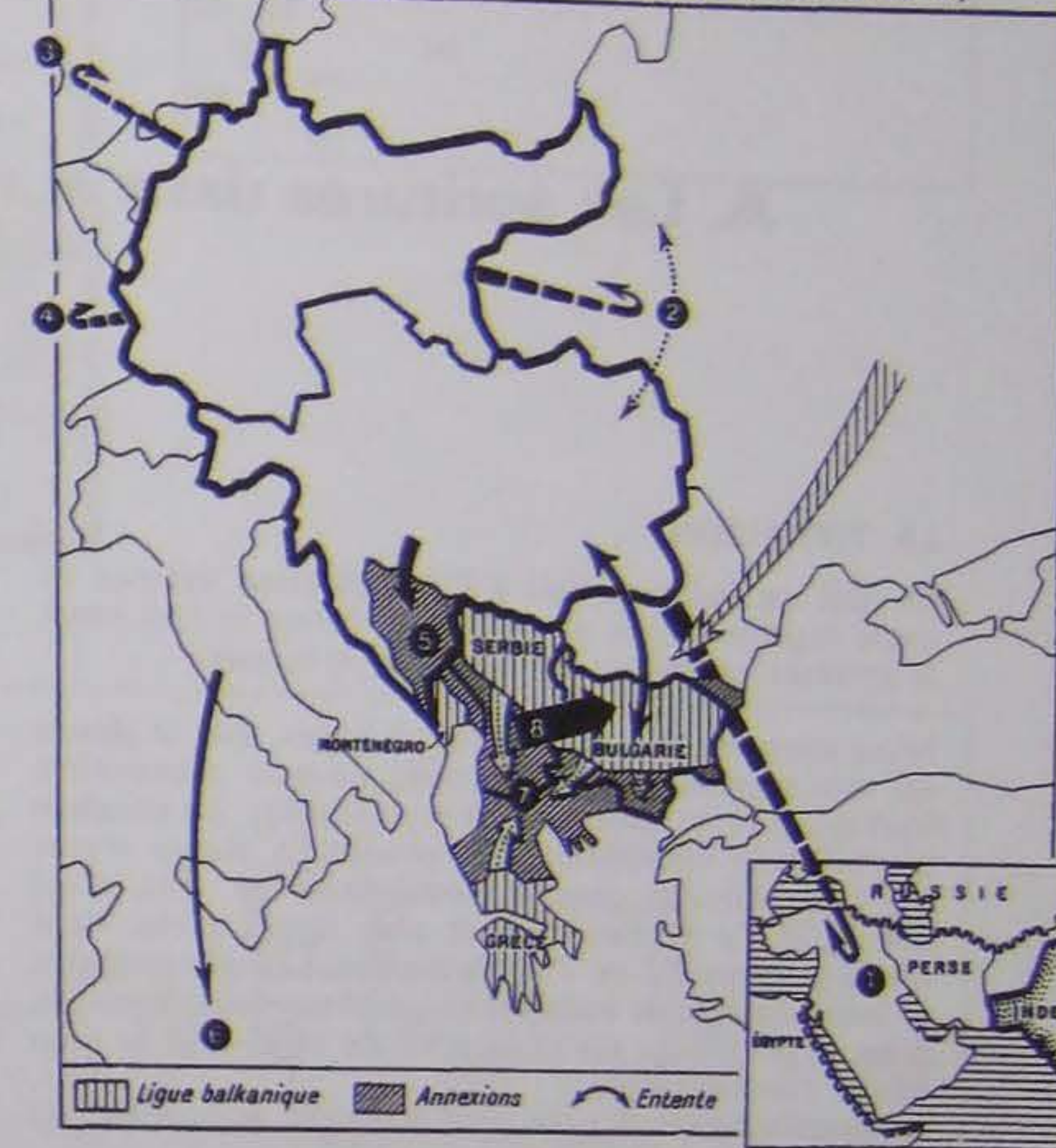
- 1871 1 Guillaume I<sup>er</sup> est proclamé empereur d'Allemagne.
  - 1877-1878 2 Guerre russo-turque.
  - 1878 3 Formation de la Grande Bulgarie (Traité de San Stefano).
  - 1878 4 L'Angleterre acquiert Chypre.
- Congrès de Berlin.**
- 5 La Russie s'agrandit sur la rive gauche du Danube.
  - 6 Fondation de la Petite Bulgarie.
  - 7 Agrandissement de la Roumanie (Dobroudja).
  - 8 L'Autriche obtient l'administration de la Bosnie-Herzégovine.
  - 1881 9 Alliance des Trois Empereurs.
  - 1882 10 Triple Alliance.
  - 1887 11 Entente avec l'Angleterre.

# ÉCHEC AU SYSTÈME BISMARCKIEN (1890-1914)



- 1 Réseau des alliances bismarckiennes.
- 2 Rivalités germano-russes dans l'industrie et l'agriculture.
- 3 1893 : alliance franco-russe.
- 4 1904 : entente cordiale entre la France et l'Angleterre.
- 5 1907 : règlement des affaires litigieuses entre l'Angleterre et la Russie.

# POUSSÉE AUSTRO-ALLEMANDE (1895-1914)



- 1899-1914 1 Entente cordiale entre la France et l'Angleterre.
- 1903 2 Échec d'un rapprochement austro-russe (Mürsteg).
- 1908 3 Échec des conversations anglo-allemandes sur la marine.
- 1902-1911 4 Échec des conversations économiques avec la France.
- 1908 5 Annexion, par l'Autriche, de la Bosnie-Herzégovine.
- 1912 6 Conquête de la Tripolitaine par l'Italie.
- 1912 7 Ligue balkanique (sous influence russe) contre la Turquie.
- 1912 8 Première guerre balkanique et partage de la Macédoine.
- 1913 8 Deuxième guerre balkanique. Les Serbes battent les Bulgares, alliés des Austro-Hongrois.
- 1914 5 Serajevo.



## IV

# ÉCRITURES, INSTRUMENTS, DOCUMENTATION GRAPHIQUE

## A. Les écritures dans la représentation graphique.

### LA TITRAISON

Le mot est indispensable à l'identification externe de toute représentation graphique. Il forme le lien entre le système graphique et les autres systèmes.

Nous avons vu, dès les premières pages, que le dessin est sans signification si le lecteur ne peut reconnaître l'invariant et les composantes représentées. La titraison fournit cette identification et précise en même temps les catégories de chaque composante (p. 19). Ceci acquis, il n'y a pratiquement plus rien à écrire dans un diagramme à 2 ou 3 composantes. Les composantes et leurs catégories mobilisent les deux dimensions du plan, se projettent sur l'ensemble de celui-ci et le qualifient complètement.

La nomenclature interne peut être utile mais n'est pas indispensable à l'image.

### LA NOMENCLATURE INTERNE

Dans un diagramme à plus de 3 composantes, c'est-à-dire lorsque l'information nécessite la perception de plusieurs images, la catégorisation d'une composante de 3<sup>e</sup> dimension peut être confiée à l'écriture. Dans le diagramme "la crise cubaine", p. 264, la composante, "différentes natures de décisions" est diversifiée par l'écriture. Mais on ne peut entrer dans l'image par cette composante, on ne peut voir spontanément où sont tous les "Berlin", tous les "Blocus". Il faut les rechercher un à un.

L'écriture est une variation de forme et celle-ci n'est pas sélective.

On ne confiera donc la diversification d'une composante à l'écriture que si les questions introduites par cette composante ne sont pas préférentielles.

### La nomenclature cartographique.

Les coordonnées géographiques se projettent sur l'ensemble du plan et, comme dans un diagramme, le qualifient complètement.

Mais les points de l'espace sont aussi définis par des sons, créés par l'homme pour résoudre le problème de la compréhension mutuelle. Les sons deviennent nomenclature lorsqu'ils sont écrits et le nom est sou-

vent le seul signal commun à deux systèmes d'information différents. Il est commun à la nature et à la carte, au texte et à la carte, à deux cartes... et de ce fait il est le moyen le plus courant (quoique non universel) pour relier deux informations, pour entrer dans l'image en un point précis mais surtout pour en sortir, (chacun peut lire que tel endroit s'appelle B... mais l'on sait combien il est long et fastidieux d'entrer par un nom, c'est-à-dire de découvrir où se situe A...).

La nomenclature interne requiert (évidemment) le niveau élémentaire de lecture. Elle ne participe ni aux niveaux moyens ni à la lecture d'ensemble. A ces niveaux, elle n'appartient pas à l'image.

On veillera donc à ce que la nomenclature ne gêne pas la lecture aux niveaux moyens et d'ensemble si ceux-ci sont le but de la représentation. Aucune nomenclature n'est nécessaire pour traiter p. 165 l'information, pour la réduire et définir le message de la p. 163 et une nomenclature complète eût faussé toute comparaison.

En conséquence :

On évitera les nomenclatures trop lourdes telle la carte (1), sauf si le seul but de la carte est de mémoriser des noms, dans leurs approximations relations spatiales (cartes murales).

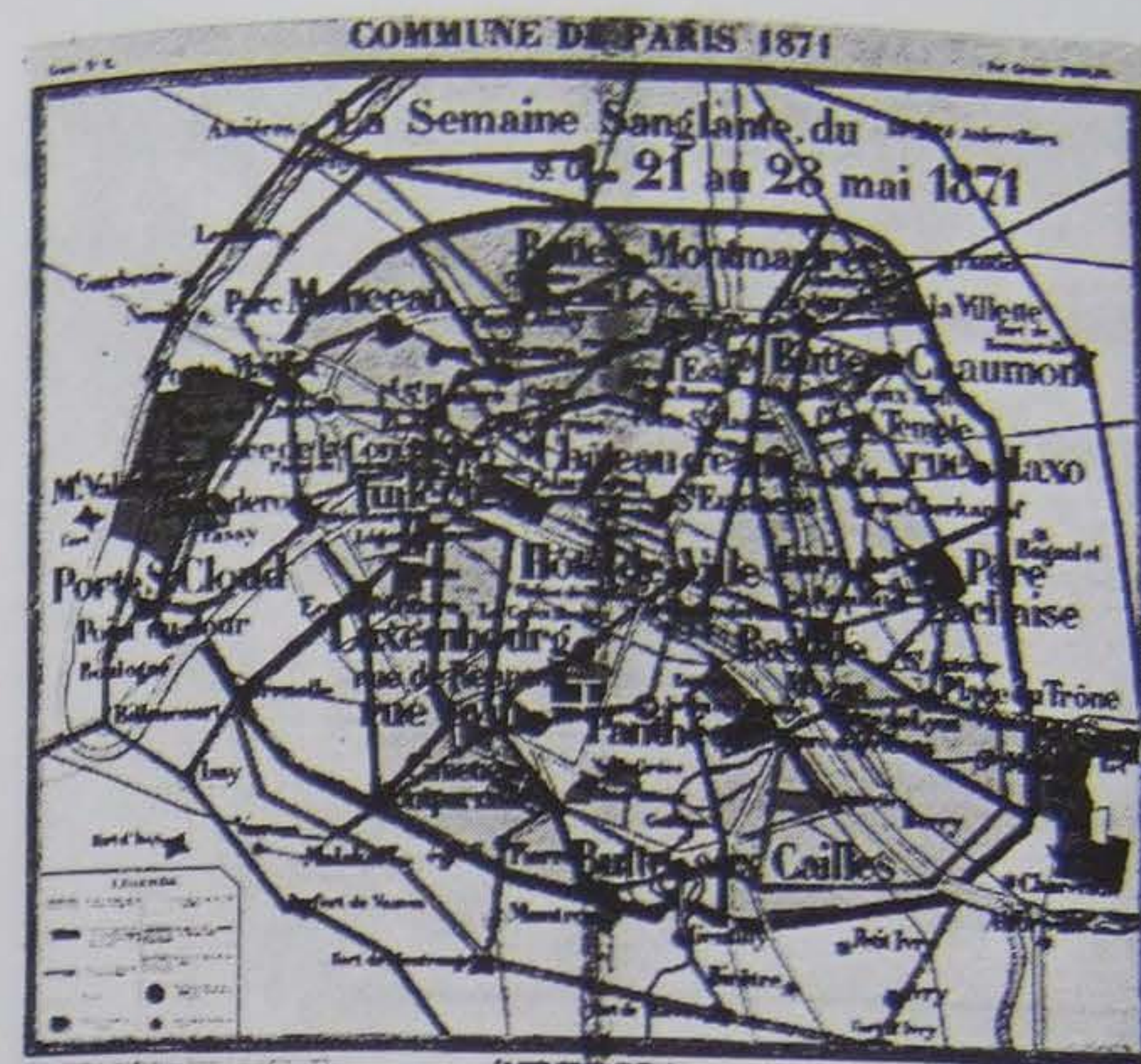
On laissera à la position géographique précise une visibilité supérieure à celle de la nomenclature (2). En effet, pourquoi faire la carte d'un certain ensemble de positions si ce n'est pour juger de la géographie de ces positions, et pouvoir procéder de l'ensemble au particulier.

Pour dégager les positions, on n'hésitera pas à recourir aux renvois (2). Ils assurent la meilleure lisibilité tant aux positions qu'à la nomenclature.

A la limite on remplacera la nomenclature par des numéros, ordonnés sur la carte d'une manière logique, par exemple par bandes de gauche à droite et du haut en bas (3).

Les numéros renvoient à un index classé : 1<sup>o</sup> alphabétiquement; 2<sup>o</sup> numériquement.

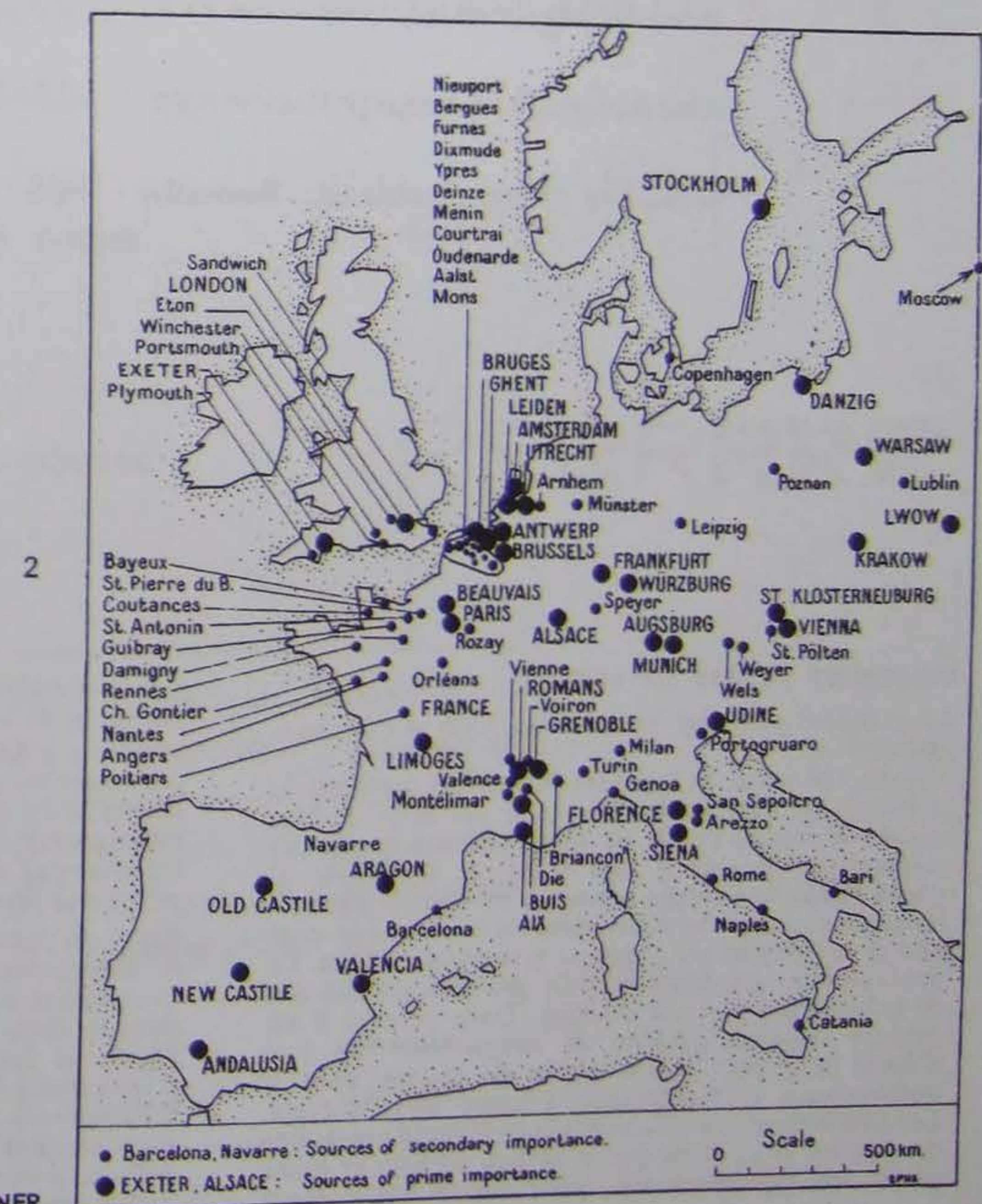
On peut ainsi entrer par un numéro découvert dans la nomenclature alphabétique ou sortir par un nom découvert dans la nomenclature numérique.



1

1	5	9		49
2	6	10		50
3	7	11		
4	8			
51	54	57		99
52	53	59		
	55	58		98
101	103			
102	104	106		
100				
	105			

3



Source pour l'histoire des prix  
1450 1750  
d'après F. BRAUDEL et F. SPOONER



ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

1234567890

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

**ROUE** ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ 1234567890

**1983** abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 12345678910

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 12345678910

Versailles Fontainebleau Rambouillet 1966 1966

# COMMENT ÉCRIRE LA LETTRE

La première propriété de la lettre c'est d'être non-ambiguë.

Combien de noms, de légendes écrites à la main par le rédacteur ne sont lisibles que pour lui seul! Il faut exclure le crayon à bille de toute écriture graphique manuscrite. Un crayon bien taillé est préférable et mieux encore une simple plume et de l'encre noire.

Il faut aussi exclure les minuscules ou adopter une écriture et un alphabet qui dégagent bien chaque lettre. La nomenclature graphique n'obéit pas aux mêmes lois de lisibilité que le texte courant. Dans celui-ci il est presque toujours possible de reconstituer un mot d'après la phrase. Il n'y a pas de phrase dans la nomenclature cartographique. Chaque lettre compte. Les alphabets manuscrits dessinés en (1) sont à la portée de chacun. Il ne suffit que d'un peu de soin et d'une plume fine légèrement usée pour réussir une écriture

lisible et régulière, qui résout l'essentiel des problèmes courants de nomenclature graphique.

Mais on n'hésitera jamais à écrire à la machine, à découper les mots et à les coller à leur place. Il faut veiller à ce que les caractères soient bien noirs. La lettre préfabriquée (Lettraset, Craftint...) que l'on peut reporter par simple pression permet à chacun de composer des titres et légendes de parfaite qualité.

Enfin on peut demander à un imprimeur de composer la nomenclature des dessins. Quelques termes sont nécessaires pour identifier les variables qui entrent dans la diversification des lettres. Ils sont exposés en (2) et les appellations classiques des différents types d'alphabet en (3).

L'imprimeur fournit quelques exemplaires de la composition tirés sur papier couché ou sur "Stack" autocollant. Il ne suffit plus que de les découper et les coller à leur place.

## VARIATION DE FORME

### LES DIFFÉRENTES LETTRES

ABCDEFGHIJKLMN

### LE TYPE D'ALPHABET

Rr Rr Rr Rr Rr Rr  
Rr Rr Rr Rr Rr Rr  
Rr Rr Rr Rr Rr Rr

### LA LARGEUR DES LETTRES

R R R R R R R

### L'ÉCARTEMENT DES LETTRES DANS LE MOT

RIRE RIRE RIRE R I R E

## VARIATION DE TAILLE

### LE CORPS

R R R R R R R R

## VARIATION DE VALEUR

### LA GRAISSE

RRRRRRRRRR

R	majuscule	capitale
r	minuscule	bas de casse

R	bâton	antique
R	bâton basé	égyptienne
R	plein et délié	elzévir

R	droit	romain
R	penché	italique



## B. Instruments

### Les séries de traitement.

Un traitement graphique conduit à dessiner de nombreuses courbes, de nombreux diagrammes, de nombreuses cartes. Pour être pratique et efficace :

- le format doit se rapprocher autant que possible de 21 x 27 cm ou 42 x 27 cm.
- le fond commun à une série ne doit être dessiné qu'une fois et reproduit mécaniquement.

On consacrera au premier dessin le soin et le temps nécessaires après quoi une maison de "tirages de plans" fournira autant de reproductions sur calque qu'il faudra. Le prix d'un tirage à 10, 20 ou 100 exemplaires est sans commune mesure avec le temps économisé et avec le gain d'exactitude.

Pour le dessin à l'encre, éviter le calque ordinaire blanc dit "calque végétal", il ne supporte pas l'humidité de l'encre et "gondole". Prendre de préférence le calque "Sihplex".

### SUR QUOI DESSINER?

Le rédacteur graphique rencontre successivement deux problèmes : l'inventaire, le premier report des données sur le papier, les *dessins de traitement* qui doivent pouvoir être reproduits à quelques exemplaires pour être découpés, classés de diverses manières, communiqués, et dont un choix sera imprimé.

#### Les inventaires.

L'inventaire se dessine sur des documents déjà "renseignés", aussi complets que possible.

*Papiers préparés pour les diagrammes* : on trouve dans le commerce du papier millimétré - à 1 mm, à 2 mm (souvent beaucoup plus commode) en feuilles 21 x 27 cm, 50 x 60 cm et en rouleaux de 10 m sur 105 cm.

du papier log. et double log. suivant de nombreux modules (ne pas confondre avec les papiers gaussiens) des papiers triangulés (pour les graphiques triangulaires)

des papiers polaires

Ils sont disponibles en bleu ou en bistre, sur papier ou sur calque transparent. On choisira le calque pour permettre des reproductions rapides. On choisira le bistre si l'on désire que la trame millimétrée apparaisse dans la reproduction, et le bleu dans le cas contraire.

#### Fonds de carte.

Chaque fois qu'il s'agit de positions ponctuelles précises, il faut acheter plusieurs exemplaires de la carte convenable, topographique, régionale, nationale... et pointer directement sur la carte. Si la carte est trop chargée, en faire des photographies légèrement atténuées (bromure en gris) et pointer sur ces bromures, au crayon ou à l'encre en utilisant s'il y a lieu les couleurs (p. 309).

Il faut éviter autant que possible de dessiner soi-même le quadrillage des diagrammes, le fond de carte d'inventaire, ou de dessiner sur un calque placé sur la carte topographique.

Si ce dernier moyen semble inévitable, on emploiera de préférence le Kodatrace (qui est un des supports les plus transparents) que l'on fixera sur la carte à l'aide de papiers adhésifs (Scotch, Tesa-film).

### LA REPRODUCTION DE TRAITEMENT

Les moyens de reproduction sont maintenant très nombreux car les appareils de bureau sont souvent utilisables.

Il faut séparer les reproductions avec changement d'échelle pour lesquelles la photographie reste le moyen le plus souple, et les reproductions sans changement d'échelle (reproduction "tel") pour lesquelles de nombreux procédés sont accessibles.

#### La reproduction sans changement d'échelle.

- La thermocopie (appareils de bureau type "Secrétary", "Thermofax"...)
- L'original peut être opaque ou transparent
- Le tirage est toujours opaque (ou translucide) de qualité très insuffisante pour la plupart des problèmes de traitement.
- Ne peut être employé que pour reproduire des dessins définitifs.
- Les tirages ne se conservent pas plus d'un an.
- Tirage optimum 1 à 5 - format courant 21 x 27.

#### Les procédés magnétiques (type "Xerographie").

- Original opaque ou transparent.
- Tirage sur n'importe quel papier, qualité insuffisante pour le traitement graphique (les aplats noirs se reproduisent très mal)
- Employés pour reproduire des dessins définitifs peu chargés.
- Conservation excellente.
- Tirage limité - 5 à 6 à la minute - format maximum 23 x 36 cm.
- Machine onéreuse - en location généralement.

#### La Photocopie (appareils de bureau type "Regma").

- Original opaque ou transparent
- Tirage opaque (bromure) ou transparent (film) excellente qualité - Bonne conservation.
- Tirage optimum très limité, sinon le procédé devient onéreux. Sert surtout à transférer un document opaque sur un film, ou à obtenir 1 ou 2 bromures. Format maximum des grands appareils : 40 x 40 cm.

L'héliographie ou procédé "diao" (appareils de tirage de plan Dorel, Photosia...).

Ces appareils vont du plus simple au plus perfectionné et se divisent en deux catégories : les appareils à sec, avec développement au gaz (ammoniaque), les semi-humides avec développement automatique au bain. Ce sont des appareils à déroulement, la longueur des documents est donc illimitée, la largeur varie de 60 à 150 cm.

- Original transparent.

- Tirage transparent (contre-calque, "océ-calque") ou sur papier (diverses épaisseurs disponibles). Bonne qualité - Pour avoir la meilleure qualité possible on dessine à l'envers du calque, le trait est en contact avec le tirage ce qui élimine la diffusion de la lumière.

- Conservation 1 ou 2 ans à l'abri de la lumière.

- Tirage optimum de 1 à 50.

C'est dans bien des cas le procédé le mieux adapté aux traitements graphiques.

#### La zincographie.

Lorsqu'il est nécessaire d'avoir de très nombreux tirages (à partir de 50) sur calque ou papier, et de très bonne qualité, l'imprimerie devient le moyen le moins coûteux en même temps qu'elle assure la meilleure qualité.

Les grandes maisons de tirage de plans traitent le problème sur de petites rotatives et généralement en "offset".

Attention, bien préciser si l'on désire le tirage sur calque en recto (indispensable pour donner ensuite à l'éditeur) ou verso (ce que les maisons de tirage sont habituées à faire si rien n'est précisé) ou enfin recto-verso (ce qui n'est pas généralement recommandé).

#### Le procédé à la gélatine.

Original transparent de n'importe quel format (par exemple 100 x 200 cm). Le procédé permet une dizaine d'exemplaires sur n'importe quel papier et en n'importe quelle couleur.

Mais les traits sont "grignotés" par le grain de la gélatine et les tirages ne peuvent pas servir à une édition correcte. On évitera ce procédé dans les problèmes courants.

#### Le stencil électronique.

Original opaque ou transparent.

Des maisons spécialisées transfèrent électriquement le dessin sur un stencil et celui-ci a toutes les propriétés d'un stencil de machine à écrire. Il peut donc être reproduit dans une tireuse à plusieurs centaines d'exemplaires.

#### La réduction photographique.

Lorsqu'on doit changer d'échelle entre l'original et les tirages, il suffit de demander une réduction photographique.

Elle peut être fournie sur papier opaque (bromure) ou sur support transparent (film positif) après quoi elle est utilisable dans tous les procédés que nous venons de voir.

Pour indiquer une réduction photographique il faut tracer deux barres visibles et indiquer à quelle dimension leur distance doit être ramenée. Il faut dessiner (1).



A B à 21 mm

1

### AVEC QUOI DESSINER?

Jamais avec un crayon à bille.

Jamais à l'encre bleue, sauf pour ce que l'on ne veut pas voir reproduit; l'encre bleue disparaît de la plupart des moyens de reproduction.

De tous les moyens de traçage actuels, la plume est encore l'instrument le plus commode.

La plume recommandée pour tous et dans tous les cas est la *Gillott's artist's pen 1950*, elle est assez résistante et fournit des traits réguliers. Elle se nettoie bien, donne des finesses suffisantes. Un peu usée (on peut le faire soi-même sur une pierre à affûter) elle n'en est que meilleure.

Le porte-plume Gillott est préférable à tous les autres. C'est aussi le plus simple.

Les petits cercles se font au "compas balustré", les traits réguliers au "tire-ligne" ou au "rapidographe", les effaçages de crayon à la gomme plastique, les grattages d'encre au grattoir, la lame de rasoir est déconseillée.

Une correction à faire dessiner s'indique d'une manière bien précise : barrer à l'encre jaune tout ce qui est à supprimer, dessiner à l'encre rouge tout ce qui est à rajouter après suppression.

Ces indications ne doivent jamais être portées sur le dessin original mais sur un calque solidement fixé dessus.

On recommande enfin d'employer l'encre de chine noire en bouteille, de disposer d'un grand chiffon pour nettoyer les instruments le plus souvent possible et d'avoir les mains toujours très sèches.

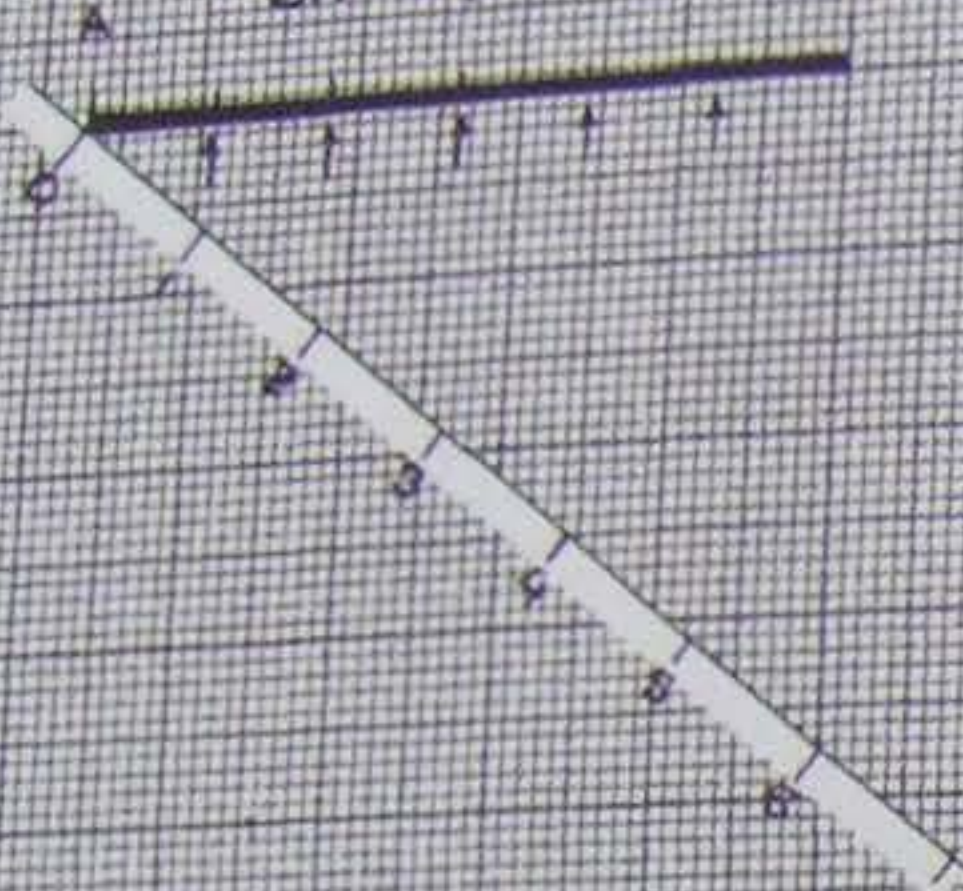
### ABAQUES.

On trouvera dans les pages suivantes les quelques abaques fondamentaux qui permettent d'effectuer rapidement les séries de calculs nécessaires à la représentation graphique.

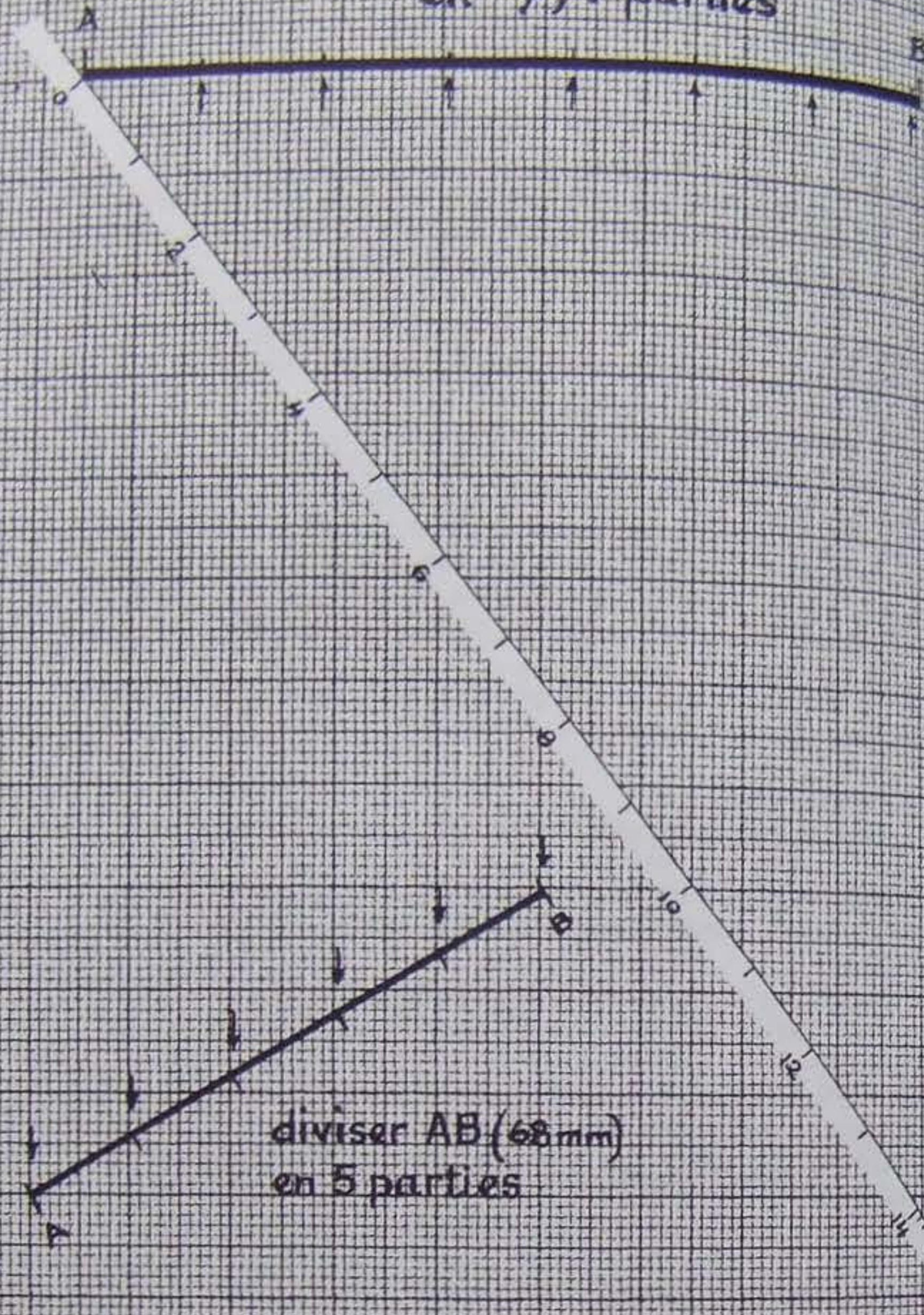
Ils fournissent une précision toujours supérieure à celle requise par le dessin, compte tenu de l'erreur graphique.



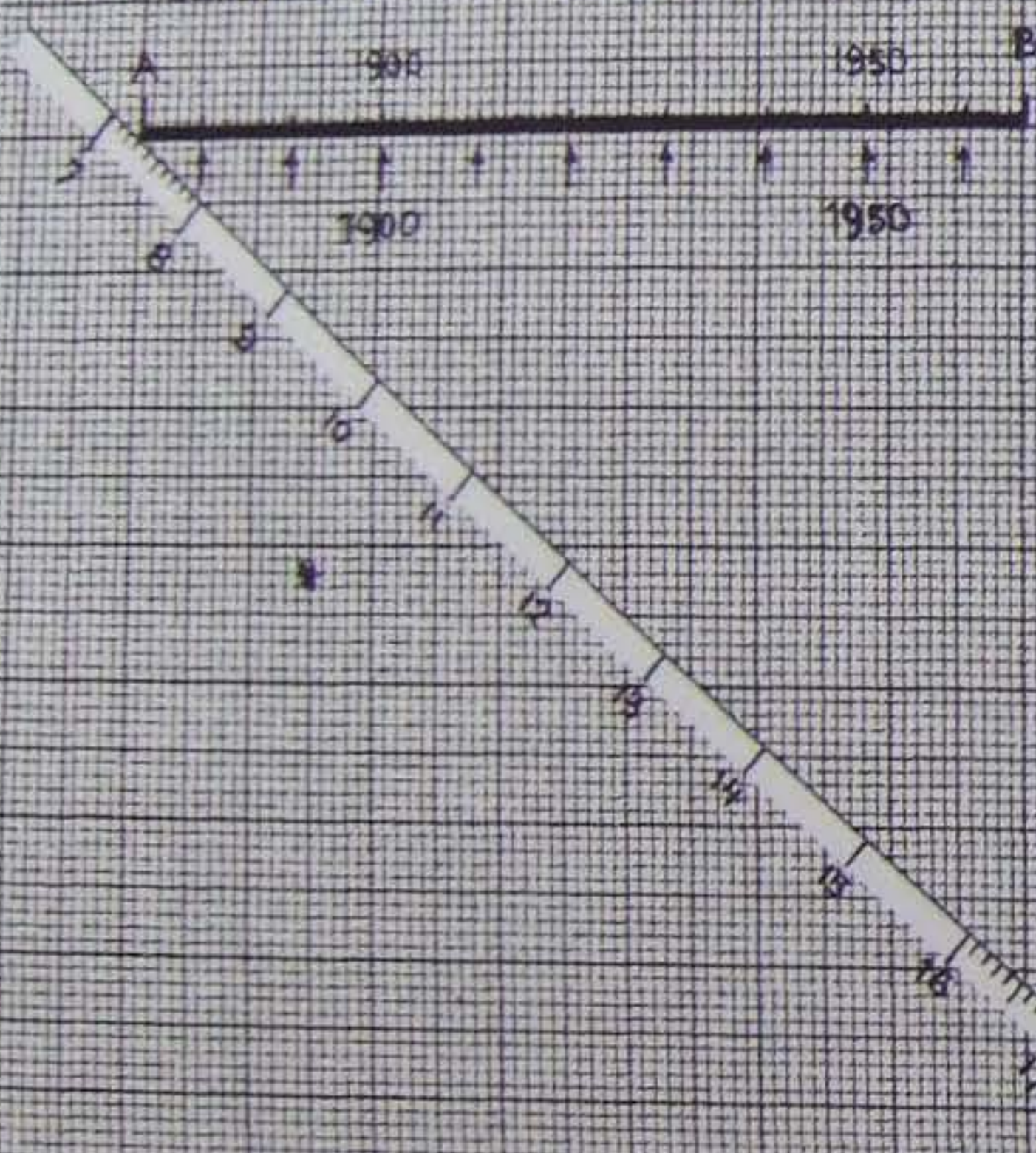
diviser AB (47mm)  
en 6 parties



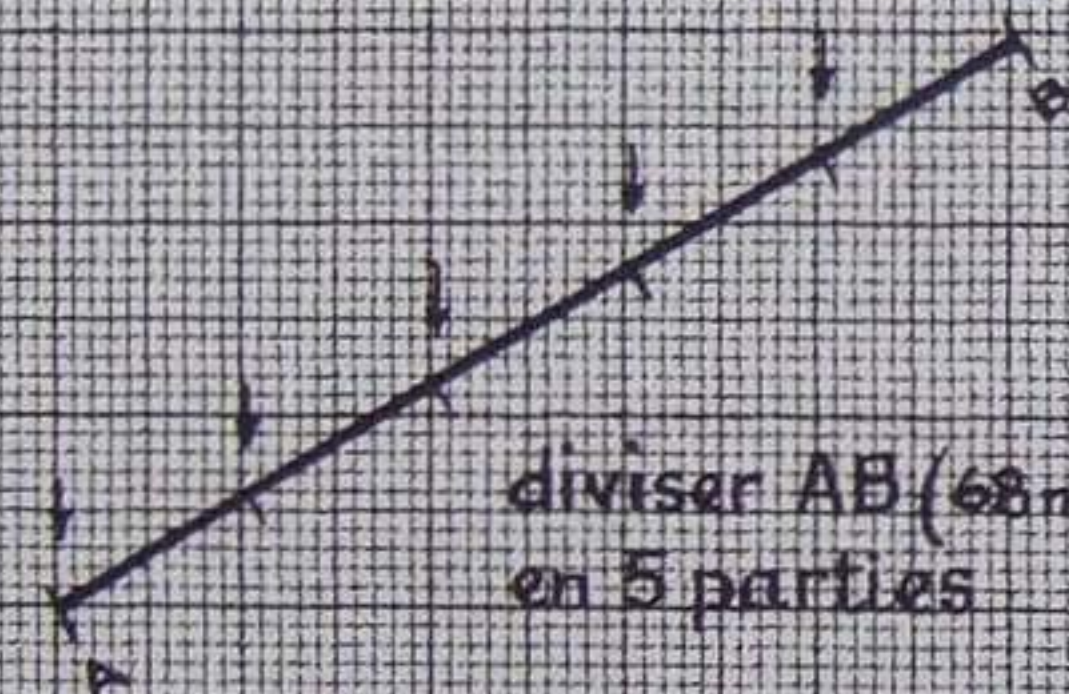
diviser AB (86mm)  
en 7,1 parties



représenter sur AB (70mm)  
les dates entre 1873 et 1966

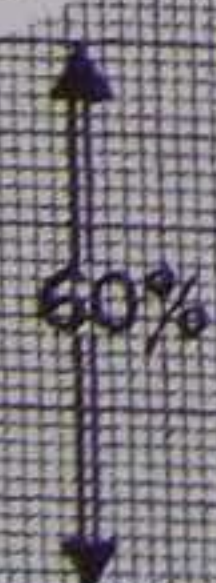


diviser AB (68mm)  
en 5 parties



$A < B$   
 $A = x\% \text{ de } B$

Ex:  $680 = 60\% \text{ de } 1130$



$A < B$   
 $B = x\% \text{ de } A$

Ex:  $1130 = 166\% \text{ de } 680$

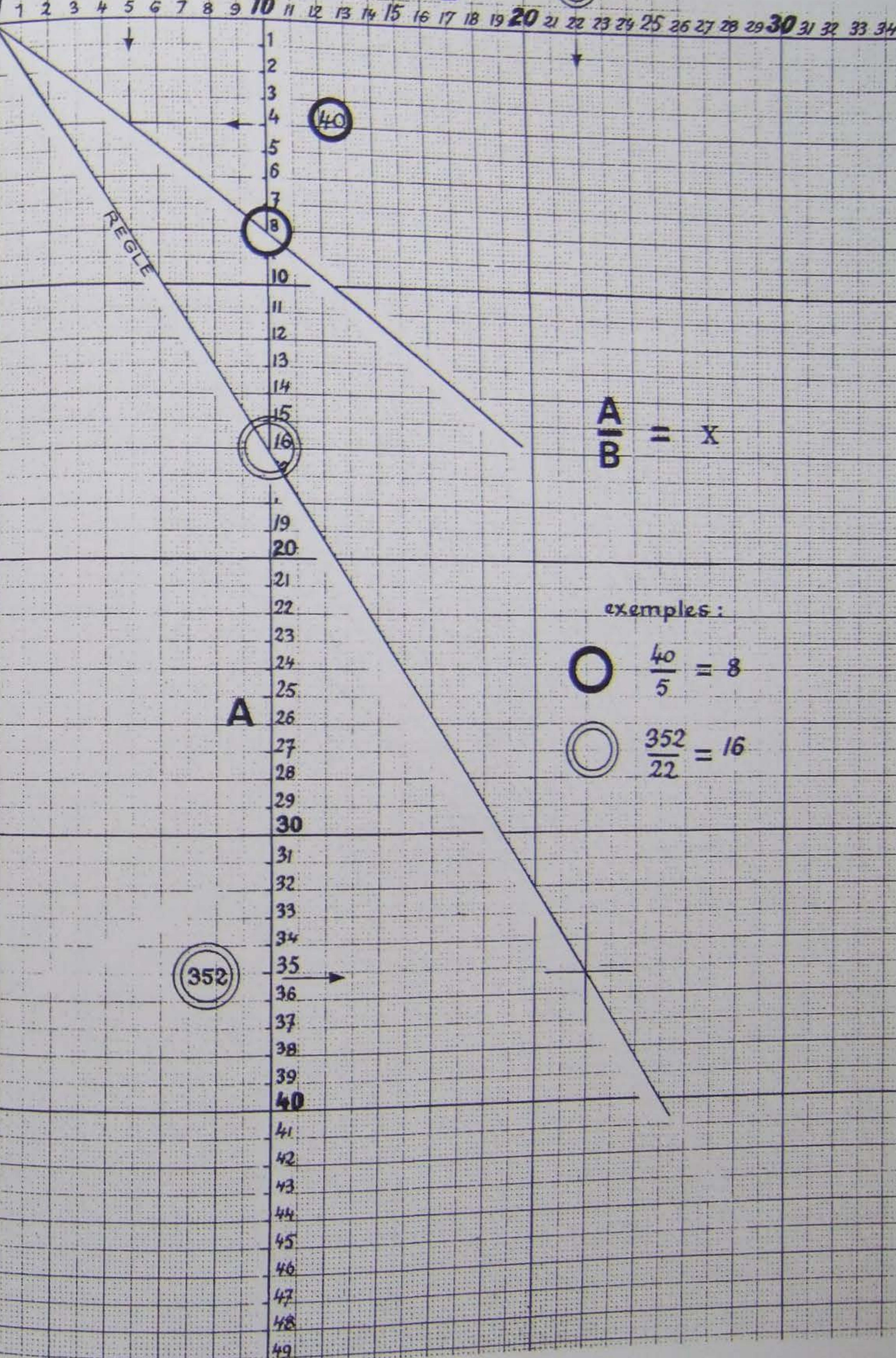


épinglé

5

B

22



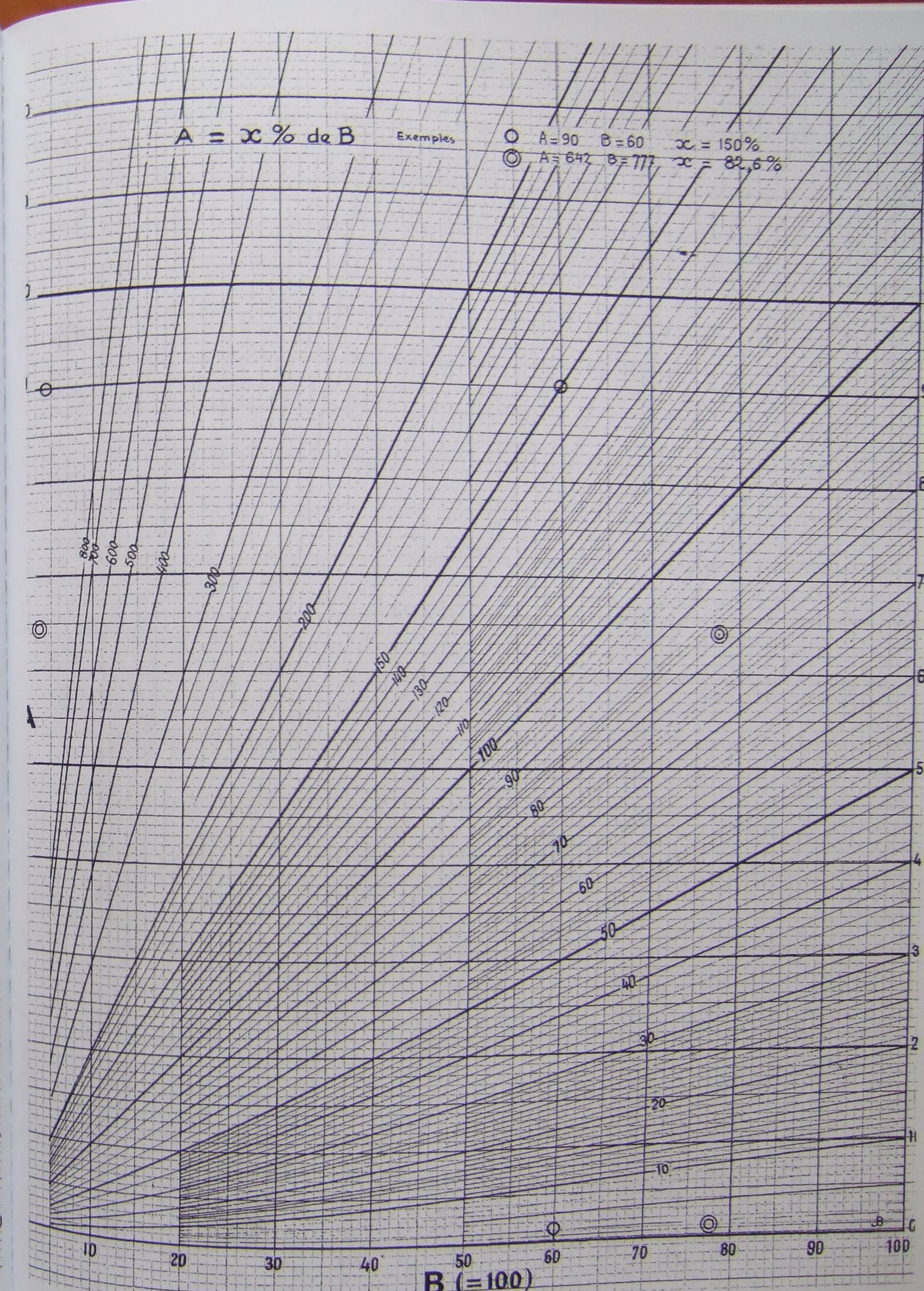
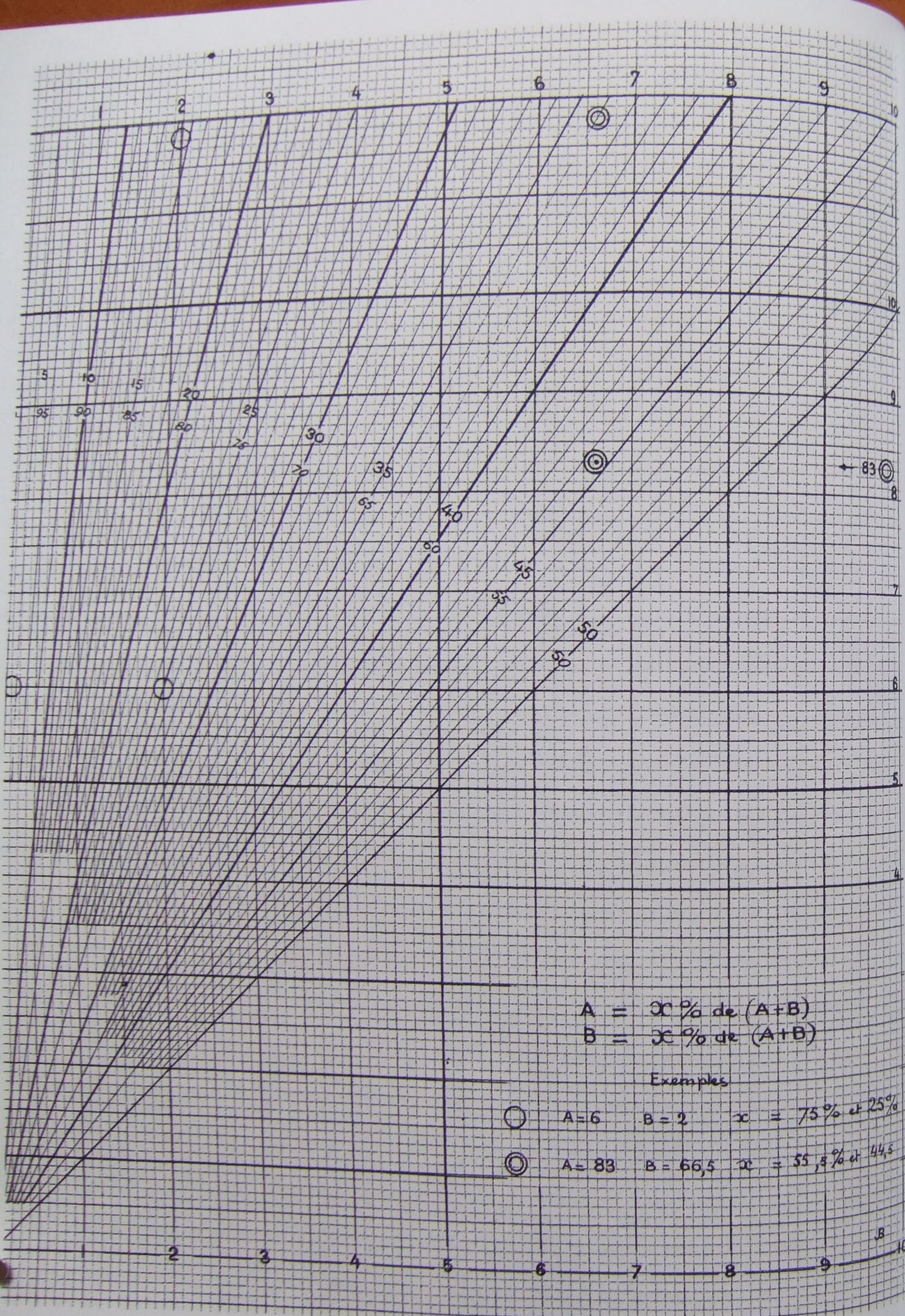
$$\frac{A}{B} = x$$

exemples :

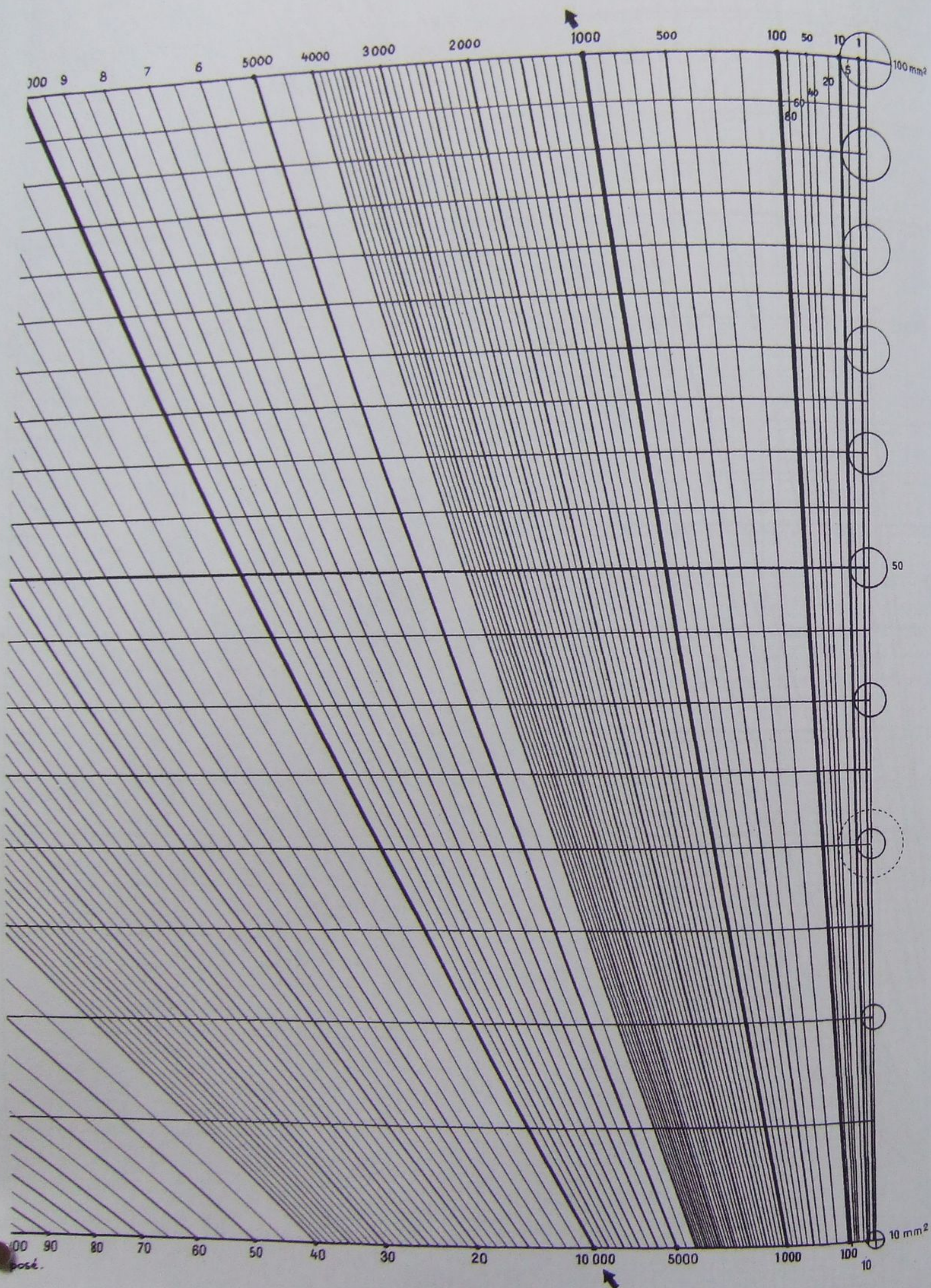
$$\frac{40}{5} = 8$$

$$\frac{352}{22} = 16$$









### RAYONS DES CERCLES DE SURFACE $S = Q$ ( $Q$ étant la série quantitative)

Après avoir déterminé la dimension du cercle unitaire de 1, 10, 100, 1000 unités, l'abaque permet d'obtenir le rayon du cercle correspondant à n'importe quelle quantité.

#### Exemple :

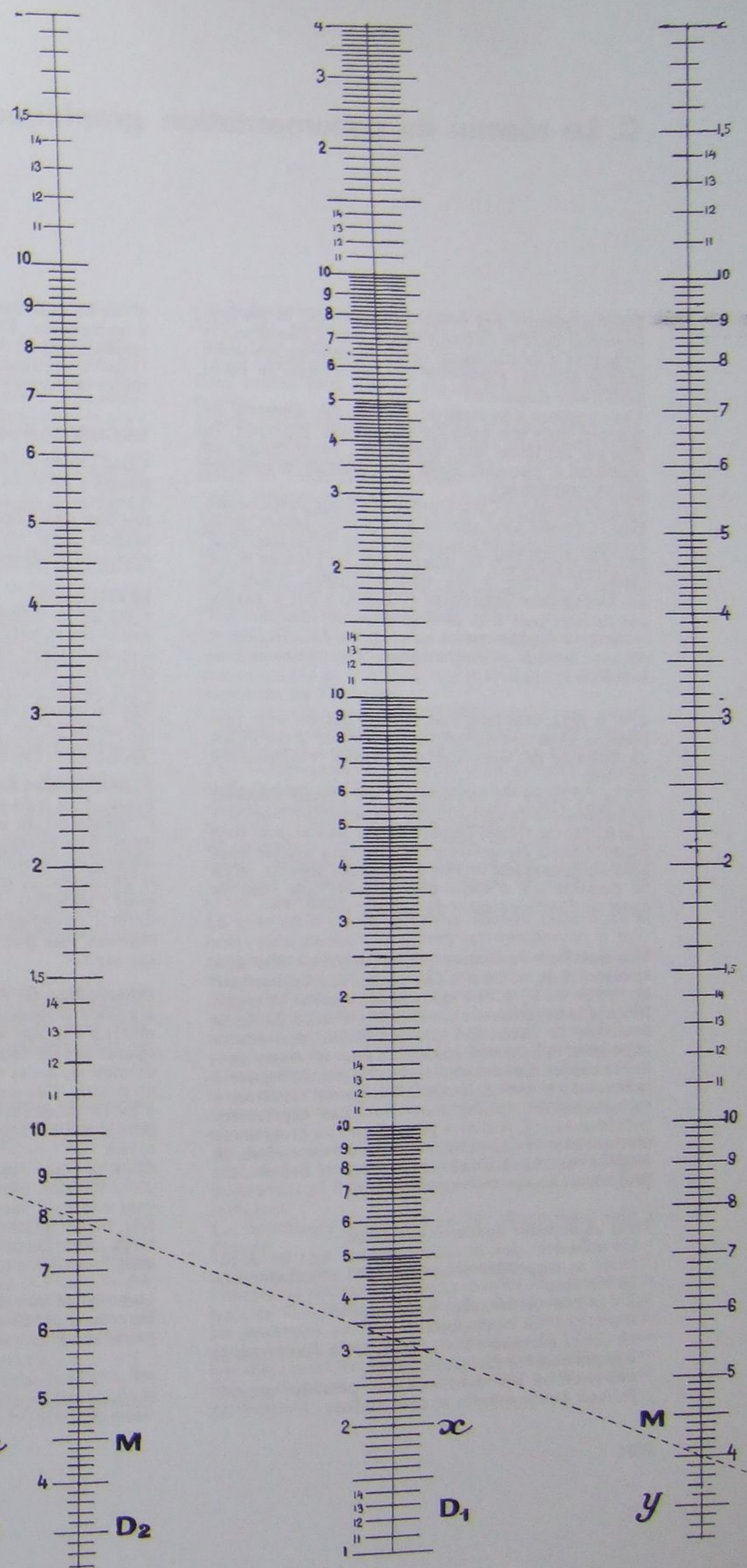
Soit un cercle de 3 mm de rayon environ pour représenter 10 unités de la série quantitative.

Cette définition détermine la ligne horizontale (soulignée par le cercle pointillé) sur laquelle toute quantité trouve le rayon de son cercle proportionnel. Ainsi 50 à comme rayon celui du cercle pointillé, et 2000 un rayon de 43 mm 5, qu'il suffit de prendre directement avec le compas.

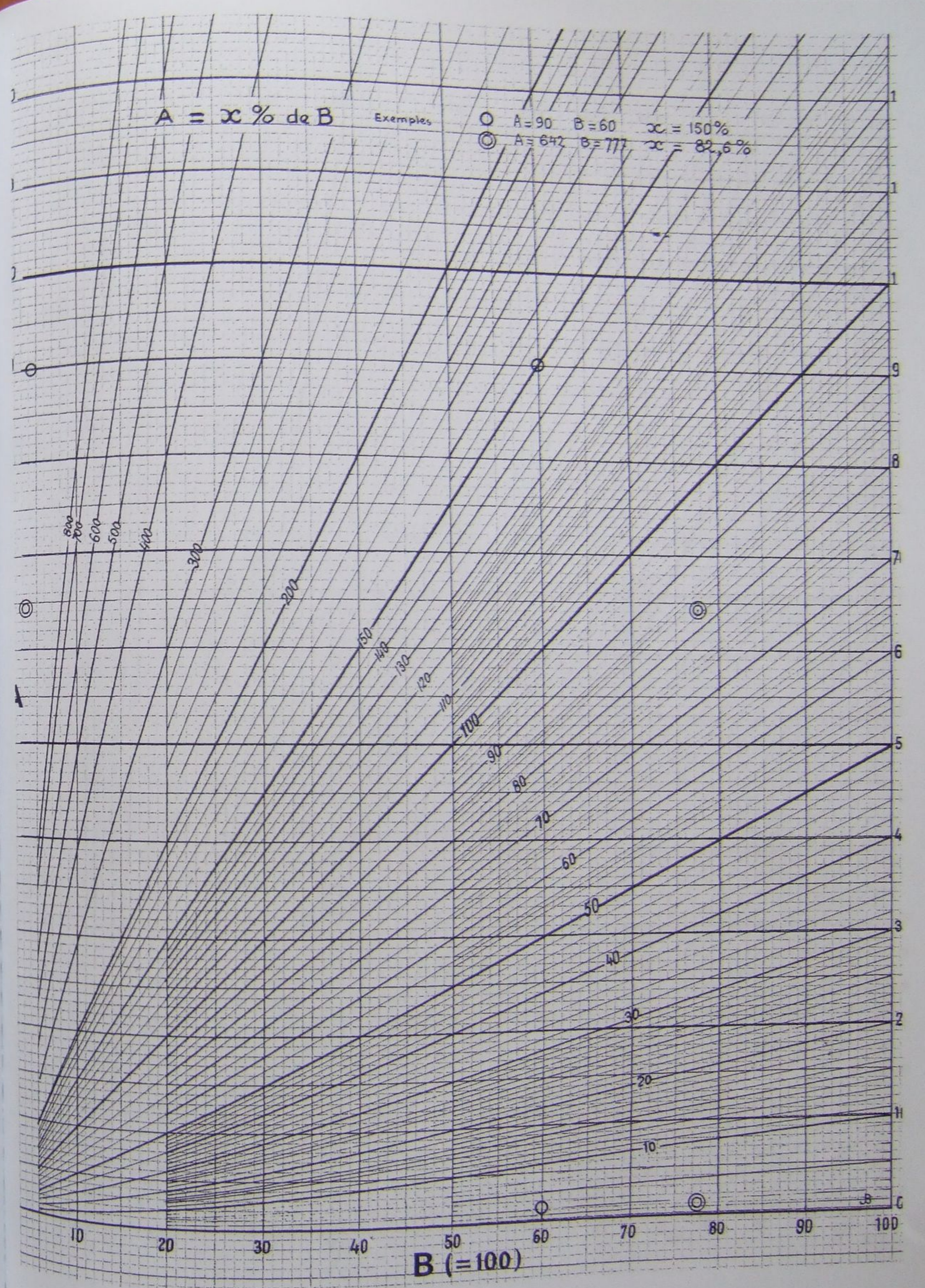
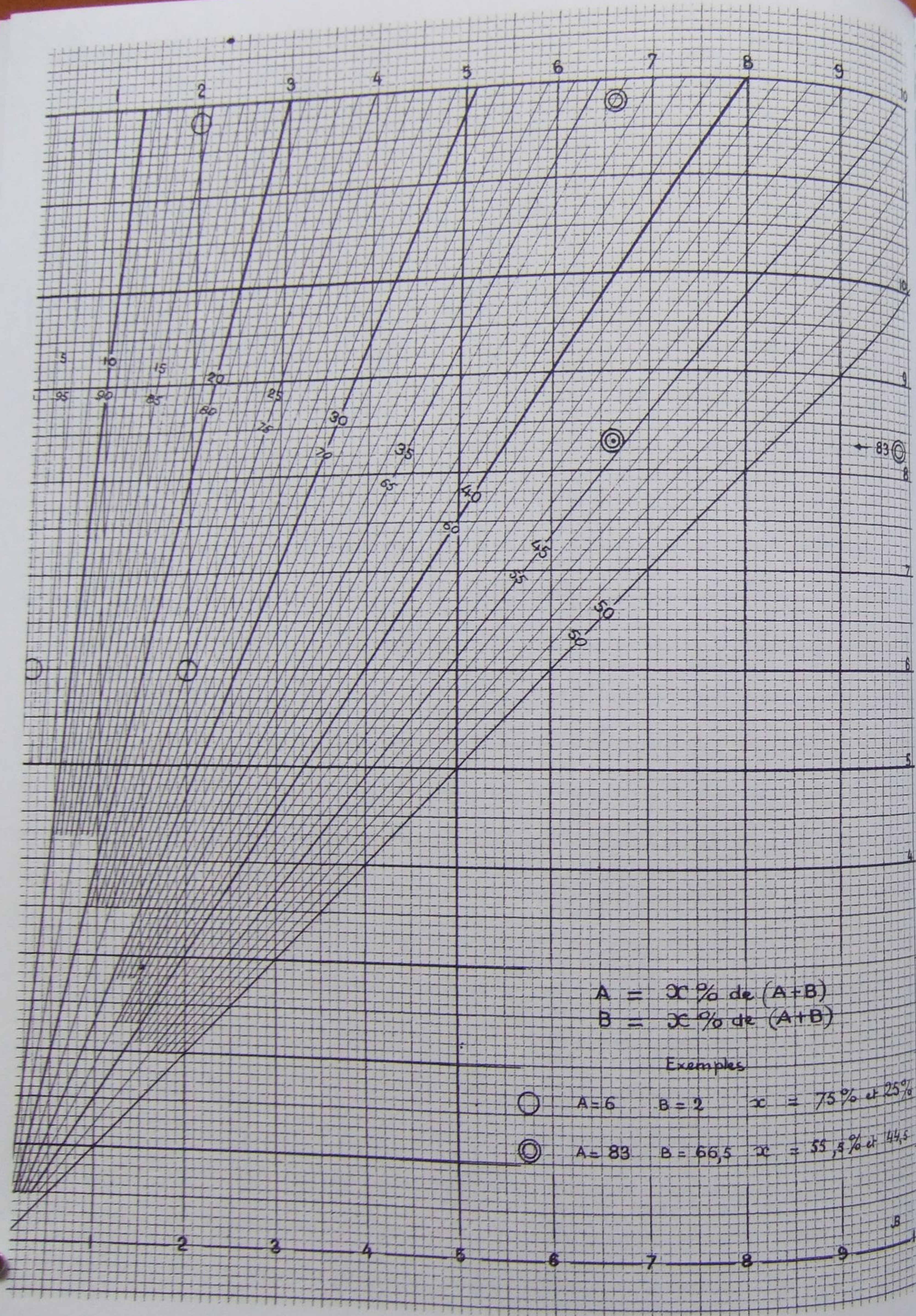
### MULTIPLICATIONS et divisions rapides

$$M \times M = x$$

$$D_1/D_2 = y$$









## C. Le réseau de documentation graphique.

Dans la plupart des domaines d'activité, et particulièrement dans le domaine des sciences humaines, la recherche d'un document précis devient un problème long et difficile. Existe-t-il? Et, dans ce cas, où est-il, peut-il être emprunté?

Ces questions commencent à avoir des éléments de réponse, mais une question d'un niveau supérieur est déjà sur les lèvres des chercheurs : Étant donné un problème à résoudre, quels sont tous les documents qui s'y rapportent?

Le Laboratoire de Cartographie de l'École Pratique des Hautes Études s'est attaché à ce nouvel aspect de la documentation en ce qui concerne les documents graphiques, c'est-à-dire les diagrammes, les réseaux et les cartes. Il a créé à cet effet le Centre d'Analyse des Documents Graphiques (C.A.D.G.) qui a adapté aux dessins, puis à la photographie, les résultats des recherches fondamentales menées par J.C. Gardin et par la Section d'Automatique Documentaire du C.N.R.S.\*.

Le C.A.D.G. peut faire état, aujourd'hui, de deux réalisations. Elles sont séparées seulement par la définition du domaine documentaire dans lequel l'exhaustivité est visée.

Il s'agit d'abord du domaine des documents existants au Laboratoire de Cartographie. Quoique extrêmement divers, dans le temps, l'espace ou par leur nature, tous les documents répondant à une question précise sont accessibles dans leur totalité en quelques instants. Mais ce domaine n'a d'utilité documentaire que dans le cadre du fonctionnement du Laboratoire.

Une deuxième réalisation est en cours, et elle doit atteindre dans un délai d'une année une exhaustivité de l'ordre de 80 %. Il s'agit des documents cartographiques et graphiques concernant la France dans son ensemble (à l'exclusion provisoirement des études régionales) et les zones limitrophes pour les trente dernières années. Cette documentation a été entreprise à la demande et avec l'aide de la Délégation Générale à l'Aménagement du Territoire. Fort des expériences précédentes, le C.A.D.G. a pu envisager un programme plus complet et qui dépasse dans ses perspectives, la simple constitution d'une documentation donnée. Ce programme comporte cinq points :

- Dans un domaine documentaire défini,
- Un utilisateur doit pouvoir connaître tous les documents se rapportant à une question donnée, quelle qu'elle soit,
- Il doit pouvoir consulter les documents,
- Il doit pouvoir les emporter,
- Le temps nécessaire aux opérations de recherche ne doit pas excéder quelques minutes,
- Les lieux où ces opérations sont possibles doivent pouvoir être nombreux et décentralisés.

Remplir tous ces points, c'est construire une chaîne documentaire. Elle constitue le premier élément d'un réseau complet de documentation, décentralisé dans l'espace et capable de se ramifier plus tard à travers toutes les formes de la pensée et de l'expression.

### LA CHAÎNE DOCUMENTAIRE "FRANCE".

Cette chaîne comporte une équipe de recherche, une équipe d'identification et de microfilmage, une équipe d'analyse et de consultation, et un enseignement destiné aux analystes responsables des lieux de décentralisation ainsi qu'aux chercheurs intéressés par les principes d'analyse de l'information.

#### La recherche.

L'équipe de recherche assure l'exhaustivité de la documentation. Chargée des contacts avec tous les organismes détenteurs, elle est habilitée à emprunter pour un temps très réduit et ne dépassant pas en principe trois jours ouvrables, tous les documents qu'elle juge utiles. Elle est chargée de les convoyer jusqu'à l'équipe d'identification, et de les restituer à l'organisme prêteur après le microfilmage.

#### L'identification et le microfilmage.

Pendant les trois jours d'emprunt, une équipe procède à l'identification et s'assure du microfilmage du document. Elle enregistre chaque document, lui donne un numéro et établit une fiche qui sera microfilmée avec le document et qui comporte tous les éléments utiles pour l'identifier : numéro, auteur, ouvrage, édition, dates... Éventuellement elle complète son titre et sa légende. Elle porte le document au microfilmage (voir annexe I).

#### Constitution du Fichier-Documents.

L'équipe d'identification, après avoir rendu les documents à l'équipe de recherche conserve la charge des opérations de tirage et de la constitution du fichier-document. A cet effet, le film de reproduction est tiré en positif. Ces deux bobines constituent les originaux à partir desquels seront tirés, soit en négatif, soit en positif les microfilms introduits dans le fichier-documents.

Celui-ci est constitué de pochettes transparentes 150 x 100 mm, portant le numéro du document, et pouvant contenir, suivant les cas un microfilm 75 x 105, ou une, deux, quatre ou six vues 35 x 50 mm, en noir ou en couleur. Dans ce fichier, les pochettes sont classées dans l'ordre des numéros.

#### Le point de vue du consommateur.

Un consultant s'adresse à un documentaliste et lui pose par exemple la question suivante : " Je voudrais consul-

\* Laboratoire de Cartographie et C.A.D.G., 131, Bd Saint-Michel, Paris (5<sup>e</sup>).

ter tous les documents concernant l'évolution des prix textiles en France depuis 1950 ".

Avant de regarder le fichier-documents, le documentaliste utilise d'abord le fichier-analyse et en tire les fiches : évolution, prix textile, 1950, France. Leur superposition fait apparaître les numéros cherchés. Il ne reste plus qu'à sortir du fichier-documents les pochettes portant ces numéros, elles contiennent le microfilm des documents cherchés. Les pochettes sont remises au consultant environ une minute après qu'il ait posé sa question.

Des agrandisseurs-lecteurs sont à sa disposition, et si les documents lui conviennent il peut en demander une copie immédiate, faite en une ou deux minutes, et à l'échelle qu'il désire. La copie immédiate est obligatoire dans la documentation moderne. Elle permet de satisfaire le consultant, et c'est de plus le seul moyen de conserver intégralement la documentation. Tout chercheur connaît les méfaits du système des prêts.

Malheureusement, si le document est polychrome, le lecteur est obligé d'attendre plusieurs jours avant d'en avoir une copie, par ailleurs onéreuse. Cette copie peut être soit une diapositive, mais sa lecture impose un agrandisseur qui interdit les comparaisons, soit un tirage sur papier, mais la reproduction des couleurs est toujours défectueuse et de nombreuses significations polychromes disparaissent.

En fait, la documentation scientifique exclut progressivement la couleur comme variable visuelle significative. L'inconvénient n'est pas grave car on démontre aisément que la couleur peut toujours être remplacée par une autre variable et que, hors des problèmes pédagogiques, son emploi peut être considéré, le plus souvent, comme une erreur de construction graphique.

#### Le Fichier-Analyse.

Le fichier-analyse est la clé de l'opération. C'est lui qui permet à la fois l'exhaustivité et la très grande rapidité. Mais il suppose que l'on ait résolu le problème du code, et qu'une équipe de spécialistes ait analysé tous les documents (voir annexe II).

#### Les propriétés documentaires du système analytique.

La finesse de l'analyse est évaluée de telle sorte qu'une question bien posée sélectionne de dix à vingt documents. Mais le système permet d'élargir ou de réduire le champ de la question, d'en repenser les termes et d'en recueillir la sanction immédiate.

C'est ainsi qu'une question trop fine peut aboutir à une réponse négative. Aucune perforation n'apparaît. Mais le consultant peut choisir parmi toutes les spécifications celle qu'il peut considérer comme la moins nécessaire. S'il n'existe pas de documents relatifs aux "prix de gros", il se rabattra sur "prix". S'il n'existe pas d'évaluations mensuelles, il fera retirer cette spécification et trouvera peut-être des prix annuels...

Notons que par la méthode de l'éclairage renforcé, les fiches font apparaître d'elles-mêmes le domaine dans lequel se trouve le document le plus rapproché. Lors-

que la documentation est exhaustive dans un domaine défini, les réponses négatives sont particulièrement utiles. Elles permettent de déterminer la direction des efforts documentaires et statistiques à entreprendre. Elles évitent dans tous les cas de longues recherches inutiles.

Lorsqu'une question est trop large, le fichier analytique fait apparaître une grande quantité de documents. Il est évident qu'une question ainsi posée : "Tous les documents sur l'agriculture française" fera apparaître plusieurs milliers de trous. Le consultant s'aperçoit alors qu'il lui faut affiner sa question et le système d'analyse devient un guide de réflexion. Notons enfin que toute réponse positive, outre l'intérêt documentaire, apporte le moyen de déceler des doubles, des triples emplois, c'est-à-dire les études de même nature effectuées en même temps par plusieurs organismes.

#### La décentralisation de la documentation.

La documentation "France" peut à l'heure actuelle être consultée au C.A.D.G. et à la Délégation à l'Aménagement du Territoire.

Nous appellerons ce point décentralisé un centre "abonné" à la documentation "France". Il dispose de l'ensemble des documents analysés jusqu'à ce jour, et d'un fichier-analyse. Il dispose d'un analyste qualifié, parfaitement au courant du code et de toutes les opérations d'analyse, et seul capable de mettre correctement en œuvre le système documentaire. En aucun cas, un consultant non initié au code ne peut utiliser lui-même efficacement le fichier-analyse. Ce centre "abonné" dispose aussi des moyens de lecture et de tirage immédiat.

La mise en œuvre d'un centre abonné exige donc la présence d'au moins une personne qualifiée, et la possession d'un matériel de consultation et de tirage. Elle exige aussi que le C.A.D.G. ait prévu et organisé la copie des fichiers et leur mise à jour. Cette copie est en grande partie mécanisée. Le fichier-analyse est reproduit par un perforateur à mémoire spécialement créé à cet effet. Le fichier-document est reproduit automatiquement à partir des bobines originales. Mais il reste néanmoins de nombreuses opérations manuelles et des contrôles qui ne seront rendus automatiques que plus tard.

Au stade actuel, tout organisme qui s'abonne au réseau peut obtenir l'ensemble documentaire complet (fichier-documents et fichier-analyse) dans un délai de trois semaines.

Les conditions financières de cet abonnement sont à l'étude.

#### La tenue à jour des centres abonnés.

Les centres abonnés reçoivent tous les documents analysés au C.A.D.G. L'analyste de chaque centre range les pochettes numérotées à la suite dans le fichier-documents et complète les perforations du fichier-analyse d'après les feuilles de tabulation qui accompagnent chaque livraison. Il suffit de disposer d'une machine perforatrice.



## LA DÉCENTRALISATION DE LA RECHERCHE.

L'organisation actuelle est l'embryon d'un réseau dans lequel la consultation et l'obtention du document peut être universellement décentralisée. Mais la recherche, le collationnement d'un domaine défini reste l'œuvre de l'équipe du C.A.D.G. Et celui-ci ne peut s'intéresser qu'à quelques domaines relativement réduits. Supposons qu'un centre C, abonné à la documentation "France", entreprenne la documentation analytique d'un domaine voisin et que le C.A.D.G. s'abonne à cette collection. Le consultant qui s'adresse soit à C soit au C.A.D.G. disposera en chaque lieu de deux domaines documentaires exhaustifs! Il en sera de même pour tous les centres abonnés à C et au C.A.D.G. Supposons qu'un troisième centre D... L'organisation d'un réseau ramifié de documentation graphique ne présente plus maintenant aucune difficulté technique.

## LA CRÉATION DE LA DOCUMENTATION GRAPHIQUE NOUVELLE

L'exhaustivité dans un domaine donné permet de découvrir de nombreux points non explorés. De plus chaque nouvelle enquête, chaque nouveau recensement est la source de multiples statistiques dont l'exploitation requiert qu'elles soient rendues préhensibles par les individus. Seule, l'expression graphique permet à l'homme d'intégrer en quelques instants des relations complexes entre quatre variables. C'est l'expression graphique qui apporte la meilleure solution au problème des relations entre l'homme et les calculatrices, tant à l'entrée qu'à la sortie des ordinateurs.

Il est donc indispensable de prévoir une élaboration plus réaliste des diagrammes et des cartes utiles à la documentation future. A l'heure actuelle, la moindre cartographie statistique se heurte à la pénurie de dessinateurs qualifiés, et dans les meilleures circonstances, aux délais qu'impose une élaboration purement manuelle. Or la plus grande partie des expressions graphiques statistiques tend à représenter des relations entre trois variables quantitatives ou peut se réduire à une série de représentations de cette nature. Rien n'est plus facile à mécaniser, et le Laboratoire de Cartographie a mis au point la réalisation de telles représentations d'une manière entièrement automatique. Là où il faut encore plusieurs journées de dessinateur il ne faudra plus que le temps de taper à la machine la série statistique. L'augmentation du nombre des cartes et graphiques était hier encore un problème. Comment se retrouver dans certains dossiers de 100, de 500 cartes? Devait-on

les voir toutes, les mémoriser toutes? La documentation analytique fournit maintenant le moyen de sélectionner au milieu de milliers de documents graphiques tous ceux qui sont relatifs à une question donnée. Il reste à pénétrer dans cet ensemble de la dernière manière possible : Quelles sont, dans un cadre-plan donné, toutes les distributions qui se ressemblent? Ce problème est à l'étude et sa mécanisation ne semble pas présenter de graves difficultés techniques.

## ANNEXE I - Photographie et microfilms.

Règles générales de photographie - Tout document est photographié au moins deux fois (Utilisation de caméras à doubles chargeurs amovibles). Les deux films originaux sont conservés en bobines de 30 m (600 vues environ). L'un des films est dit de conservation absolue, et ne doit pas servir aux travaux de reproduction. Les documents polychromes sont reproduits en couleur (négative) lorsque la variation de couleur est significative. Les documents confidentiels sont filmés sur des bobines spéciales et sortent de la chaîne générale. Ils apparaissent dans le fichier-analyse, mais le document n'est fourni que sur autorisation.

Dimensions des documents. Le film courant de 35 mm non perforé (perforé pour la couleur) convient à la très grande majorité des documents. Pour les très grands documents on procède par 1/4 ou par 1/6 avec en plus une photo d'ensemble. Lorsque les conditions de finesse ou de précision l'exigent, certains documents sont photographiés sur film noir ou couleur de 75 mm, ce qui donne des négatifs 75 x 105 mm.

## ANNEXE II - Le système d'analyse et le code.

Pour obtenir la totalité des documents répondant aux spécifications du consultant dans un délai très réduit et sans intervention d'une mécanisation onéreuse, il fallait remplacer la classique fiche signalétique par la fiche analytique. Rappelons la différence entre les deux principes de documentation.

Dans le système signalétique, on établit une fiche par document. Cette fiche reçoit un certain nombre de spécifications : auteur, lieu, date, matière, format, système d'expression (livre, carte, diagramme, disque...) édition et enfin numéro du document. Il y a autant de fiches que de documents, et ce sont les fiches qui sont classées suivant un ordre donné aux spécifications. Il suffit de connaître le principe de cet ordre pour retrouver une fiche, et donc le numéro du document recherché.

Dans le système analytique on établit une fiche par spécification et cette fiche comporte 8 000 cases numérotées correspondant à un lot de 8 000 documents. Supposons

que 100 spécifications soient considérées comme suffisantes. A chaque lot de 8 000 documents (de 1 à 8 000, de 8 001 à 16 000...) correspondra un fichier analytique de 100 fiches, chacune étant capable de noter les 8 000 documents.

La fiche "FRANCE" sera percée à tous les numéros correspondants aux documents qui traitent de la France. La fiche "PRIX" sera percée à tous les numéros correspondants aux documents qui traitent des prix. La superposition des deux fiches ne laissera plus apparaître que les trous correspondants aux seuls documents, mais à tous les documents qui traitent des PRIX en FRANCE.

Si l'on ajoute les fiches "textiles", "carte", "1950", les cinq fiches superposées ne laisseront plus apparaître que les numéros des "Cartes de France qui traitent de la distribution des Prix Textiles depuis 1950".

Par le système signalétique, il faudra que le classement ait justement prévu un groupement correspondant aux "Cartes de France traitant des Prix des Textiles depuis 1950", ce qui implique que dans un autre fichier ait été aussi prévu un groupement correspondant à une autre question "Cartes et Graphiques de France, d'Allemagne et d'Italie traitant des prix textiles depuis 1930", ce qui implique... Le système signalétique est lié à l'obligation d'un classement, c'est-à-dire à l'obligation de constituer des petits groupements logiques, qui se succèdent dans une suite linéaire définitive. Quel que soit le nombre des classements mis en œuvre, le nombre de ces groupements logiques est sans commune mesure avec le nombre pratiquement infini de ceux qui peuvent résulter de toutes les combinaisons possibles des spécifications.

Or, chaque recherche documentaire correspond à une combinaison différente! Le système analytique n'est lié à aucun classement. C'est son caractère essentiel. Il peut donc reconstituer à volonté n'importe quelle combinaison imaginable de spécification et fournir immédiatement la liste des documents correspondants.

## Le code d'analyse.

L'ensemble de spécifications retenues pour analyser un domaine documentaire constitue le code d'analyse. Il dépend de l'étendue du domaine envisagé. Dans la plupart des cas, une centaine de spécifications suffisent. Que l'on imagine ce qu'une combinatoire à 100 dimensions représente de combinaisons possibles. Le code d'analyse mis en œuvre pour le document graphique contient 1 900 spécifications. C'est que son domaine est immense. Il doit pouvoir couvrir, en ce qui concerne la documentation du Laboratoire de Cartographie, l'ensemble des sciences humaines, l'ensemble du monde et l'ensemble du temps! Il a été élaboré en trois ans, par une équipe spécialisée, dirigée par J.-C. Gardin. C'est maintenant un code fondamental qu'il suffit d'appliquer en tout ou partie à de

nombreuses populations de documents. Le code analytique de la photographie, réalisé pour la photothèque de la Documentation Française, ne diffère du code du document graphique que d'une cinquantaine de spécifications, correspondant aux particularités de la photographie.

Le code de la documentation FRANCE, celui de la documentation AFRIQUE, actuellement à l'étude, ne diffèrent du code général que par quelques affinements du point de vue régional, ethnique ou social, et par des réductions dans l'espace ou le temps.

Il faut attirer l'attention sur la très grande importance de l'homogénéisation des codes d'analyse qui s'étend maintenant aux informations écrites (livres, revues), aux photographies et bientôt aux films, grâce au travail du Centre d'Automatique Documentaire. Ainsi on entrevoit le moment où un consultant recevra en une seule opération une information exhaustive dans le cadre de tous les domaines analysés, quel qu'en soit son mode d'expression.

## L'analyse des documents.

L'équipe d'analyse étudie tous les documents d'après les microfilms. Elle relève toutes les variables que chacun comporte et complète progressivement le fichier-analyse. Les fiches employées sont de 8 000 cases. Soit le graphique identifié et microfilmé sous le n° 800, il traite de l'évolution annuelle et trimestrielle des prix de gros et de détail des carburants pour autos en France de 1951 à 1957.

Les analystes procèdent à diverses opérations contrôlées qui aboutissent à la perforation de la case n° 800 sur les fiches suivantes : graphique - évolution - annuel - trimestriel - prix - gros - détail - France - carburant - automobile - dérivés du pétrole - 1950.

Le numéro 800 apparaîtra chaque fois que le consultant demandera une seule de ces variables ou l'une des combinaisons possibles de ces variables. Par contre, s'il introduit la nécessité de connaître la consommation nationale par exemple, ou les exportations, ou les productions, le n° 800 n'apparaîtra pas.

## Le nombre des documents.

Le nombre de 8 000 documents par lot peut paraître insuffisant. Notons cependant que, par le principe même, les lots se suivent dans un ordre chronologique et qu'il est généralement suffisant de consulter les derniers lots, c'est-à-dire les documents les plus récents. Néanmoins, le C.A.D.G. étudie conjointement l'électrification complète des opérations documentaires. Toute l'opération actuelle est prévue pour être éventuellement transférée automatiquement sur ordinateurs. Cependant il ne semble pas que cela soit nécessaire dans la perspective d'un réseau complet et en fonction de la possibilité toute nouvelle de réaliser des lots de plus de 100 000 documents.



## CONCLUSION.

Le système graphique de signes est parfaitement défini et indépendant. Il a ses moyens propres et par conséquent ses lois, différentes des lois des autres systèmes, du cinéma, des mathématiques, du verbe...

A trois dimensions il est plus efficace, toutes choses égales, que les systèmes linéaires et, dans le respect de ses lois, il apporte la solution à de nombreux problèmes : pédagogie, traitement de l'information, documentation, relations entre l'homme et les machines.

Mais il est pratiquement inconnu ! En effet, tout individu scolarisé consacre quelque 5 000 heures à apprendre l'expression verbale. Il apprend pendant quelque 500 heures à reproduire un pot, une table ou une anatomie. Il ne consacre pas un instant à apprendre l'expression graphique c'est-à-dire à voir, à dessiner et à prévoir la transformation des individus et des choses au milieu desquels il va lutter pendant soixante années.

Puisse ce livre contribuer à combler ce vide stupéfiant, favoriser la prise de conscience de l'unité, de l'originalité et de l'efficacité du système graphique, provoquer la critique et susciter des recherches nouvelles en vue de proposer un schéma plus complet et probablement plus simple.

Septembre 1965

## LEXIQUE

**Abaque** 417.

**Anamorphose géographique** 121, 285.  
Transcription d'une composante non géographique par une déformation plane du réseau géographique.

**Arbre** 271, 276.  
Réseau dans lequel il n'y a qu'un chemin possible pour aller d'un point à l'autre.  
variable **associative** 48, 65

Variable visuelle qui permet d'associer à égalité tous les paliers dans une perception "tous signes confondus".

Une variable associative ne change pas la visibilité des signes.

Seules parmi les huit variables, la taille et la valeur ne sont pas associatives. Elles sont "dissociatives".

**Automatisation.**

Automatisation du semis régulier de tailles croissantes 376.

Documentation automatique 424.

**Bloc diagramme** 379.

Représentations stéréographiques.

**Carte, cartographie** 285, 51.

La construction graphique est une carte géographique lorsque les correspondances dans le plan s'établissent entre les éléments d'une composante géographique disposés suivant l'ordre géographique observé.

**Cartogrammes** 285, 119.

Un cartogramme est une série de diagrammes (construction à deux composantes et plus) disposés suivant un réseau géographique.

**Catégorie** 33.

(élément, classe, palier).

Partie identifiable d'une composante ou d'une variable.

**Chroniques** 212, 234.

**Combinaison de variables** 184.

Deux signes peuvent être différents entre eux par la taille et par la couleur.

Ils se différencient par une combinaison de deux variables.

**Combinaison redondante** 187.

Combinaison de plusieurs variables visuelles pour exprimer une seule différenciation, une seule composante.

**Combinaison significative** 188.

Combinaison de deux (ou plusieurs) variables entre deux signes, chaque variable exprimant une composante.

**Comparaison d'ordres** 248.  
(Diagrammes).

**Composante** 16.

Tout concept de variation contenu dans une information.

**Concentrations** 203, 246.

**Construction circulaire** 55.

**Construction de base** 172.

Construction suivant le schéma de base.

**Construction orthogonale** 54.

**Constructions particulières** 172.

Constructions différentes du schéma de base, justifiées par la présence de composantes très courtes.

**Construction polaire** 55.

**Construction rectiligne** (ou linéaire) 54.

**Correspondance originale** 7, 16.

Point de concours des éléments de plusieurs composantes. Constitue l'information nouvelle.

**Couleur** 85.

**Courbe** 210.

**Courbes d'égalité** (isarithme) 385.

**Densité graphique** 175.

L'un des trois facteurs de la lisibilité.

**Diagonalisation des diagrammes** 166, 168.

Mise en ordre de composantes ordonnables dans un diagramme orthogonal.

**Diagramme** 50, 193.

La construction graphique est un diagramme lorsque les correspondances dans le plan peuvent s'établir entre tous les éléments d'une composante et tous les éléments d'une autre composante.

**Diagramme logarithmique** 239, 240.

**Diagramme triangulaire** 232.

**Diffusion de la couleur** 88.

**Distributions** 205, 246.

variable **dissociative** 48, 65

Variable visuelle qui ne permet pas d'associer à égalité tous les paliers dans une perception "tous signes confondus".

Une variable dissociative fait varier la visibilité des signes.

Taille et valeur sont dissociatives.

**Dominoes** 169.

Matériel de diagonalisation des diagrammes.

**Écritures** 412.

**Échelle** des cartes 296.

**Efficacité** (ou prégnance) 139.

Critère d'appréciation d'une construction graphique. Repose sur le temps nécessaire à la découverte de la réponse.

**Élévation** 11, 60.

Utilisation des variables rétinienne (ou variables de 3<sup>e</sup> dimension).

**Élévation polaire** 55.



Élévation rectiligne 54.

Ensemble informationnel 32.  
Information à multiples composantes.

Étendue.  
- d'une composante quantitative 33.  
Rapport entre le plus petit et le plus grand nombre de la série.  
- de la variation de taille 182.  
Rapport entre le plus petit et le plus grand signe admissibles.

Exactitude cartographique 298.

Exhaustivité 161.  
Une information exhaustive comporte tous les renseignements "annoncés" c'est-à-dire concevables dans le domaine défini par le titre.  
Elle n'a pas été "réduite" par traitement ou par découpage en classes.

Fiches et Fichiers 218.

Fichier-image 245.

Figuration 144, 151.  
Construction graphique dont la connaissance complète nécessite de nombreux instants de perception, successifs et différents (nécessite de créer de nombreuses images).

Flèche 336, 340.

Fonds de carte 308.  
Ensemble des repères géographiques connus, nécessaires et suffisants pour identifier les correspondances inconnues.

Forme 95.

Fréquence 209, 357, 400.

Gamme naturelle des tailles croissantes 369.  
Série de paliers de taille nécessaires et suffisants à la représentation quantitative.

Gamme normale 357, 370.  
ou correspondance normale.  
Utilisation de la gamme naturelle suivant la relation surface = quantités.

Généralisation cartographique 300.  
Processus de réduction d'une composante géographique cartographiée.

Généralisation conceptuelle 300, 302.  
Simplification d'une représentation cartographique par changement d'implantation et définition d'un nouvel invariant.

Généralisation structurale 300, 302, 305.  
Simplification d'une représentation cartographique en conservant l'implantation et la structure plane du phénomène.

Grain 79.

Graphique (ou dessin) 51.

On appellera d'une manière générale dessin ou graphique toute représentation par le système graphique de signe, à quelque groupe d'imposition qu'elle appartienne.

Histogramme 210.

Identification externe 19, 140.

Étape du processus de lecture pendant laquelle l'observateur isole et concrétise *dans sa pensée* les concepts représentés (les composantes de l'information).

Identification interne 24, 140.

Étape du processus de lecture pendant laquelle l'observateur reconnaît *sur le dessin* les variables visuelles affectées aux composantes de l'information.

Image 142.

Forme visuelle significative perçue dans un instant de perception (dans un seul coup d'œil). C'est l'unité temporelle de perception significative.  
Ne pas confondre avec figure ou figuration, unité apparente définie par la feuille de papier, un cadre linéaire ou géographique, et qui peut nécessiter, pour être appréhendée et comprise, de nombreux instants de perception, successifs et différents, c'est-à-dire la création de nombreuses images.

Implantation 44.

On appellera implantation les trois significations (point, ligne, zone) qu'une tache visible peut recevoir par rapport aux deux dimensions du plan.

Imposition 50.

On appellera imposition l'utilisation des deux dimensions du plan.  
Elle se divise en quatre groupes : diagrammes, réseaux, cartographie, symbolique.

Information 9.

Dans la représentation graphique on appellera information le contenu traductible d'une pensée. Il est constitué par une ou plusieurs correspondances originales entre un ensemble fini de concepts de variation et un invariant.

Invariant 9, 16.

On appellera invariant la définition commune à toutes les correspondances d'une information.

Inventaire 160.

On appellera inventaire une représentation graphique enregistrant l'information exhaustive.

Légende 24.

Construction graphique permettant l'identification interne d'une composante.

Lisibilité 175.

Règles de lisibilité ou règles de séparation.

Lissage 170.

Processus de simplification d'une construction ordonnée.

Longueur 33.

- d'une composante : nombre de catégories (ou d'éléments, de classes) distinguées dans une composante.  
- d'une variable : nombre des paliers sensibles que l'on peut construire dans une variable visuelle.

Message 162.

Représentation graphique mémorisable.

Migrations régionales 17, 272, 345.

Niveaux de lecture 141.

Nombre de correspondances impliquées dans un instant de perception, dans une image.  
On distingue le niveau élémentaire (une correspondance) les niveaux moyens (groupes de correspondances) le niveau d'ensemble (la totalité des correspondances).

Niveau d'organisation 34.

Qualités perceptives d'une composante, d'une variable.  
Une composante (ou une variable) peut être seulement qualitative ( $\neq$ ).  
Elle peut être ordonnée ( $O$ ) si ses catégories s'ordonnent d'une manière unique et universelle.  
Une série de nombre est quantitative ( $Q$ ) lorsqu'elle exprime les distances variables qui séparent chaque élément.  
- Niveau d'organisation du plan 48.  
- Niveau d'organisation des variables rétinienne 64.

Orientation 93.

Permutateur 169.

Matériel de diagonalisation des diagrammes.

Perspectives 378.

Représentation stéréographique, bloc-diagramme.

Point - ligne - zone 44.

Les trois formes de l'implantation.

Polygone 210.

Prégnance ou efficacité 139.

Profils - collection de profils 244.

Projections 288.

Rapport critique 300.

Rapport de réduction photographique offrant le choix entre la généralisation structurale et la généralisation conceptuelle.

Réduction de l'information 164.

Réduction logique du nombre des composantes et de leur longueur par traitement de l'information.

Répartitions 203, 246.

Représentation du mouvement dans le plan 342.

Reproduction courante 416.

Réseau 50, 269.

La construction graphique est un réseau lorsque les correspondances dans le plan peuvent s'établir entre tous les éléments d'une même composante.

Schémas de base 148, 172.

Transcription graphique des règles de construction. Schémas de construction assurant la représentation la plus efficace ou, dans les réseaux, la première transcription opératoire d'une information.

Schémas de construction 52, 56.

Signes élémentaires permettant de noter dans une construction graphique les variables visuelles affectées à chaque composante de l'information et d'en préciser le niveau à l'aide des symboles  $\neq$ ,  $\equiv$ ,  $\neq$ ,  $O$  ou  $Q$ .

Saturation de la couleur 85.

Semis 52, 271.

Type d'imposition qui disperse, sur le plan, les éléments d'une variable.

Semis régulier des tailles croissantes 357, 367, 372.

Séparation angulaire 175, 178.

L'un des trois facteurs de la lisibilité.

Séparation rétinienne 175, 180.

L'un des trois facteurs de la lisibilité.

Simplification de l'image 166.

Symbolique 51, 90, 95.

Identification externe procédant d'une reconnaissance de forme ou de couleur.

Tableaux croisés 223.

Taille 71.

Titres et légendes 19.

Traitement graphique de l'information 164.

Réduction logique d'une information par simplification graphique.

Trames 330, 354.

Transformation des réseaux 166, 271.

Traitement graphique d'un réseau.

Types de questions 141.

L'un des deux termes de l'analyse des questions possibles suscité par une information. Il y a autant de types de question que de composantes.

Types de construction d'un diagramme 52.

Valeur 73.

Valeurs typiques 208.

Moyenne, médiane, modale, mode.

Variable rétinienne 11, 60. Variable visuelle d'élévation.

Variable visuelle 9, 42. Composante du système graphiques de signes.

Visibilité 65.



# LA GRAPHIQUE

## Définitions

**La graphique utilise les propriétés de l'image visuelle** pour faire apparaître les relations de différence, d'ordre ou de proportionnalité entre des données.  
Ce langage recouvre l'univers des diagrammes, des réseaux et des topographies.

**La graphique s'applique à un ensemble préalablement défini :** le tableau de données et construit ainsi la partie rationnelle du monde des images dans le classement logique des systèmes de signes fondamentaux.

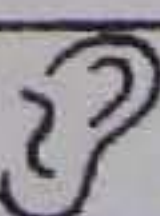

**La graphique poursuit deux objectifs :**

- Traiter les données pour comprendre et en tirer l'information.
- Communiquer s'il y a lieu, cette information ou un inventaire de données élémentaires.

**La théorie matricielle**, fondée sur la Sémiologie Graphique, construit un système homogène et cohérent d'analyse du langage graphique, de son emploi et de sa pédagogie.

Il faut éviter toute confusion entre LA GRAPHIQUE qui ne traite que d'ensembles rigoureusement définis par avance (le tableau des données) et le GRAPHISME -figuratif ou non- qui, au contraire, cherche à définir un domaine.

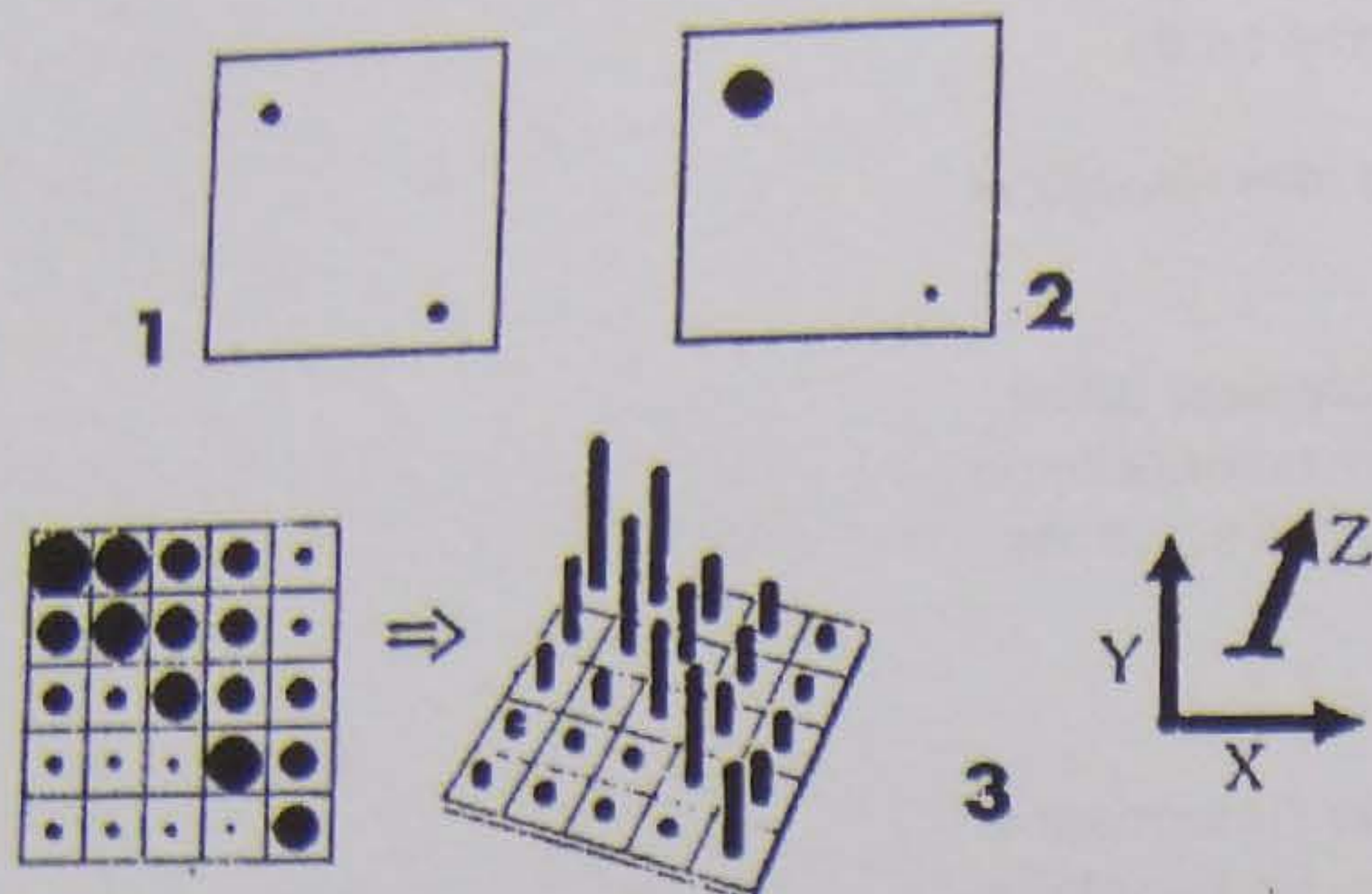
La graphique est un outil de travail qui obéit à des lois universelles incontournables mais indiscutables et qui s'apprennent. Le graphisme est libre, c'est un art, mais toujours discutable.

		SYSTÈMES DE PERCEPTION	
			
SIGNIFICATION attribuée aux perceptions	Le système s'ouvre à toute signification PANSEMIE	MUSIQUE	IMAGE NON FIGURATIVE
	Le système tend à définir un concept POLYSEMIE	VERBE	IMAGE FIGURATIVE
	Transcription des relations entre des concepts préalablement définis MONOSEMIE	MATHÉMATIQUE	GRAPHIQUE

*Les transcriptions scripturales de la musique, du verbe et des mathématiques sont des formules de mémorisation de systèmes fondamentalement sonores et ces formules n'échappent pas au caractère linéaire et temporel de ces systèmes. L'oreille entend une équation au téléphone, elle n'entend pas une carte.*



# PROPRIÉTÉS NATURELLES DE L'IMAGE GRAPHIQUE

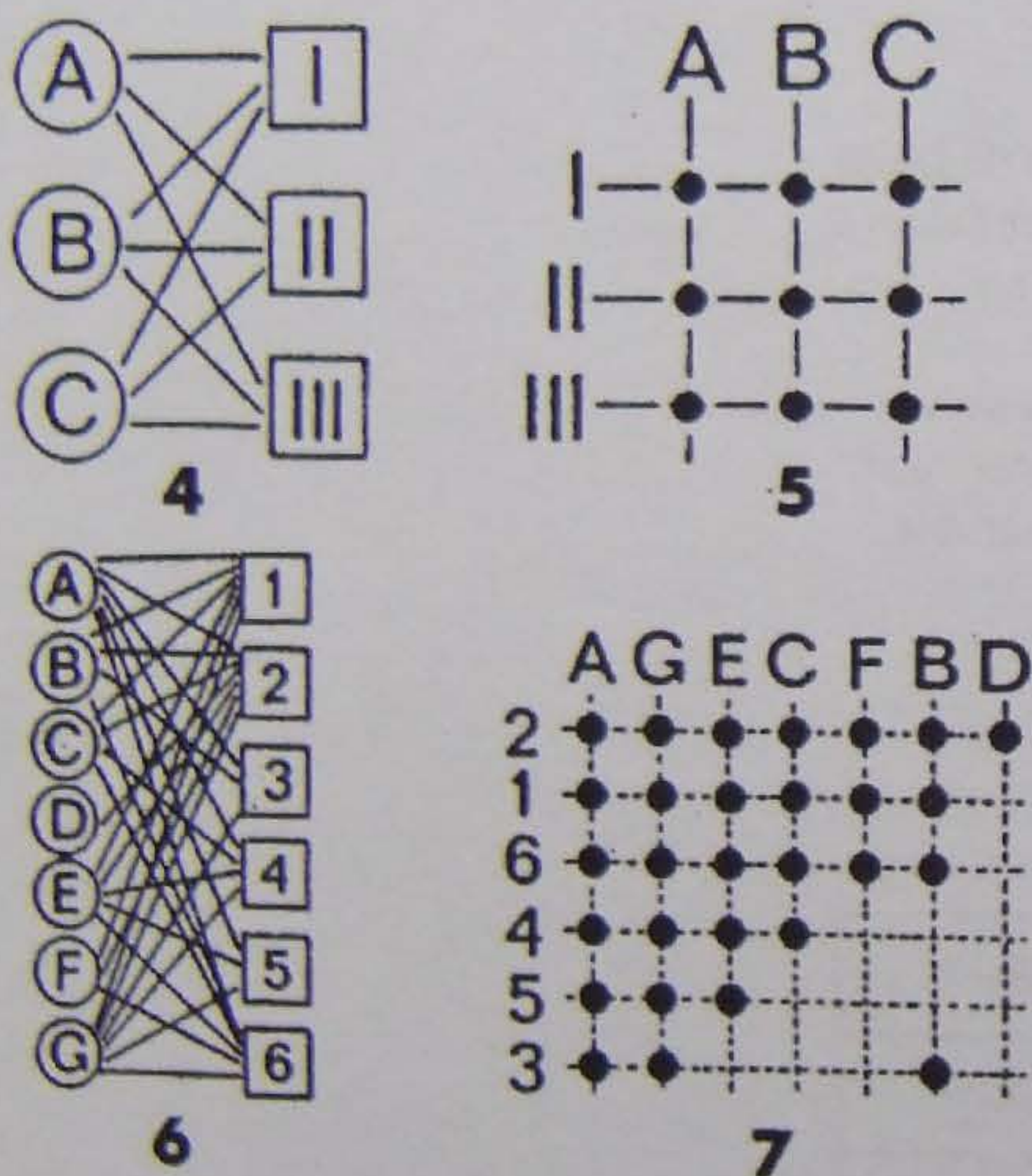


## Les trois dimensions de l'image instantanée

Dans le plan, une tache peut être en haut ou en bas, à droite ou à gauche (1). La perception construit dans le plan deux dimensions indépendantes X et Y, séparées par la perpendicularité. Une variation d'énergie lumineuse (2) construit en Z une 3e dimension indépendante de X et Y.

L'image, forme significative perçue instantanément, se crée sur trois dimensions X, Y, Z (3). Elle peut donc transcrire les relations entre trois ensembles indépendants.

La variation de l'énergie lumineuse, sur un support papier, est fournie par la variation de la taille ou de la valeur des taches. Les variables visuelles de l'image sont donc le plan X, Y et, en Z, la taille ou la valeur des taches.



Les propriétés du plan

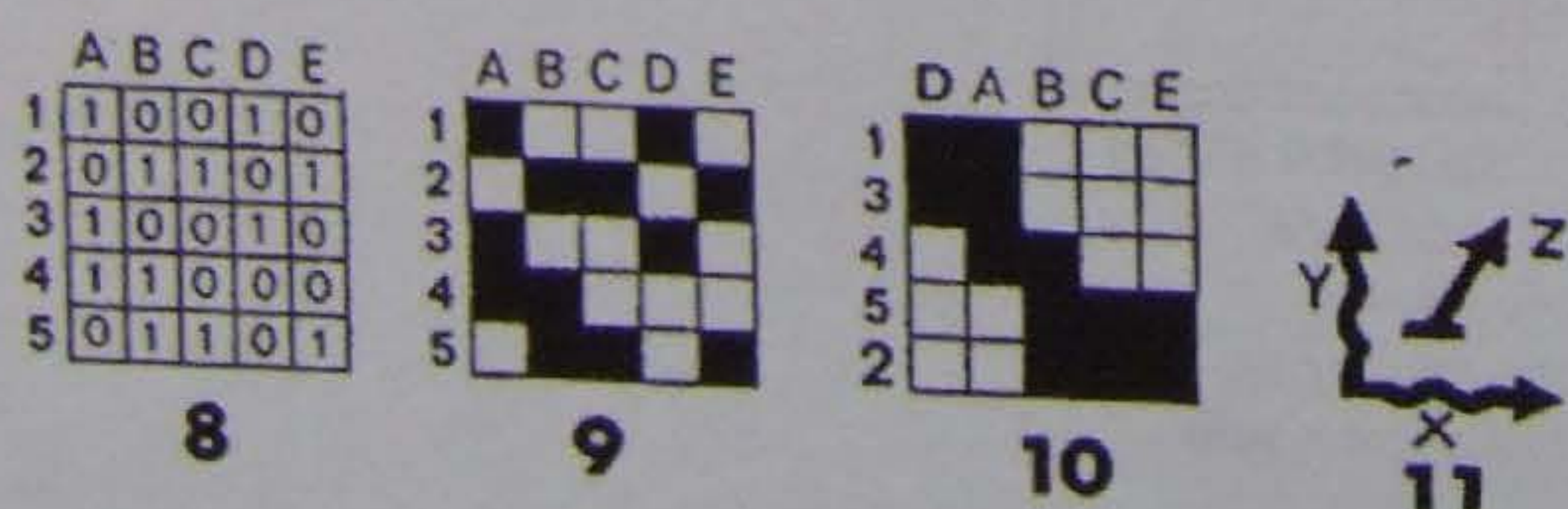
## Points ou lignes. Réseau ou matrice

Une «donnée» est une relation entre deux éléments. En face le plan nous offre des points et des lignes. En conséquence -on peut représenter les éléments par des points et les relations par des lignes (4) : on construit un RÉSEAU. Les dimensions X et Y de l'image ne sont pas significatives. -on peut représenter les éléments par des lignes et les relations par des points (5) : c'est une construction matricielle, on construit une MATRICE. Les dimensions X et Y ont chacune une signification.

Si tout ensemble de données peut être construit des deux manières, chaque construction a ses propriétés. Le RÉSEAU décrit les relations entre les objets. C'est la meilleure manière de transcrire l'ordre topographique mais il est inutile dans la transcription des ensembles ordonnables. Peut-on par exemple découvrir la relation aberrante en (6) ? Elle apparaît immédiatement dans la matrice (7). LA CONSTRUCTION MATRICIELLE fournit la construction de base de la graphique. Ses trois dimensions indépendantes en font le support inconscient de la réflexion, souligné par l'universalité du «tableau à double entrée» et des procédures de reclassement.

## Image fixe ou image transformable

Soit le tableau des données (8). Il montre la présence des produits A, B, C... dans les pays 1, 2, 3... Sous cette forme ou sous sa forme graphique (9), il représente un effort d'analyse réductrice. Or il suffit de déplacer le pays 2 et le produit D pour découvrir des groupes d'éléments semblables (10) et réduire 25 éléments aux 3 groupes qui caractérisent cet ensemble de données. Cette transformation interne de l'image, par permutation des lignes et des colonnes, fondée sur le principe universel de proximité-similitude, définit la «matrice ordonnable» base du traitement graphique des données. Les permutations sont schématisées par (11).





Les propriétés du Z

## Ordre, association, sélection

(12) Les **variables de l'image** sont **ordonnées (O)** (ceci est avant cela). Comme le plan, la taille transcrit de plus des **proportions (Q)** (ceci est n fois cela). Dans toute combinaison de variables, taille et valeur imposent leur ordre (variation d'intensité lumineuse) aux autres variables. Taille et valeur sont dites dissociatives.

(13) Les **autres variables** sont à **visibilité constante** et ne perturbent aucune combinaison. Elles sont dites **associatives ( $\equiv$ )** (ceci peut être vu semblable à cela). Elles servent à séparer des images élémentaires.

(14) Toutes les **variables visuelles** sont **sélectives ( $\neq$ )** (ceci est différent de cela) mais elles le sont plus ou moins. Seul le plan possède toutes les propriétés perceptives.

Les transformations du Z, (inversions, variations de l'écrêtage...) pratiquement irréalisables autrefois, sont accessibles maintenant grâce à l'informatique.

### LES VARIABLES DE L'IMAGE

XY 2 DIMENSIONS DU PLAN

Z

TAILLE

VALEUR

### LES VARIABLES DE SEPARATION

GRAIN

COULEUR

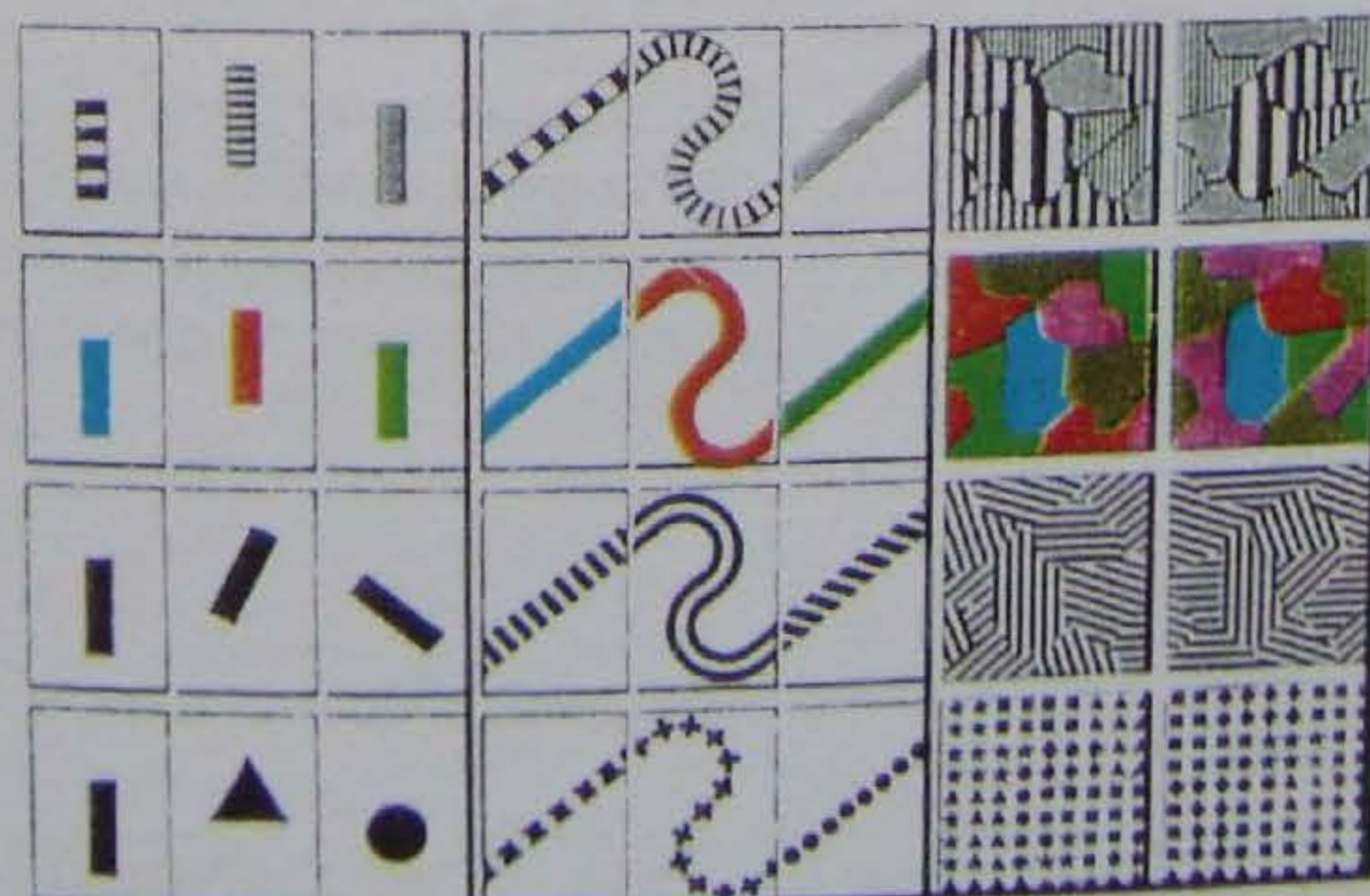
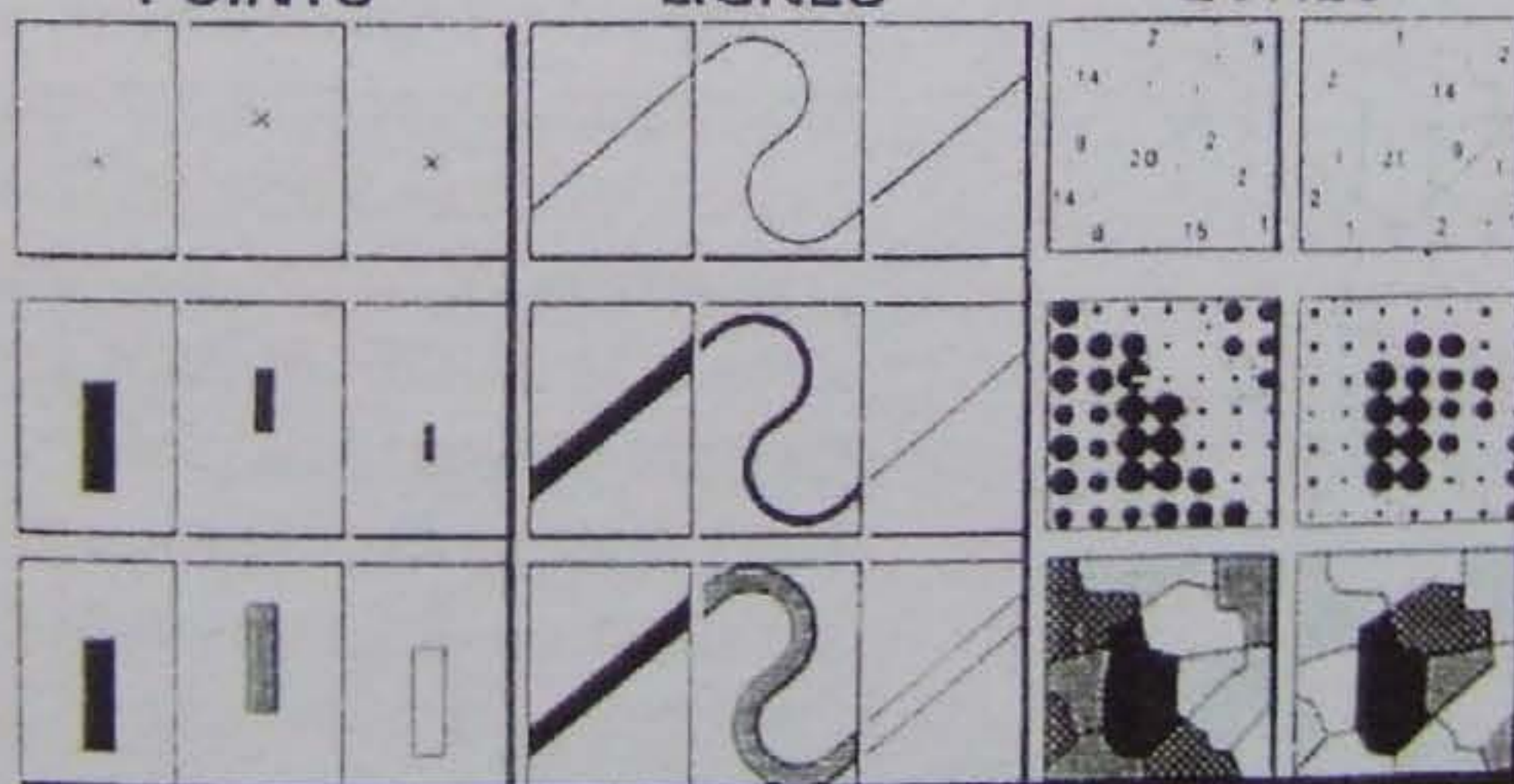
ORIENTATION

FORME

POINTS

LIGNES

ZONES



12

14

O Q	$\neq$
O Q	$\neq$
O	$\neq$

13

$\equiv$	$\neq$
$\equiv$	$\neq$
$\equiv$	$\neq$
$\equiv$	$\neq$



# THÉORIE MATRICIELLE DE LA GRAPHIQUE

A quoi sert la Graphique ?

## Un exemple significatif

On transforme des données en graphique pour comprendre. Une carte, un diagramme sont des documents que l'on interroge. Le tableau (15) par exemple, qui détaille la production de viande dans cinq pays peut-être interrogé suivant ses trois entrées : X - telle viande, quel pays ? Y - tel pays, quelle viande ? Z - les gros pourcentages, où ? mais dans chaque entrée, les questions vont du niveau élémentaire au niveau d'ensemble.

**Les questions élémentaires** : l'Italie, combien de porcs ? reçoit comme réponse le chiffre de la case. C'est la donnée élémentaire, la seule facilement mémorisable puisque nous ne pouvons intégrer la **totalité** des données élémentaires, c'est-à-dire ici les 25 chiffres du tableau.

Mais «comprendre» c'est intégrer toutes les données. Pour ce faire il faut les réduire à des **groupes** d'éléments semblables, le nombre de groupes étant lui-même aussi réduit que possible. Tel est le but du «traitement des données», qu'il soit graphique ou mathématique.

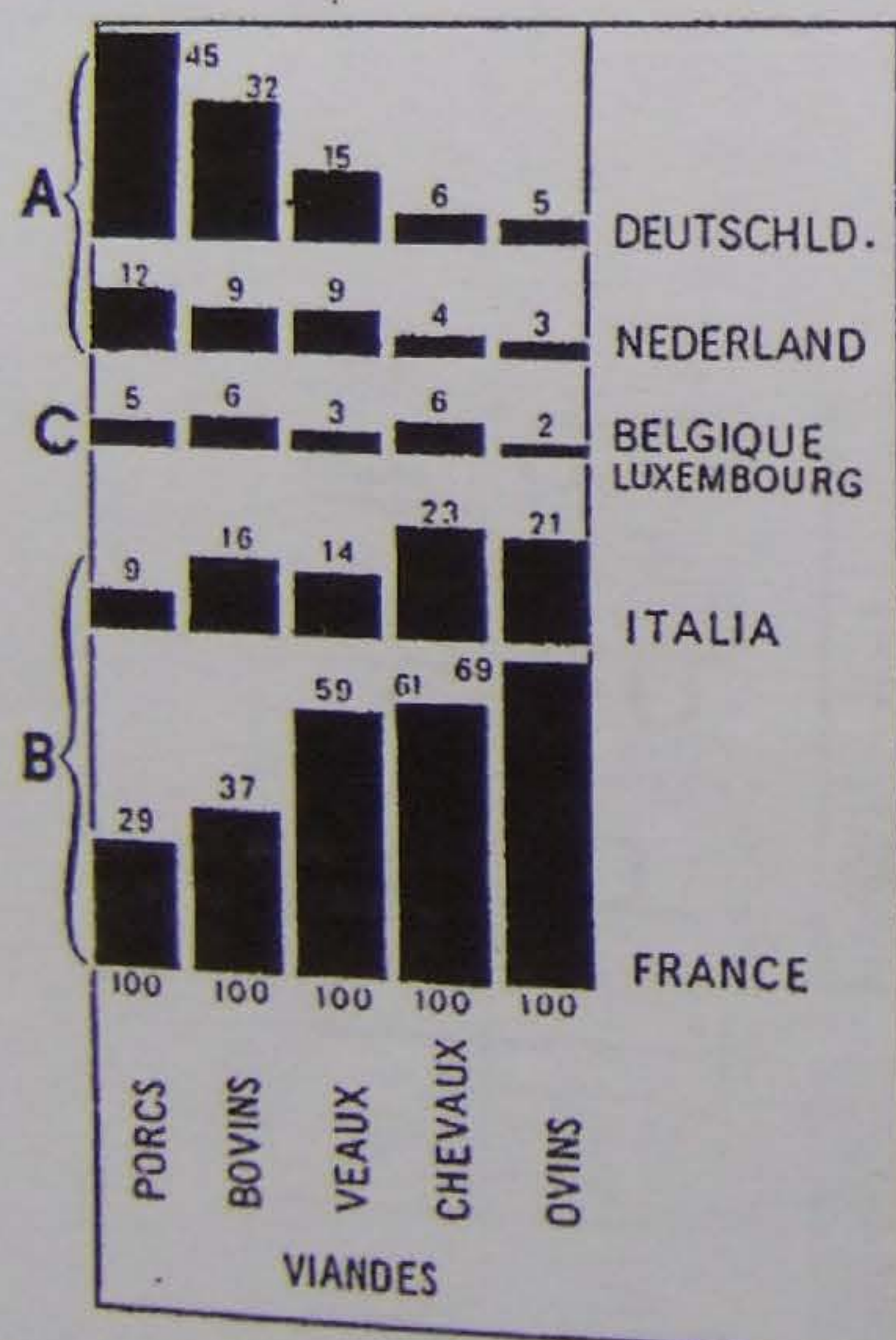
**La question d'ensemble** : quels sont les groupes que les données construisent en X, en Y, est la question essentielle. La réponse est fournie par la construction (16) ou «matrice ordonnable» qui réclasse lignes et colonnes et montre que les données (15), soit 25 nombres, se réduisent à 2 groupes A et B de structures opposées ? C'est la première «information».

**Le pays C est une exception.** Il n'entre dans aucun groupe. Mais cette exception est importante puisque dans le cadre de ces données et à égalité des partenaires, c'est le pays qui possède la décision. Ces informations essentielles sont invisibles en (15) et dans toute autre construction (voir 17). Ce sont pourtant ces informations qui doivent être exposées. Les traitements graphiques ou algorithmiques précèdent donc la rédaction des commentaires et en font l'intérêt. Par contre, la publication de documents tels que (17) montre que le rédacteur n'a pas vu ce qu'il y avait à dire.

**Les questions de niveaux moyens** correspondent à la multitude des sous-ensembles que l'on peut définir entre les niveaux extrêmes. Et quand la question d'ensemble reçoit réponse, tous les niveaux de questions trouvent réponse.

6	6	2	5	3	BELGIQUE LUXEMBOURG
32	6	5	45	15	DEUTSCHLD.
37	61	69	29	59	FRANCE
16	23	21	9	14	ITALIA
9	4	3	12	9	NEDERLAND
100	100	100	100	100	
BOVINS	CHEVAUX	OVINS	PORCS	VEAUX	
VIANDES					

15



16



## Généralisation de cet exemple La théorie matricielle

- Elle enchaîne les observations et propositions suivantes :
- Par définition, tout graphique correspond à un **tableau de données à double entrée** qui exclut tout élément nominatif dans ses cases.
  - Ce tableau propose **trois types de questions**, en X, en Y et en Z.
  - Dans chaque type, les questions s'échelonnent du **niveau élémentaire au niveau d'ensemble**. Quand ce dernier reçoit une réponse, tous les niveaux reçoivent une réponse.
  - «Comprendre» c'est atteindre le niveau d'ensemble et découvrir des groupes. En conséquence, le rôle majeur d'un graphique est d'apporter réponse à trois questions :

### LES 3 QUESTIONS DE BASE DE LA GRAPHIQUE

1. Quelles sont les composantes X, Y et Z du tableau des données ? (de quoi s'agit-il ?).
2. Quels sont les groupes en X, en Y, que les données Z construisent ? (quelle est l'information d'ensemble ?).
3. Quelles sont les exceptions ?

Ces trois questions mesurent l'utilité de toute construction et de tout traitement. Il faut les apprendre pour éviter les graphiques inutiles. Leur connaissance précède toute expérimentation graphique.

Les constructions (17) soulignent que seule, la matrice ordonnable (16) apporte toutes les réponses.

**LE MATRICE ORDONNABLE (18) répond à tous les types et niveaux de questions. C'est la construction de base de la Graphique.**

Application optimale des propriétés de l'image, cette construction concrétise, aux yeux de l'opérateur, la chaîne des opérations logiques : données-matrice-réduction-exceptions-discussion-communication.

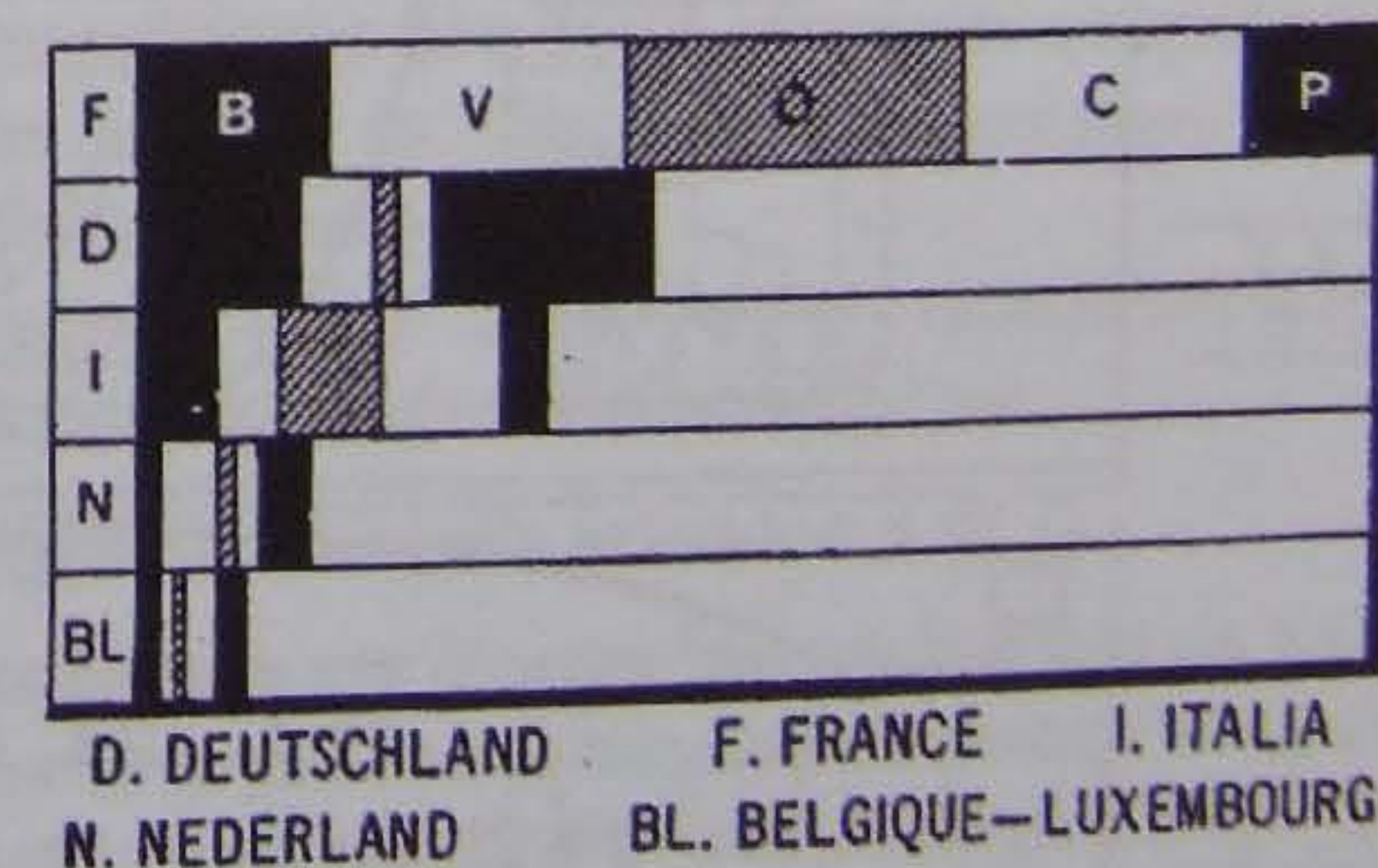
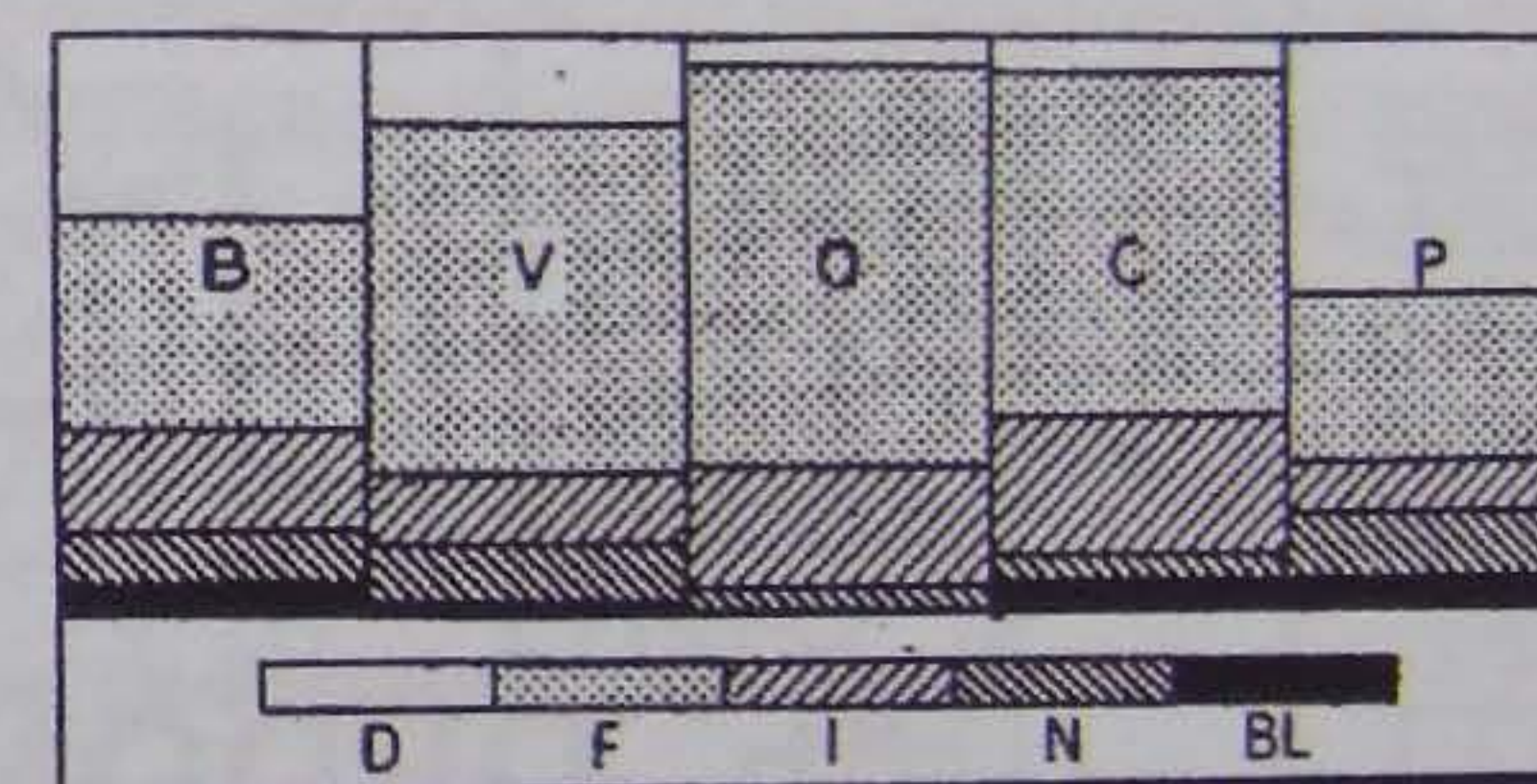
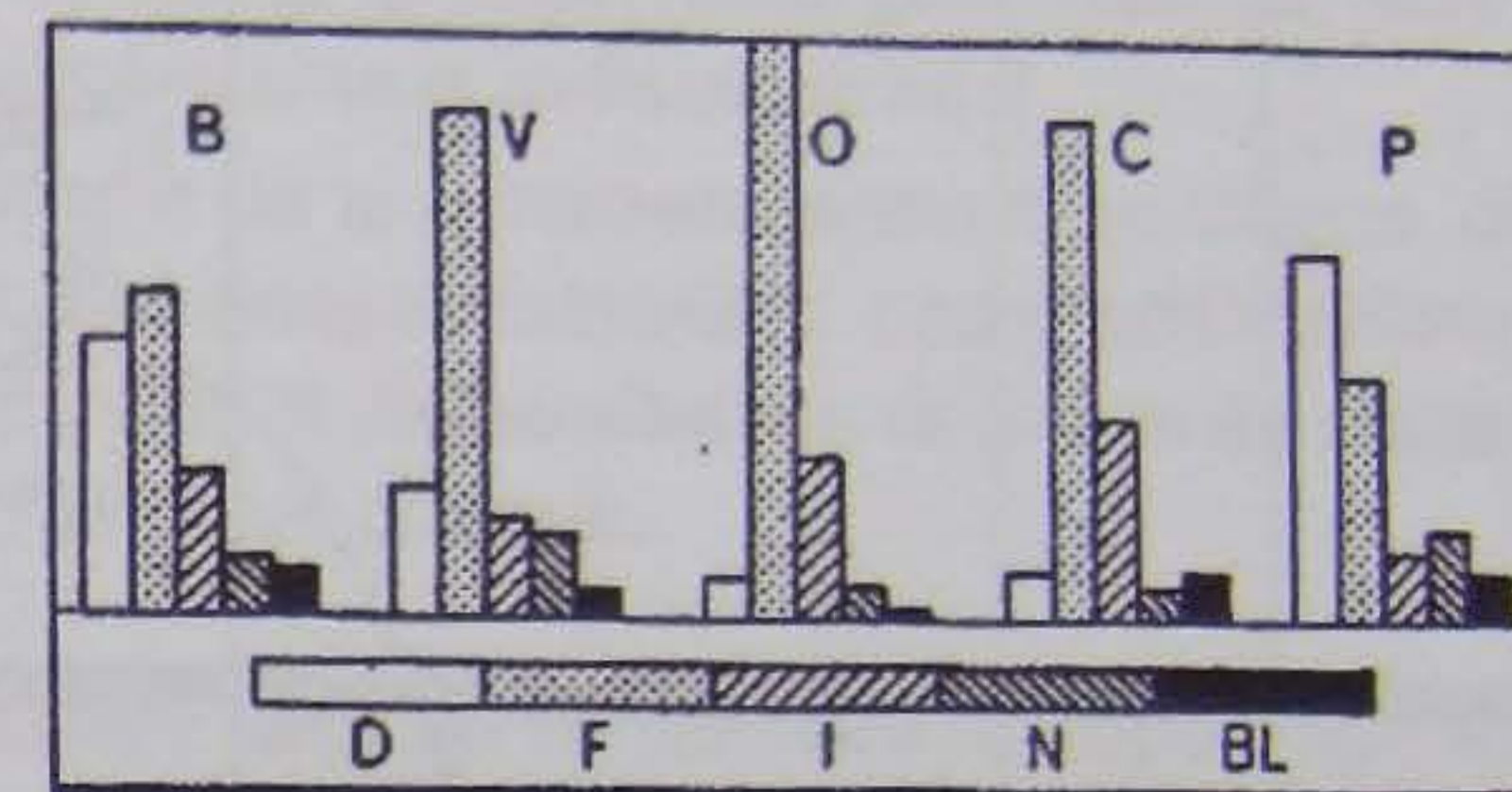
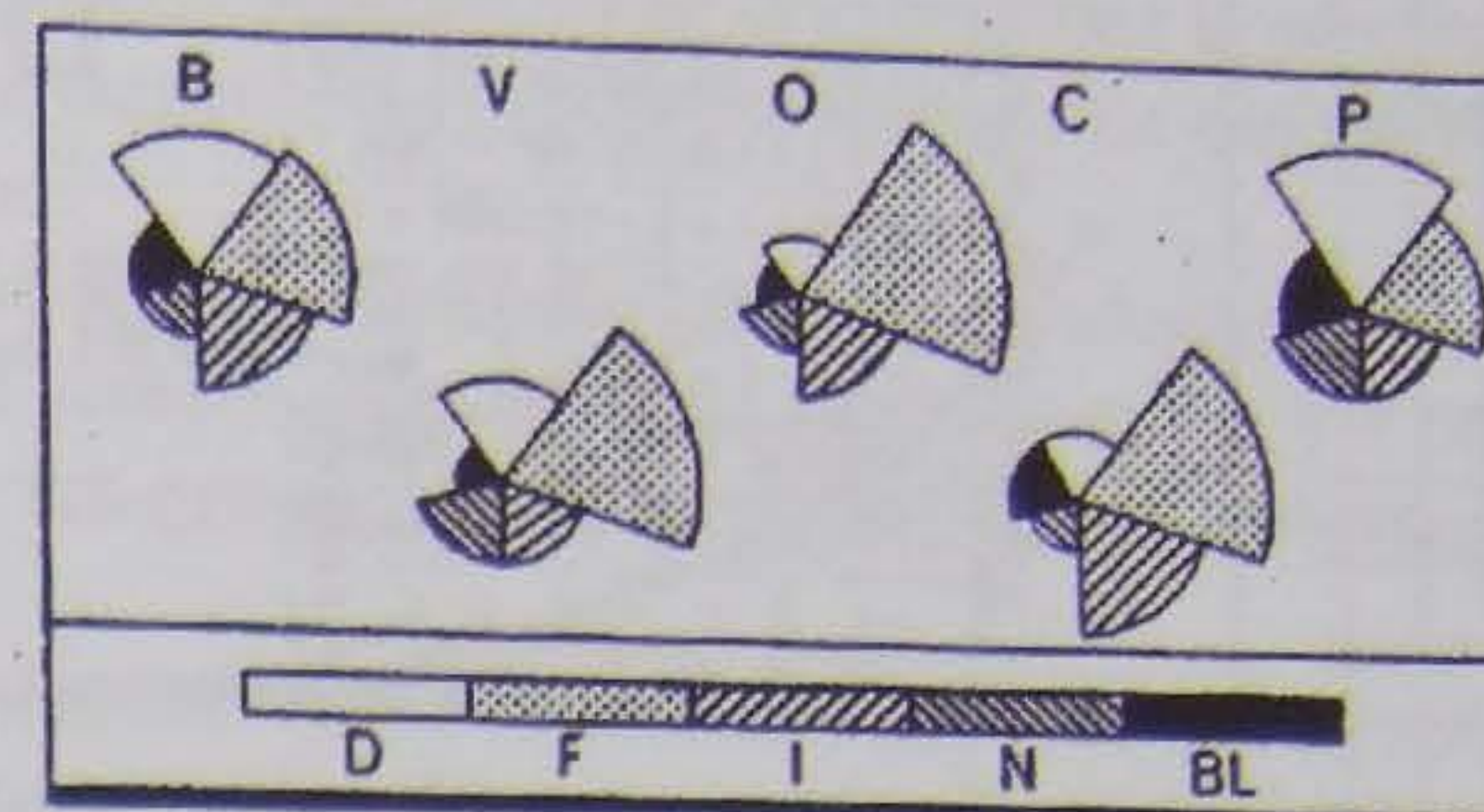
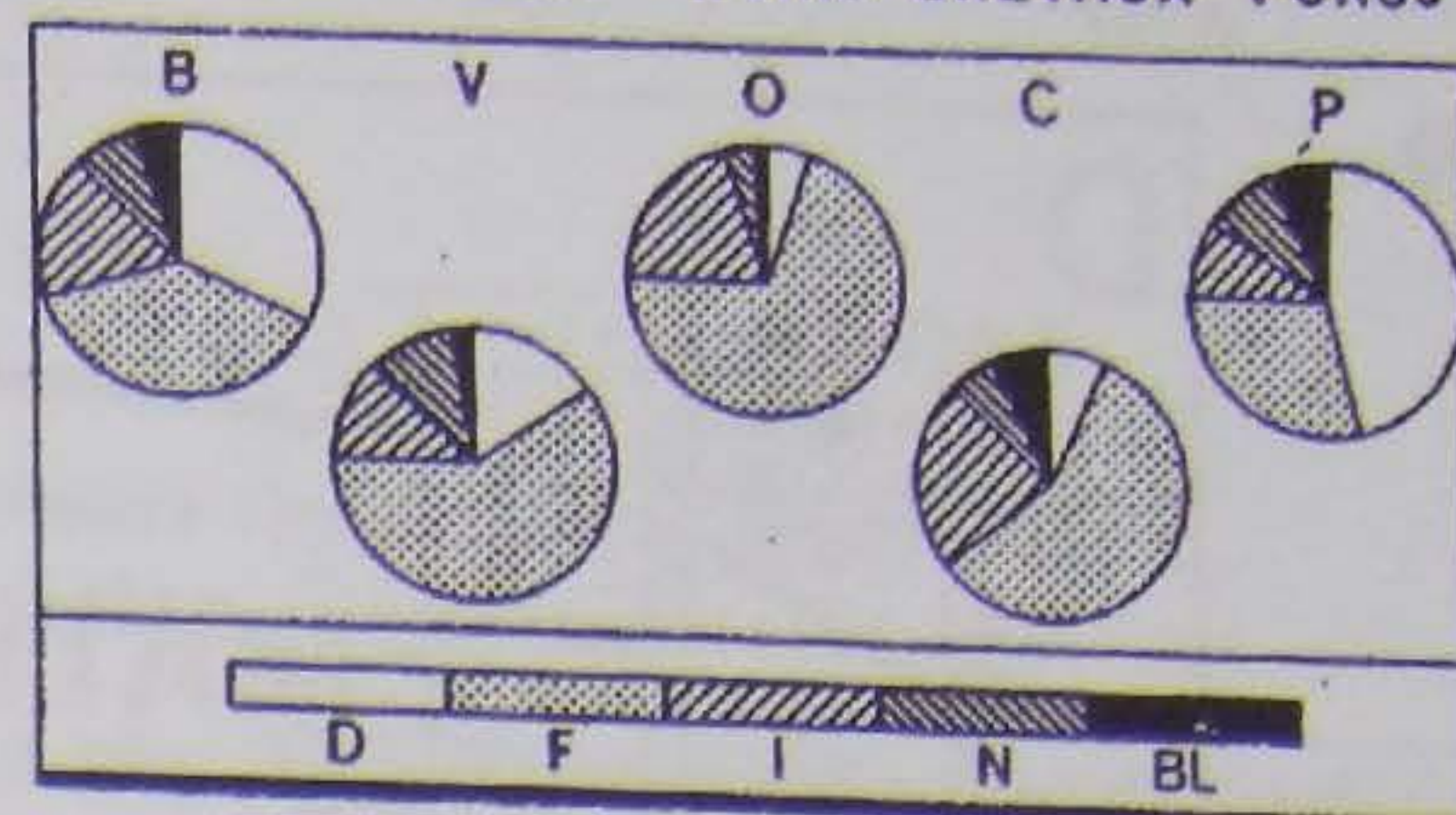
Elle organise la réflexion, donne un sens aux opérations automatiques et, par différence, caractérise les cas particuliers.

**LE SYNOPSIS (19) classe les constructions utiles en fonction des modalités du tableau de données.**

Il précise la construction adaptée à chaque cas et, inversement, aide à définir le tableau de données le plus opérationnel.

17

BOVINS VEAUX OVINS CHEVAUX PORCS



Permutations et reclassements  
Transformations du Z

18



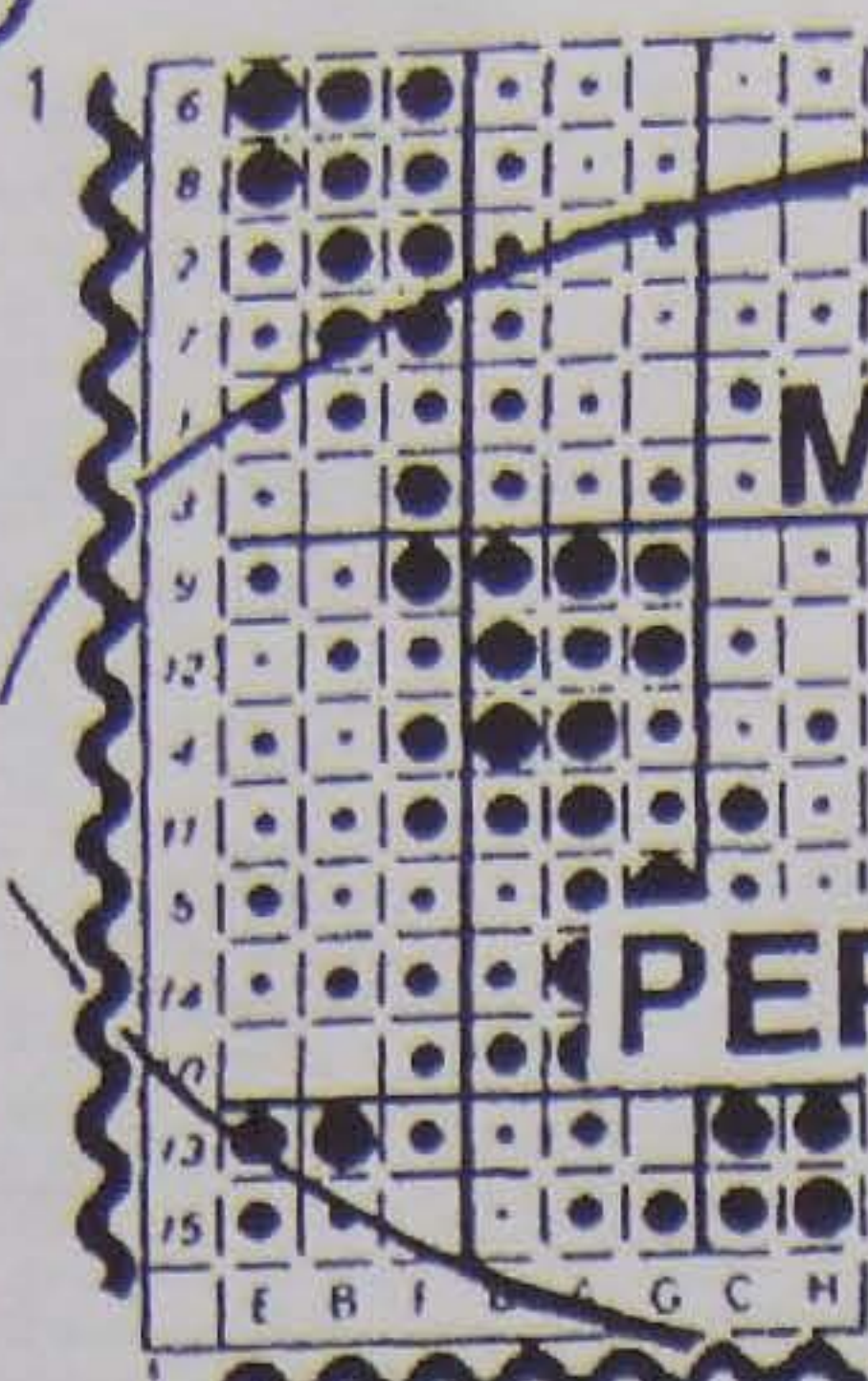
ABC...  $\neq$  O OT

19

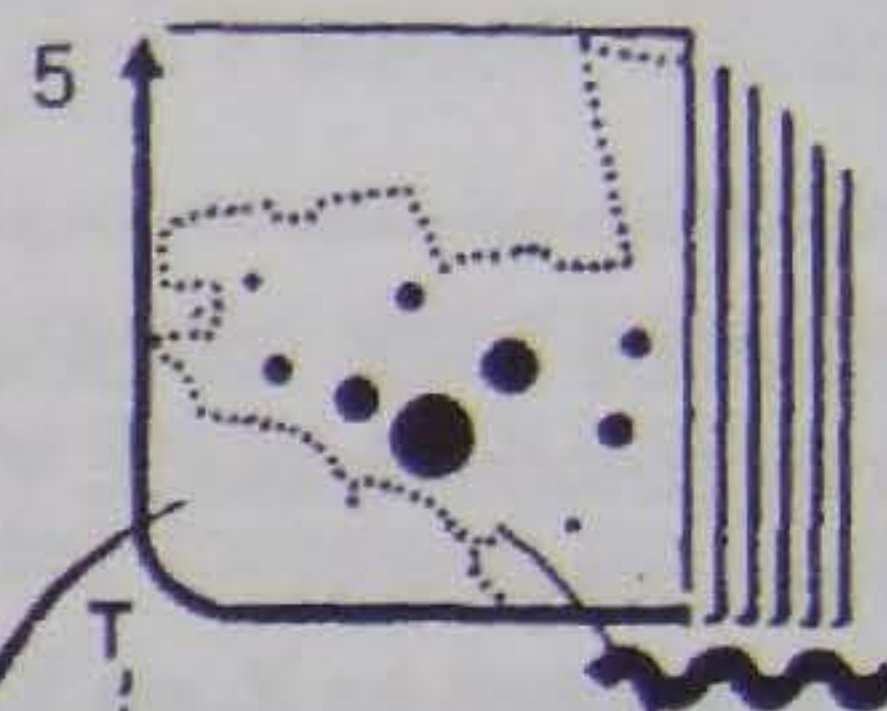
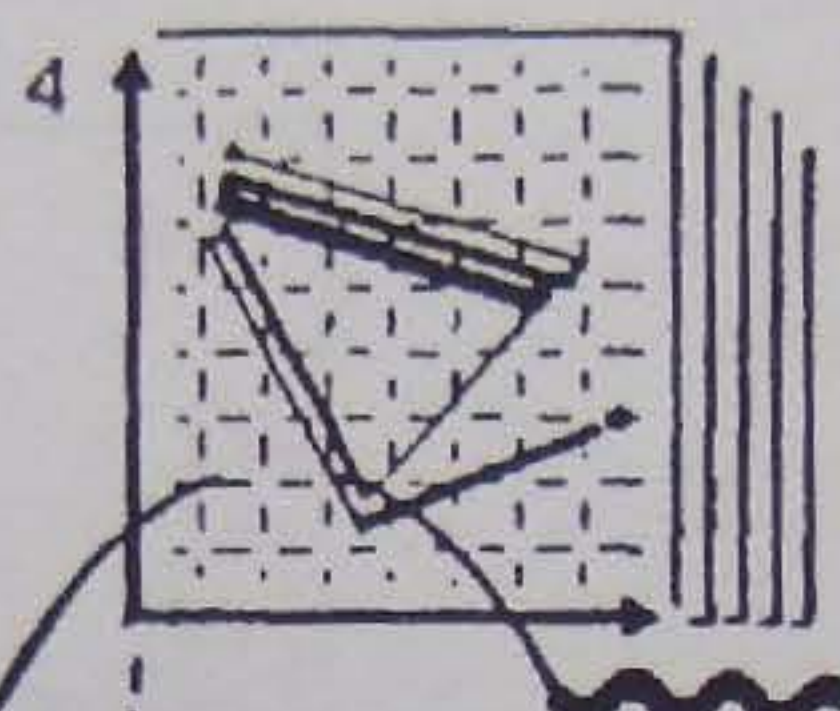
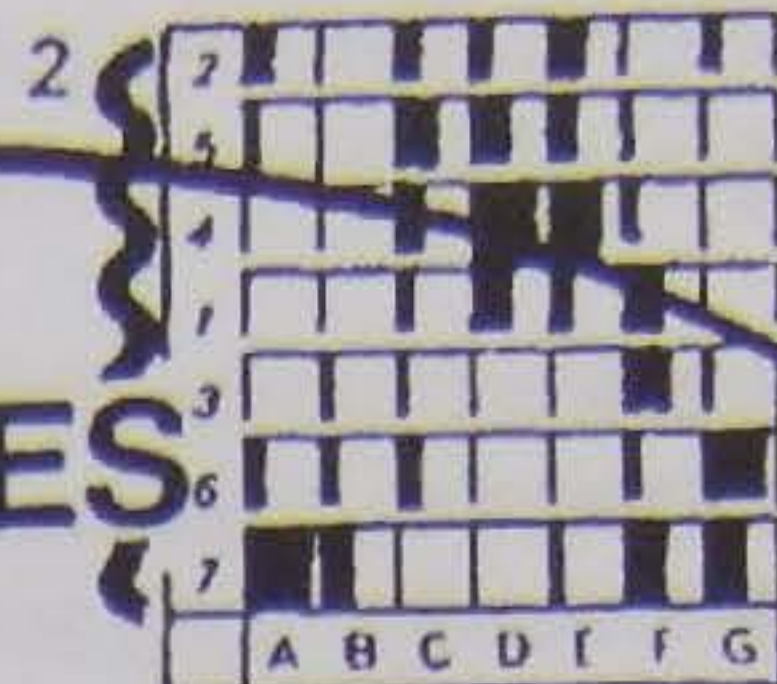
n

	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

D



MATRICES  
DE  
PERMUTATION



TABLEAUX

3

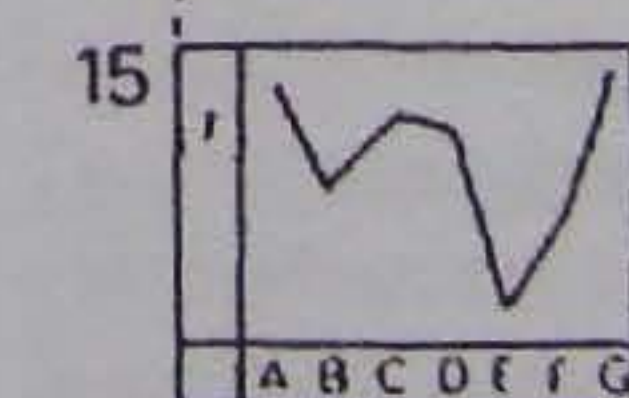
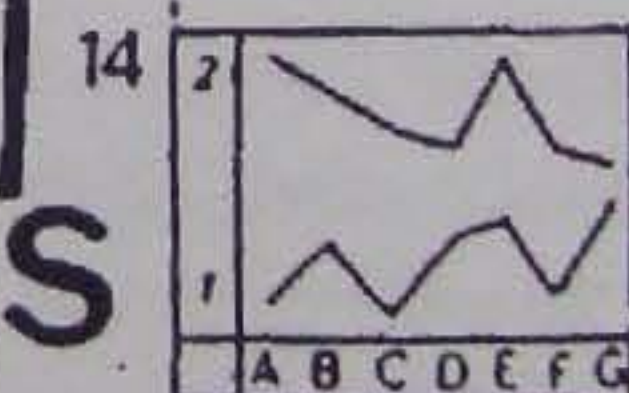
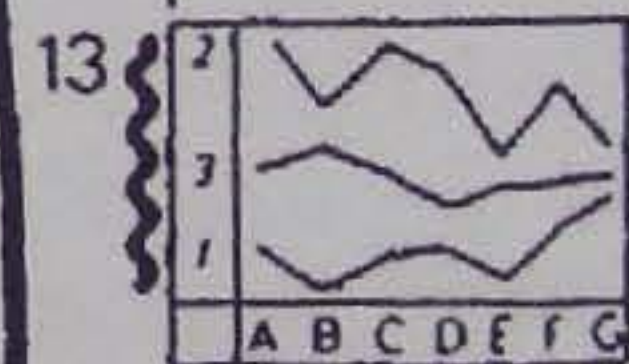
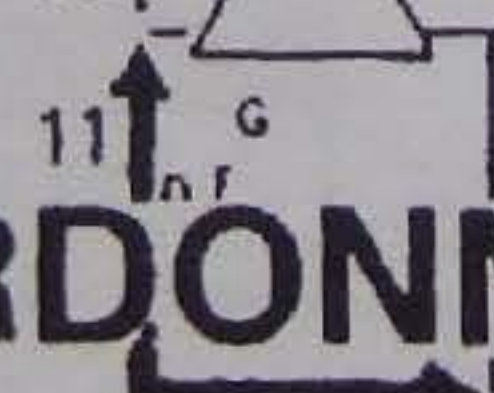
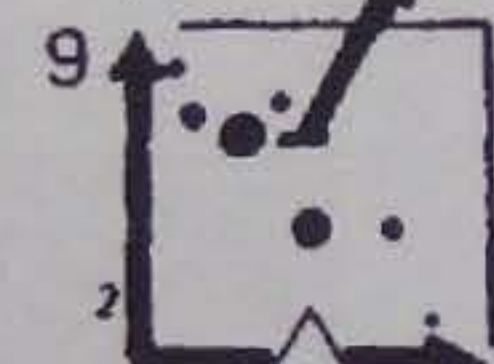
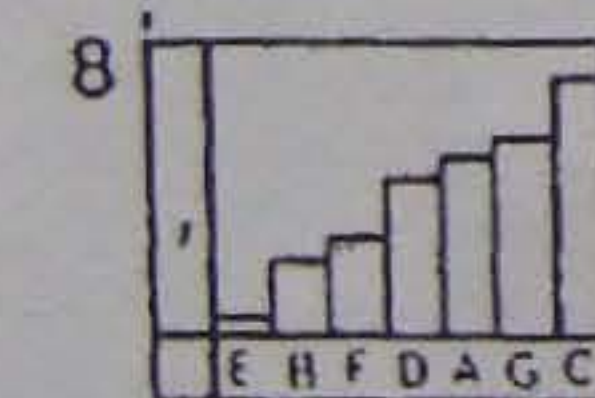
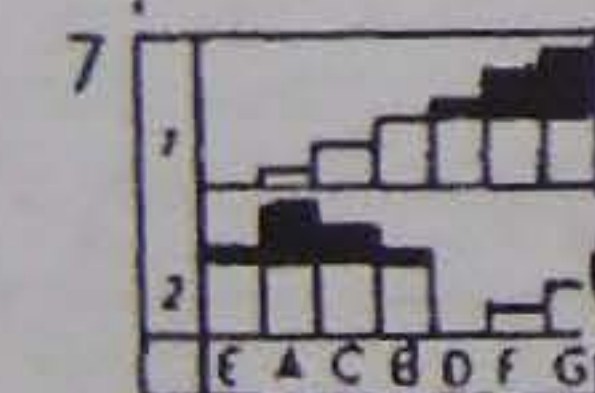
	A	B	C
1			
2			
3			

2

	A	B	C
1			
2			

1

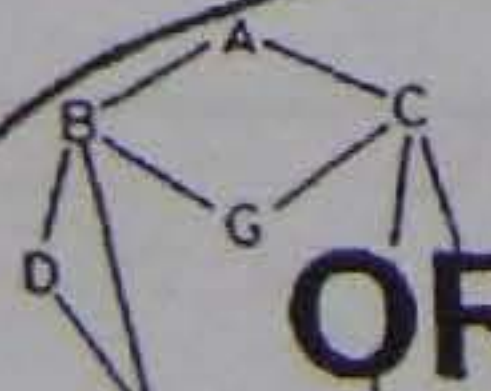
	A	B	C
1			



ORDONNÉS

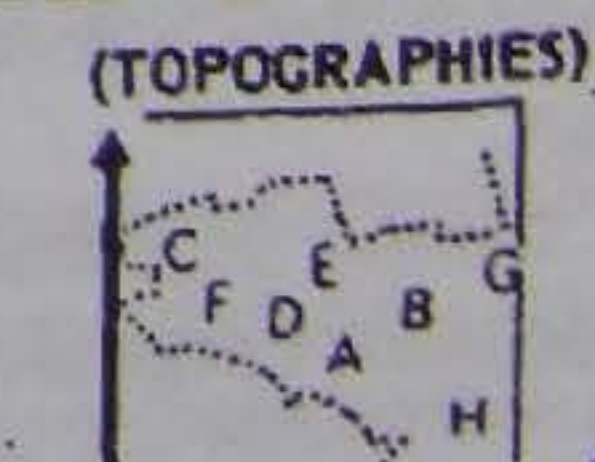
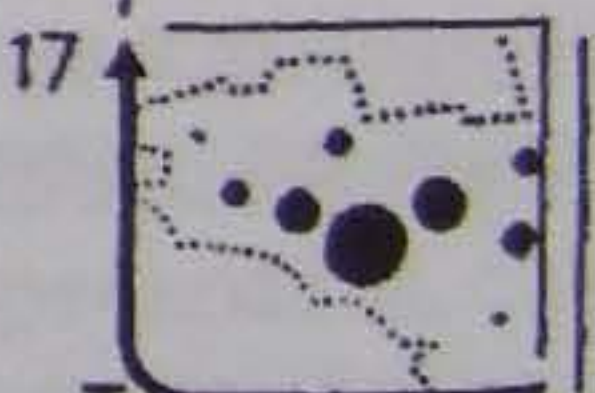
R

RÉSEAUX  
ORDONNABLES



RÉSEAUX  
ORDONNÉS

(TOPOGRAPHIES)



ABC...  $\neq$  : ordonnable O : ordonné OT : ordre topographique  
D : DIAGRAMMES  $\sim$  : permutations et classements R : RÉSEAUX



Comment choisir une construction ?

## Le synopsis des constructions utiles

Soit un tableau de données comportant en X des objets A, B, C, ..., en Y des caractères 1, 2, 3... On observera 1) le nombre de caractères, 2) la nature ordonnée (o) ou ordonnable (≠) des objets. Ce sont les deux principes de classement des diagrammes. Les relations entre objets définissent les réseaux.

### plus de 3 caractères

Objets ≠

① matrice ordonnable (reorderable matrix). C'est la construction de base

Objets O

② fichiers -image (image-file). Permutation seulement en Y.

Admet un maximum de données.

③ éventail de courbes (array of curves) quand les pentes sont significatives.

④ collections classables de tableaux ordonnées ou «cartes» : carte des sons, des couleurs...

⑤ collections de cartes géographiques à un caractère.

### 3 caractères et moins

Chaque caractère mobilise une dimension de l'image. Les groupements apparaissent directement sur le tableau ordonné.

⑨ ⑩ ⑪ corrélations (scatter-plot) à 3 et 2 caractères

⑫ distribution d'un caractère.

**Les réseaux (network) ordonnables.** Leurs transformations cherchent à simplifier l'image mais elles sont limitées par le nombre des éléments.

### Les réseaux ordonnés

②① topographie, cartes de base

①⑧ cartes 1 caractère

①⑦ ①⑥ superpositions exhaustives chromatiques

⑤ collection de cartes

- superpositions exhaustives (inventaires)

- superpositions simplifiées (synthèses)

Comment transmettre «aux autres» l'information ?

## La communication graphique

C'est la fonction la plus connue. Mais doit-on communiquer seulement les données élémentaires, comme font la plupart des constructions classiques, ou communiquer ce qui permet de «comprendre» ?

La graphique utile est évidemment celle qui permet de comprendre. Ses images sont les plus simples et il n'y a pas lieu de souligner les groupes sauf lorsque l'image optimisée reste complexe.

Mais toute optimisation est discutable? Faut-il en favoriser la discussion et conserver les données exhaustives ou les faire disparaître au bénéfice de groupements plus visibles, plus évidents, mais définitivement indiscutables ?

C'est le vrai problème de la communication scientifique, des dendrogrammes, des nuages factoriels, des modélisations cartographiques, qui font disparaître les données de départ et interdisent ainsi l'analyse critique.

**La fonction répertoire** caractérise nombre de topographies et privilégie à juste titre les questions de niveau élémentaire. Elle justifie aussi les classements alphabétiques ou chronologiques qui simplifient la découverte de l'élément recherché. Elle exclut les répertoires inclassés qui obligent à tout lire jusqu'à la découverte de l'élément pertinent.

4

## Schématisation de l'image graphique

Durant l'utilisation de l'outil graphique, «émetteur» et «récepteur» sont soit la même personne soit deux «acteurs» qui posent les mêmes questions de base. Ils n'entrent donc pas dans le schéma de la communication polysémique :

émetteur ↔ code ↔ récepteur (A)

Ils entrent en fait dans le schéma monosémique

acteur ↔ trois relations ≠, O, Q

relations de ressemblance et d'ordre qui permettent de réduire les données et qui ne sont pas conventionnelles puisqu'elles s'expriment par des variables visuelles ayant les mêmes propriétés.

Le schéma A n'est utilisé qu'à travers le verbe pour répondre à la 1ère question.

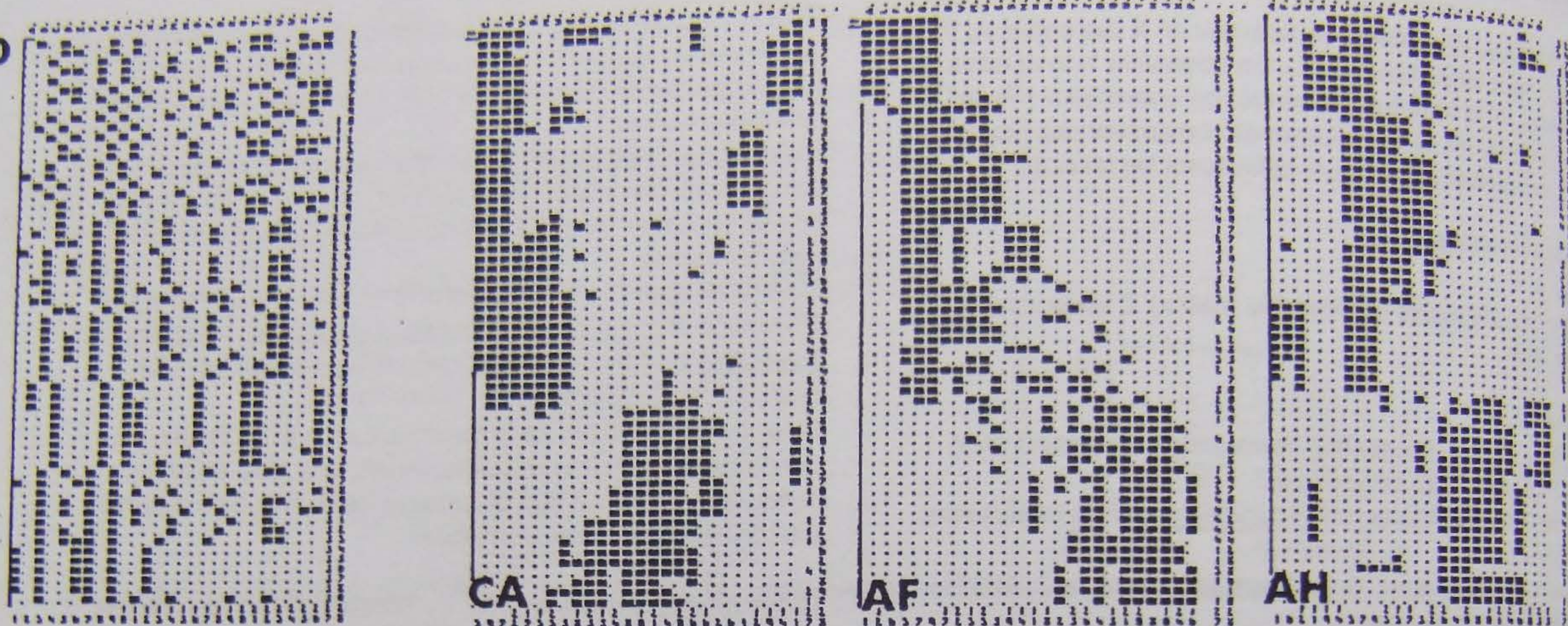


# LES DIAGRAMMES

Deux exemples de traitements graphiques

## Analogie et complémentarité entre traitements algorithmiques et graphiques

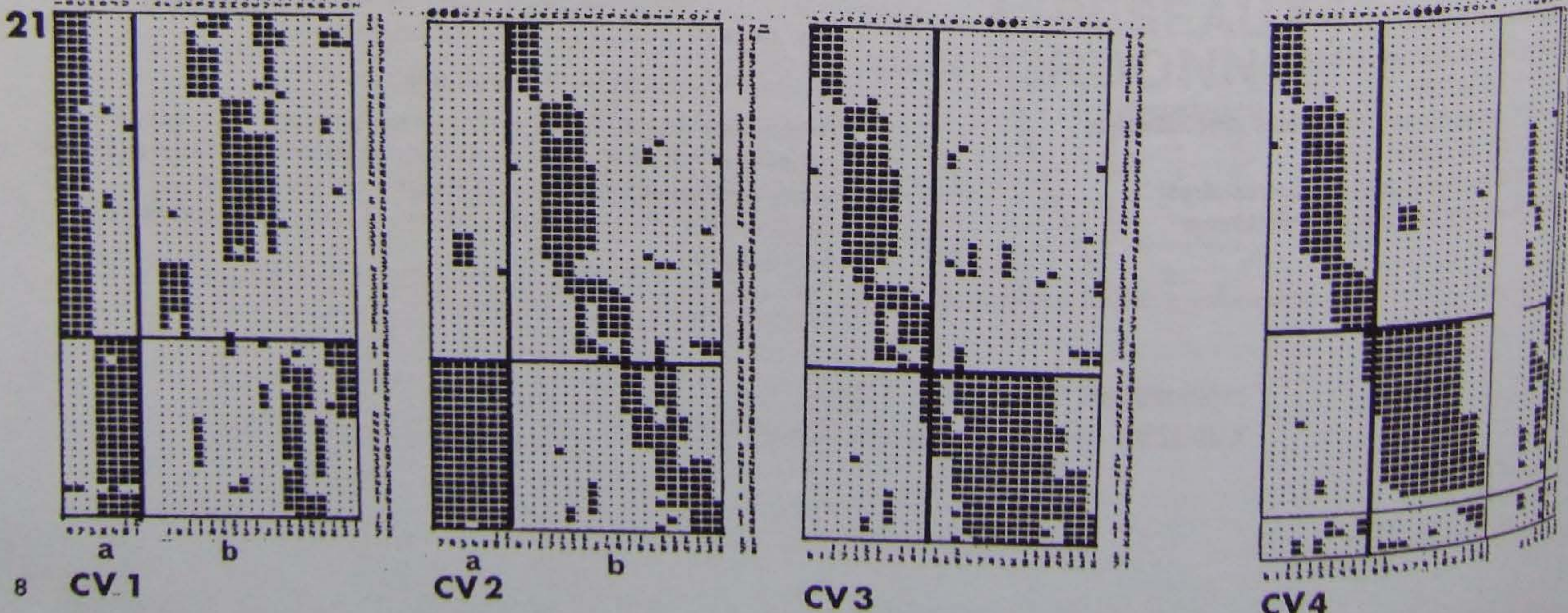
20



On étudie 59 objets mérovingiens à travers 27 caractères (20). On effectue trois classements algorithmiques : classification automatique (CA), analyse factorielle (AF), analyse hiérarchique (AH). Les images sont différentes. Il faut interpréter.

On part de l'analyse hiérarchique AH. CV1 installe des séparateurs et isole (a). CV2 simplifie (a) en inversant les trois premières colonnes et en reclassant (b). CV3 introduit (a) dans (b). CV4 simplifie CV3 en dégageant une structure évolutive et des exceptions d'objets et de caractères, tous clairement analysables.

21



8



## Une construction particulière : le fichier image

Un outil expérimental (GR p.75)

En mettant en X une composante ordonnée (ici le temps), cette construction élimine un axe de permutation et simplifie le traitement graphique.

### Une collection d'insectes est-elle homogène ?

- Trois chambres : claire, sombre, noire sont accolées.
- Pour chaque insecte on mesure, par unités de 5 minutes et pendant une heure, le temps passé dans les deux premières chambres (T1 et T2) avant d'atteindre la chambre noire.
- L'expérience, recommencée 12 fois, aboutit au tableau des données (22).

Il s'agit, en fait, de découvrir :

- si les 12 expériences sont comparables
- si les 8 insectes forment des types
- s'il y a des moments remarquables

(a) construit le fichier-image. Il met en X les quantités de temps et en Y les 8 insectes (≠) x 12 expériences (≠).

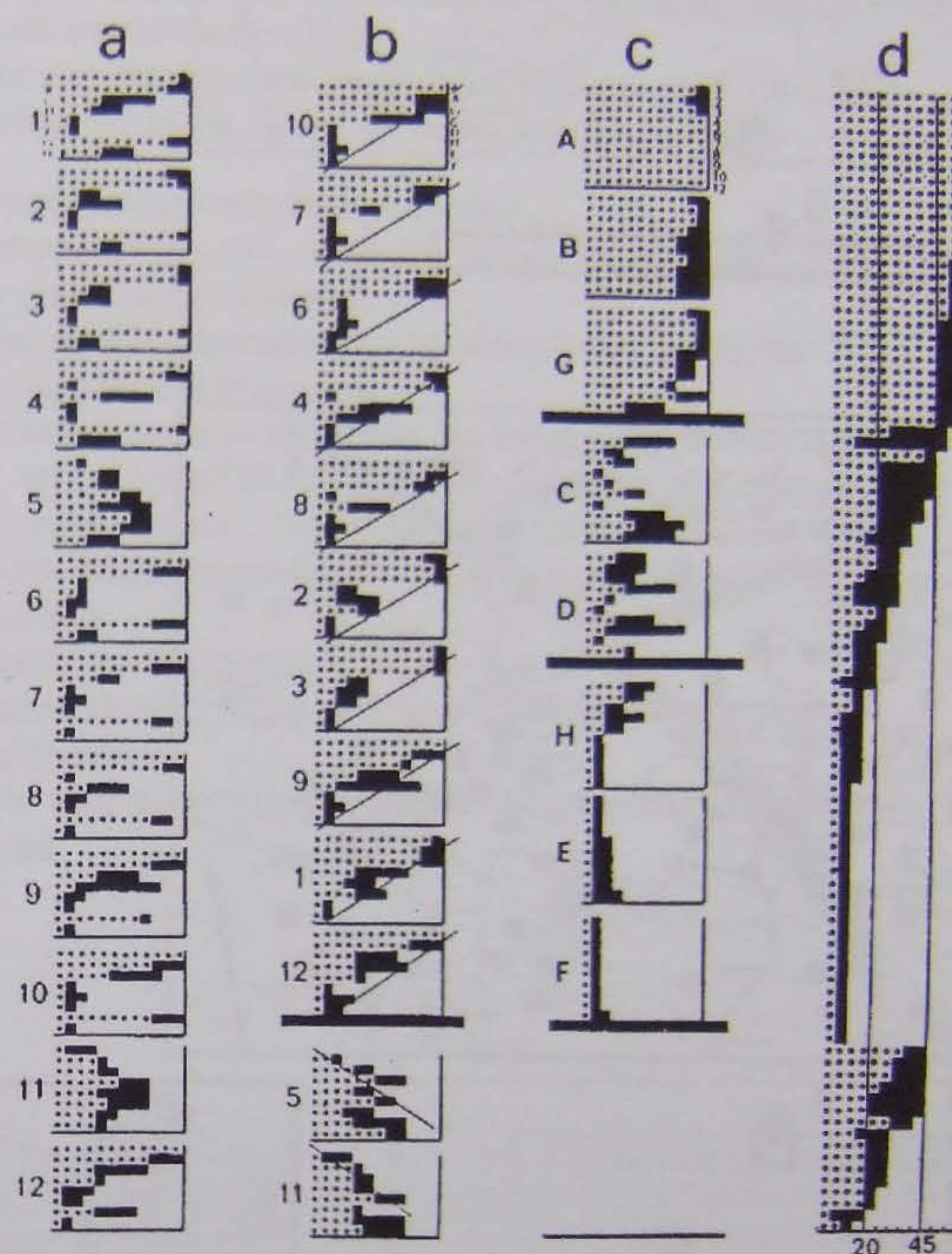
(b) construit une image par expérience fondée sur le classement ABGCDHEF des insectes. Les expériences forment deux groupes. 5 et 11 sont différentes de la majorité. Elles sont exclues et étudiées séparément.

(c) construit une image par insecte fondée sur l'ordre des expériences. Trois types se dégagent : lents, rapides, velleitaires.

(d) classe tous les temps, des plus longs au plus courts. Trois paliers apparaissent : 10, 20 et 45 minutes. Beaucoup d'autres observations sont possibles - voir GR p.78.

Autres exemples de fichiers-image : comparaison de spectres de matériaux, d'étoiles, de signatures génétiques...

		INSECTES							
22		A	B	C	D	E	F	G	H
EXPÉRIENCES	T1	T2							
1	11	1	10	2	4	9	3	3	1
2	10	2	11	1	2	2	4	1	1
3	11	1	11	1	3	2	2	1	1
4	12		10	2	1	1	4	1	1
5	2	1	4	2	4	2	6	2	4
6	12		9	3	2	1	2	1	1
7	12		9	3	4	2	1	1	1
8	12		10	2	1	1	3	4	1
9	12		9	3	4	4	2	8	1
10	12		9	3	5	5	1	1	1
11	1	3	4	1	4	2	6	3	4
12	12		9	3	4	5	4	1	1



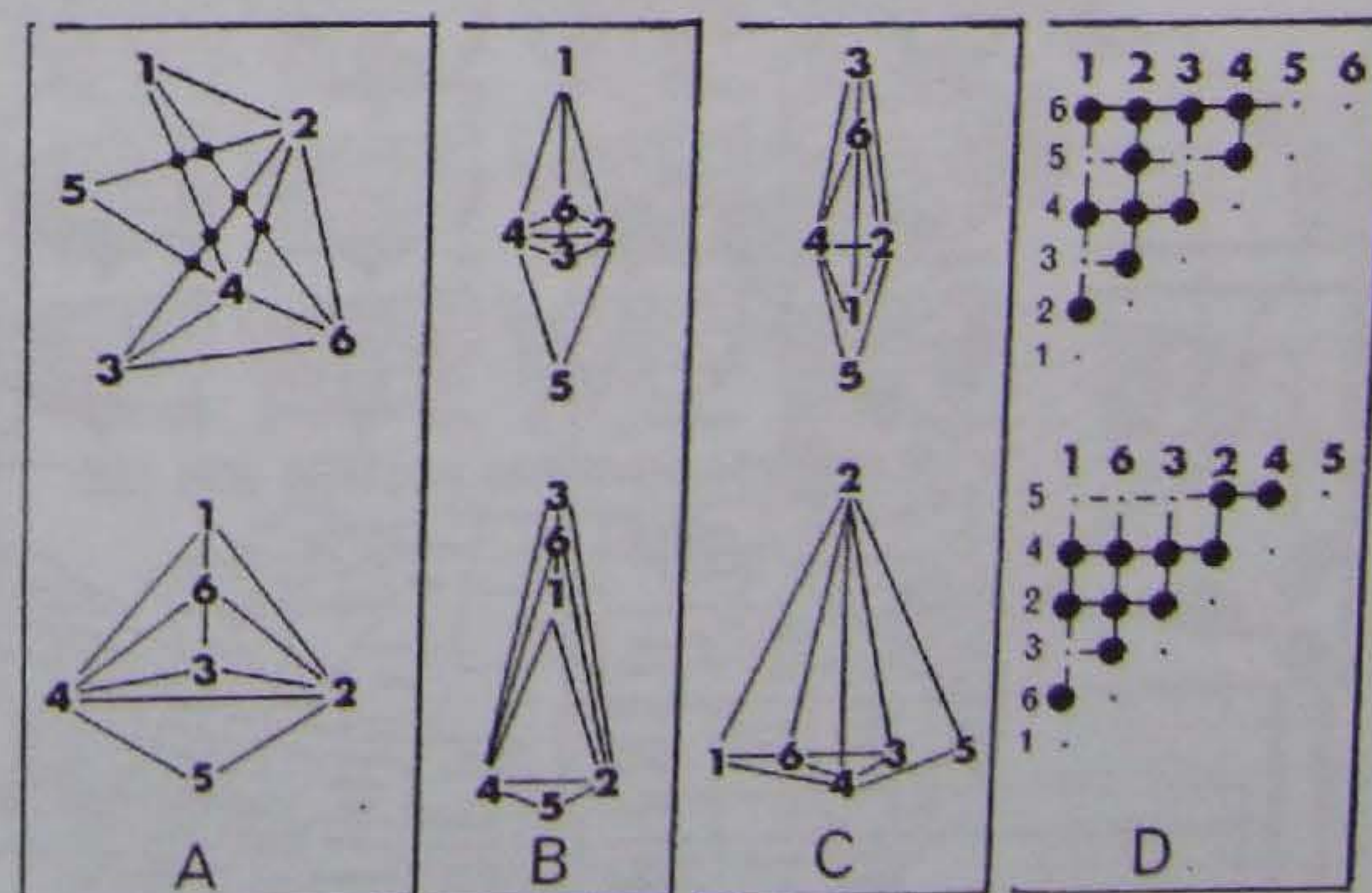
## LES RÉSEAUX ORDONNABLES

Les graphes et organigrammes transcrivent dans le plan les relations (arêtes) entre des objets (sommets). Leur traitement simplifie l'image

(A) en supprimant les croisements sans signification.

(B) en créant des groupes pertinents.

(C) en donnant une signification aux orientations X et Y du plan. Quand le nombre des éléments augmente ces opérations deviennent rapidement complexes. Il faut alors faire appel aux traitements matriciels (D) ou aux mathématiques des graphes.





# LES CONSTRUCTIONS CARTOGRAPHIQUES

## Les questions de base

Soit un problème cartographique à n caractères et le tableau correspondant avec, en X les éléments géographiques et en Y les caractères.

La première question de base (quels sont les X,Y,Z...) dirige la rédaction de la légende de la carte.

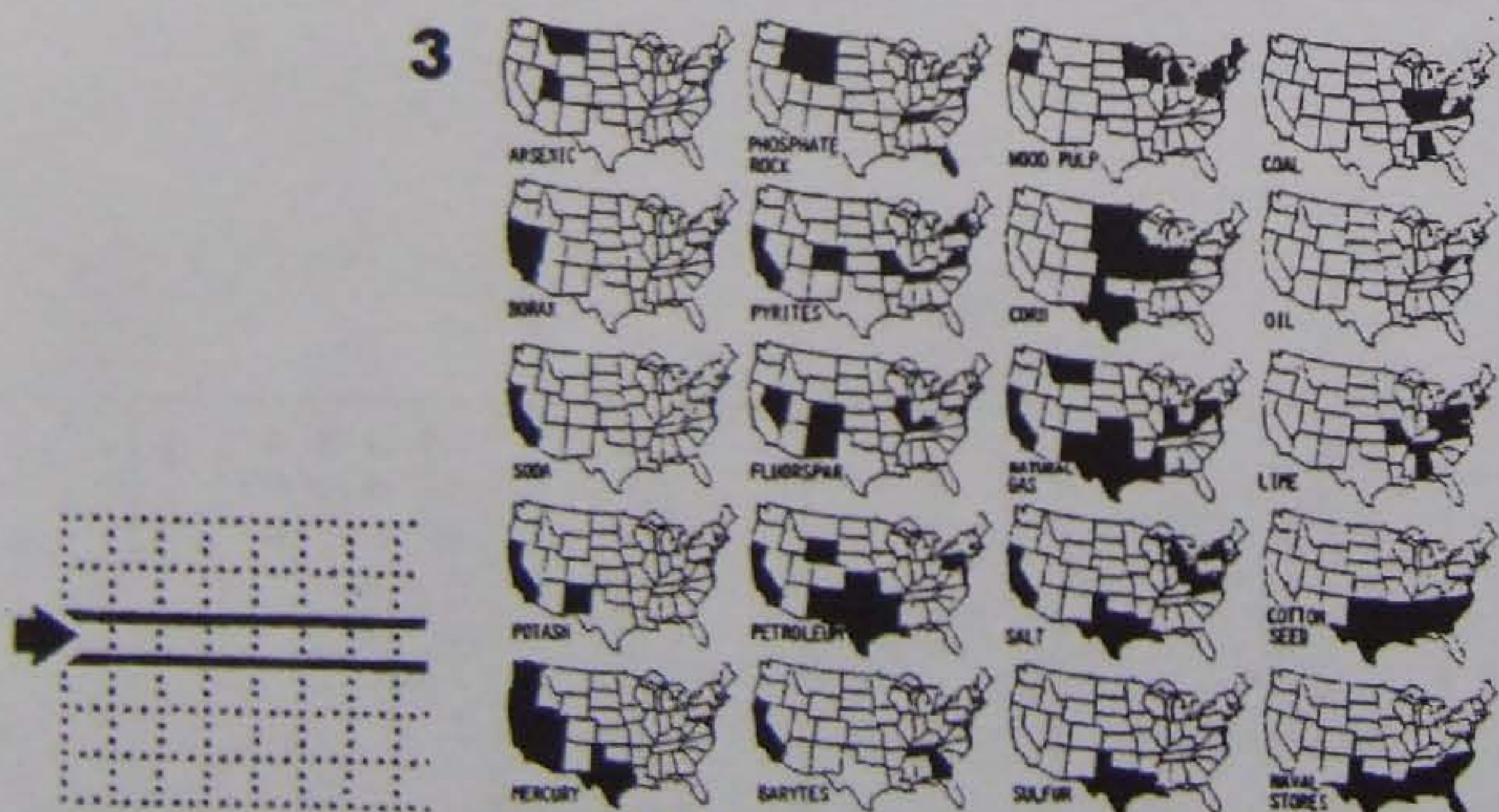
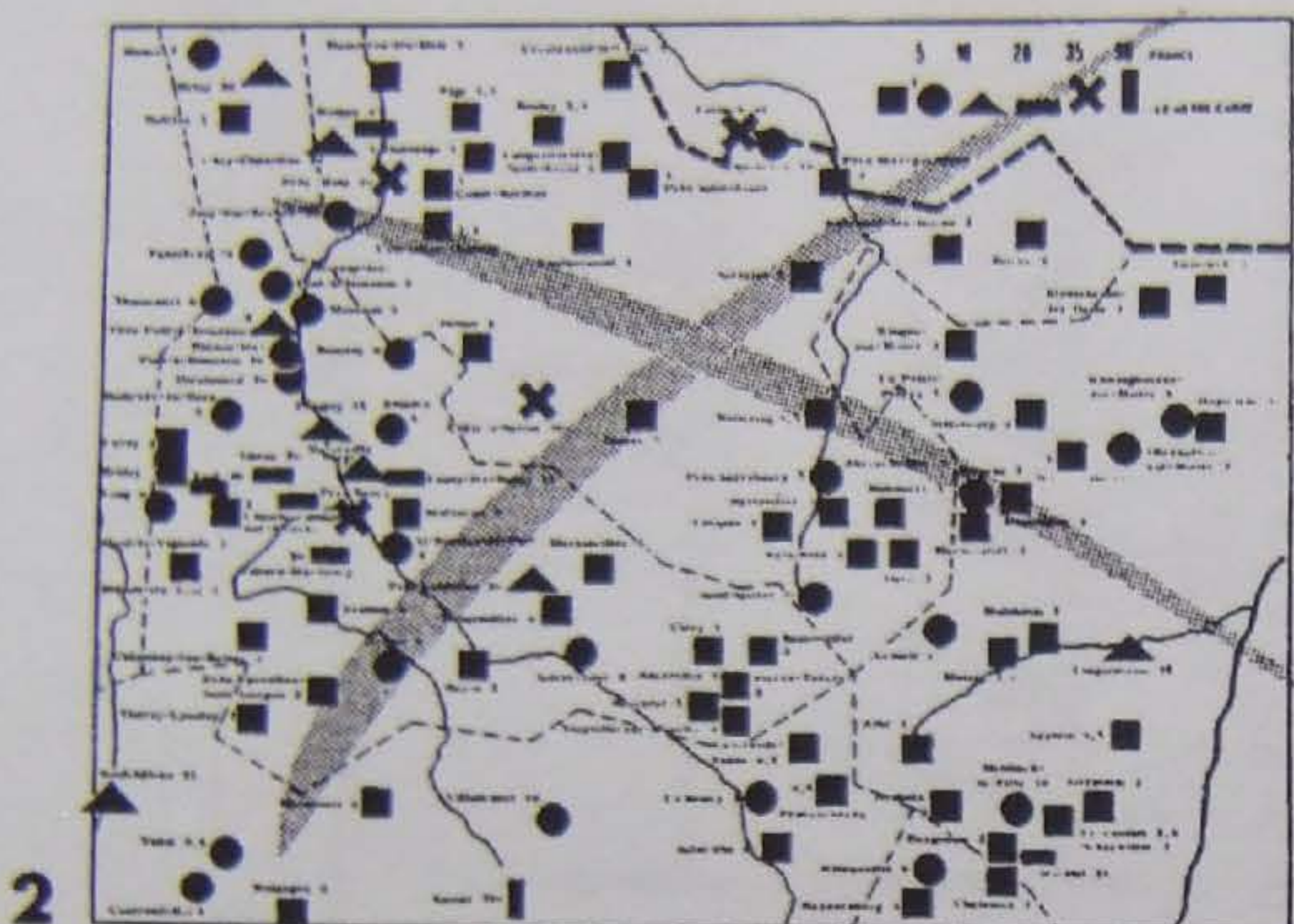
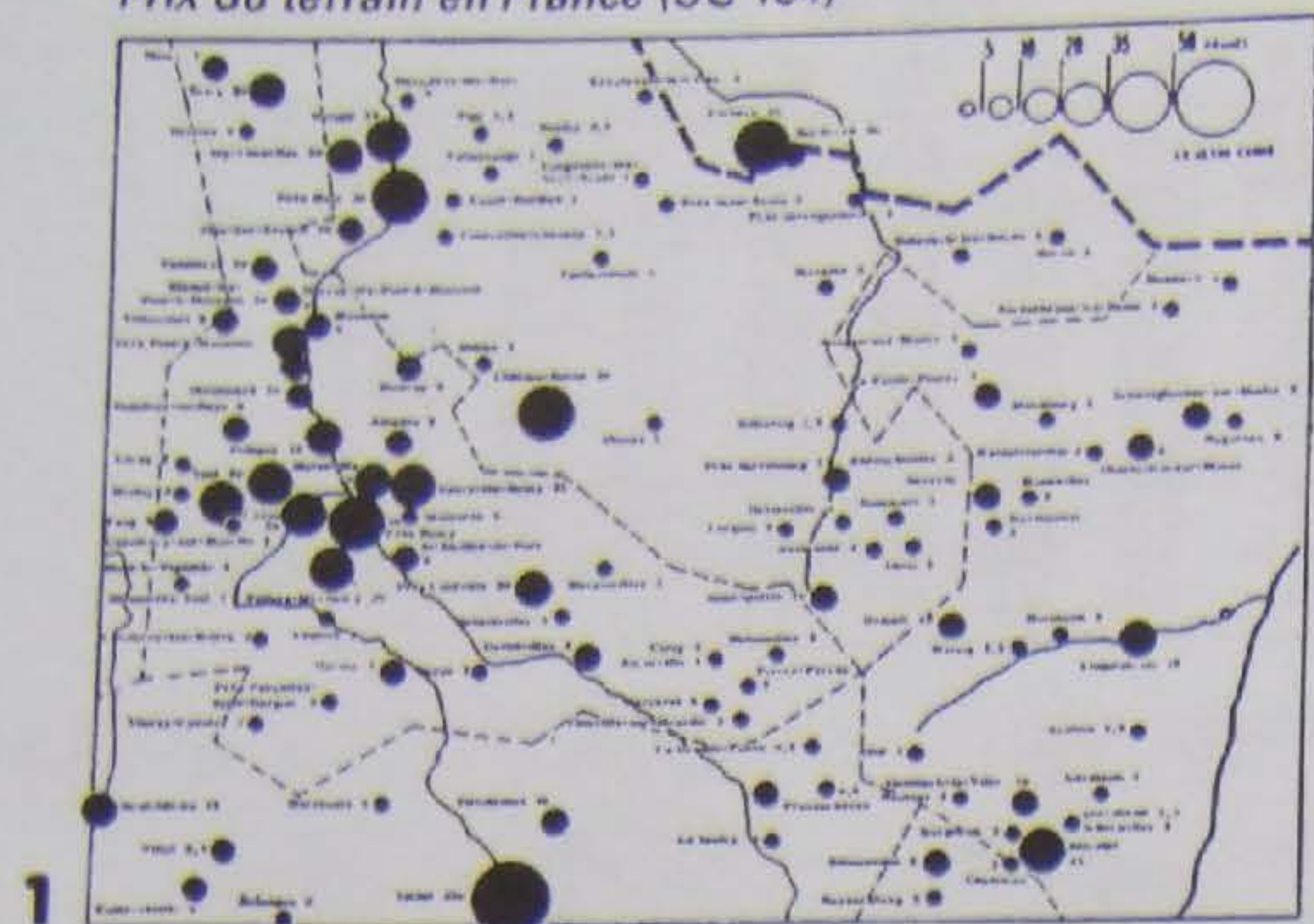
Pour répondre aux deux autres questions (quels sont les groupes, les exceptions...) il faut comparer les caractères, découvrir des ressemblances, des régionalisations et par conséquent répondre à la question «tel caractère, où est-il?» (A). De plus, dans sa fonction inventaire, la carte doit répondre à la question «à tel endroit, qu'y a-t-il?» (B). Les réponses varient selon les constructions.

La carte à 1 caractère ① répond aux deux questions. Elle soulève le problème de la représentation des quantités en Z. L'erreur ② -représentation non ordonnée- ne répond qu'à (B).

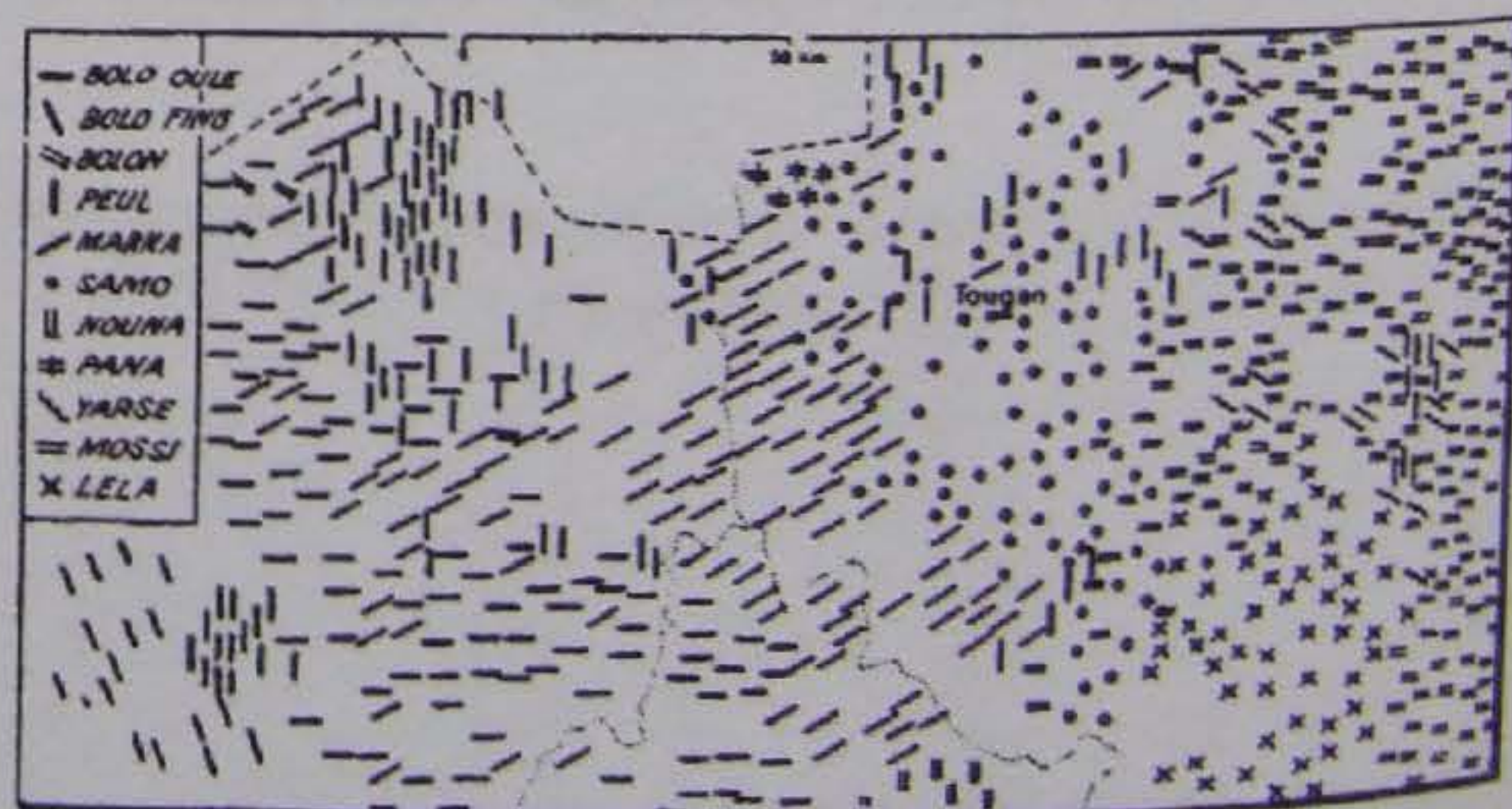
La collection de cartes à 1 caractère ③ ne répond qu'à (A), mais peut être classée de différentes manières.

La superposition de cartes ⑤ ne répond qu'à (B). Il en est de même pour ④. La superposition soulève le problème de la sélectivité. Pour répondre de manière exhaustive à toutes les questions, il faut donc construire la collection ③ et la superposition ④.

La carte simplifiée - carte de synthèse ⑦⑨⑩ - cherche à répondre à toutes les questions, mais c'est en abandonnant les données exhaustives. Elle soulève le problème du choix d'une procédure de traitement, matricielle ⑥ ou purement cartographique ⑧. Elle soulève aussi le problème de la discussion des régionalisations proposées quand les données de départ ont disparu ⑩.

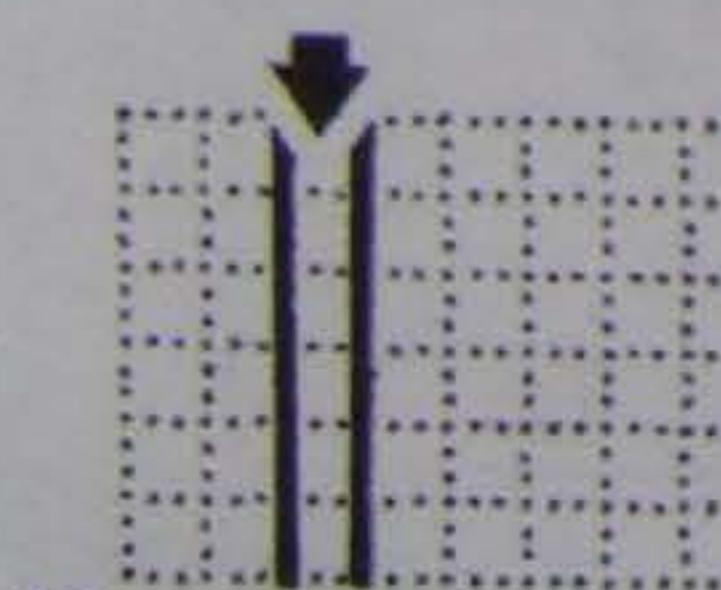


Matières premières aux USA (GR 158)



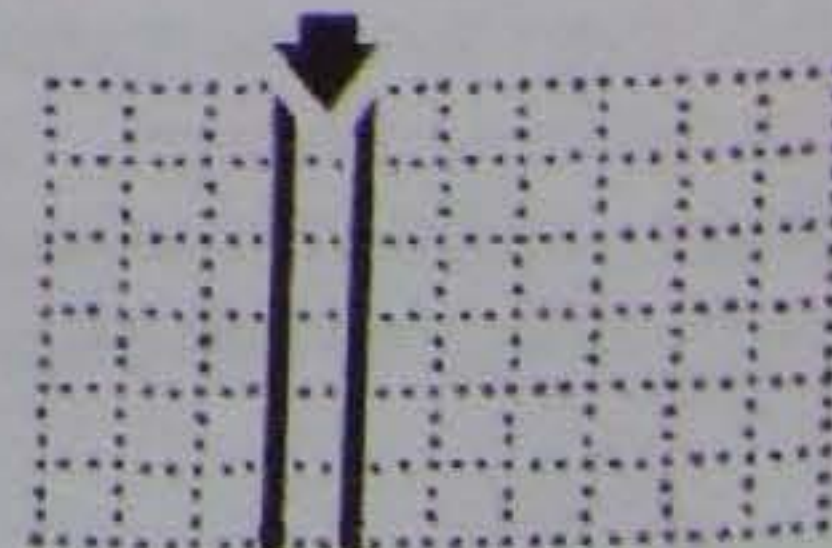
Ethnies au Burkina (SG 323)

5



10

4





## La représentation en Z des quantités (SG 366)

### Égaliser les classes de comptage

A la surface de la terre, la population d'un pays est fonction de l'étendue du pays. De même, en statistique, la population d'une classe d'âge dépend de l'étendue de la classe. En cartographie comme en statistique, il suffit de neutraliser ou d'égaliser les classes de comptage pour éviter les représentations erronées. Cette opération peut être mathématique (rapports, %, indices) ou graphique (quadrillages)

### Utiliser la variation de taille

Dans ① (prix du terrain), les prix élevés se voient immédiatement. C'est une carte «à voir». En ②, ils ne se voient pas. C'est une carte «à lire», comme ④.

### Faire varier le niveau d'écrêtage

Représenter en Z des quantités, c'est répondre à deux questions : quels sont les paliers caractéristiques de la distribution ? A quel niveau se dessine l'image utile (ressemblant à telle autre, supprimant des îlots, couvrant telle surface...)?

Une littérature abondante souligne la difficulté, sinon l'impossibilité, de répondre aux deux questions en une seule carte.

La variation continue informatisée du niveau de l'écrêtage apporte la solution efficace.

## La sélectivité (SG p.67 GR p.213)

Elle intervient dans les superpositions et se définit par son inverse : faire abstraction du reste.

A luminosité égale, sélectionner des carrés ②, c'est faire abstraction de **toutes** les autres formes. C'est impossible. La sélectivité des formes est nulle.

A luminosité variable, sélectionner les signes foncés, c'est faire abstraction des clairs, ce qui est immédiat ①

La meilleure sélectivité est assurée par

**la différence d'intensité** : taille et valeur quand celles-ci n'ont pas de signification ordonnée.

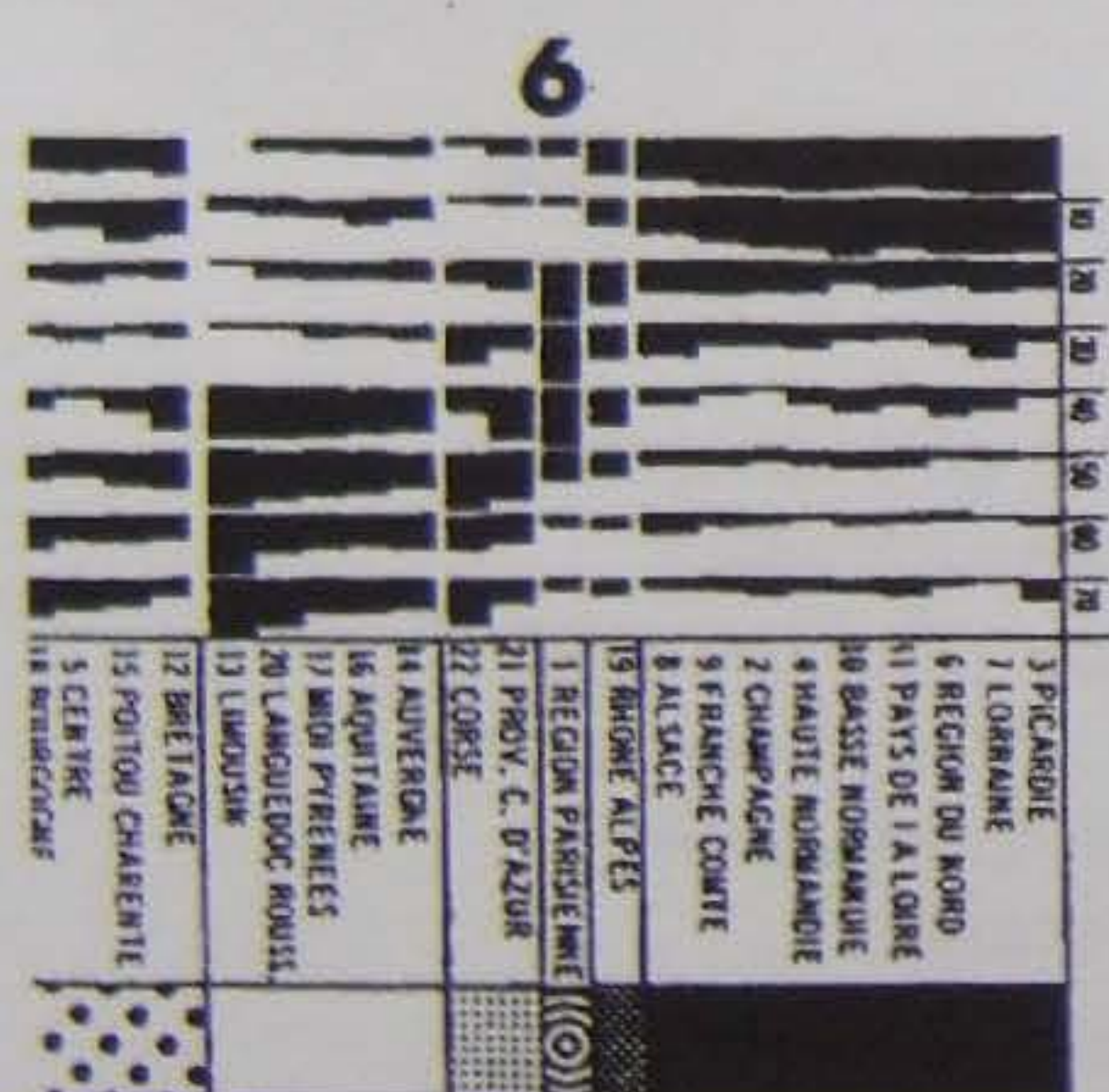
**la différence d'implantation** qui superpose des symboles ponctuels, linéaires et zonaux.

**par la couleur**, mais sa sélectivité est fonction de la taille des taches. Vert et rouge distinguent mal deux têtes d'épingles tandis que sur un mur, l'œil différencie sans doute près d'un million de teintes. La couleur en implantation ponctuelle est donc à éviter.

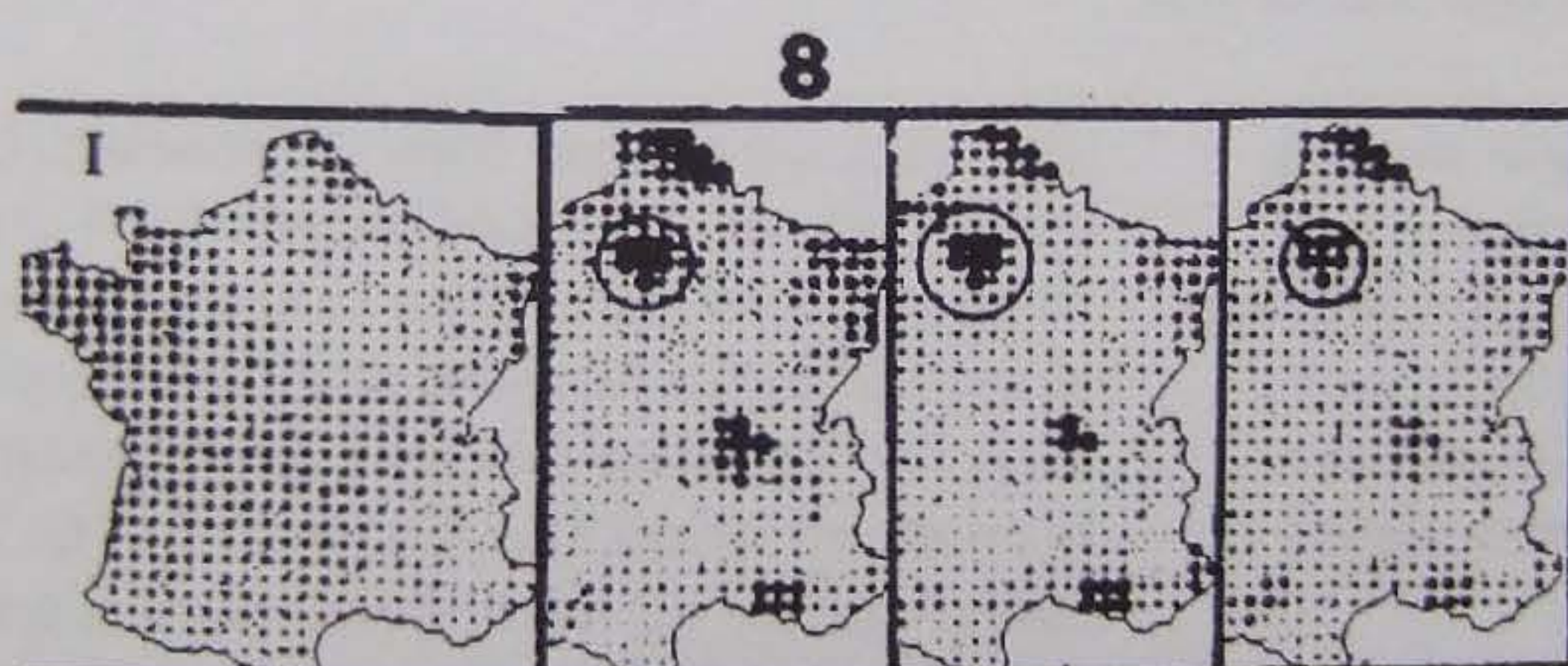
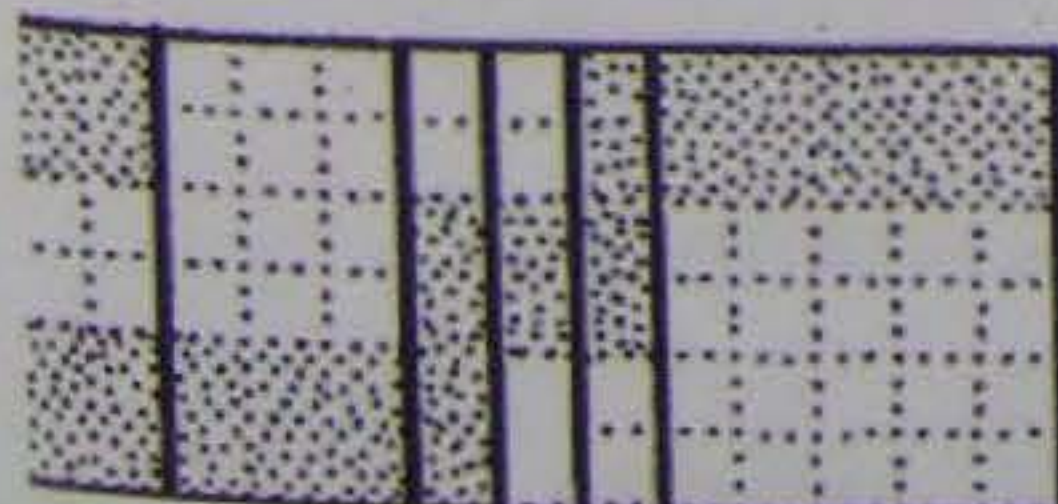
**par le grain**, en implantation zonale (3 paliers)

**par l'orientation** ⑤, en implantation ponctuelle (4 paliers) et linéaire (2 paliers).

La forme sous les trois implantations n'a pratiquement aucune sélectivité.

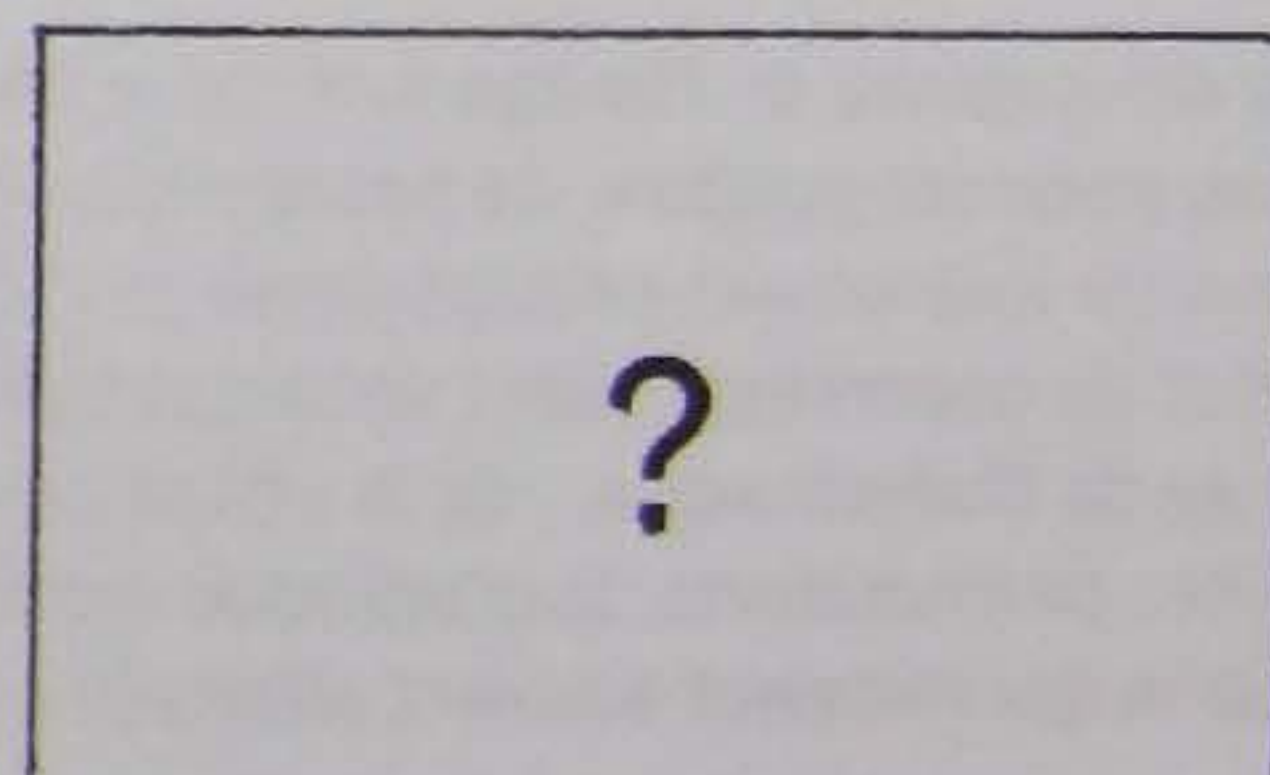
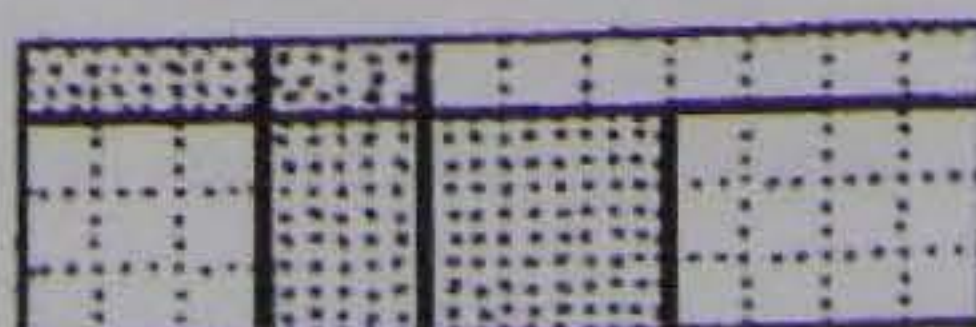


Les âges, par régions (GR 85)



9

Secteurs d'activité (GR 155)





## L'INVENTION DU TABLEAU DE DONNÉES

Quel tableau des données faut-il construire ?

L'«analyse matricielle d'un problème» aide à répondre à cette question, et propose d'organiser la réflexion en trois moments successifs.

1. Traduire le problème par des questions simples et faire en toute liberté et sans contraintes techniques, la **liste des caractères** et des objets qu'il serait souhaitable de connaître. Noter leur étendue et leurs relations. C'est le «tableau de ventilation».

2. Imaginer le **tableau idéal homogène** contenant le plus grand nombre d'éléments de cette liste.  
Autrement dit, que mettre en X (quelle qu'en soit l'étendue) pour que le plus grand nombre de caractères se placent en Y ? En mesurer les dimensions, l'accessibilité, le coût en temps et en moyens. En **étudier la réduction**, par agrégation ou par sondage et interpolation. C'est le «tableau d'homogénéité». Il aboutit à un tableau accessible et opérationnel.

3. Vérifier la pertinence de ce tableau en notant dans les marges, les correspondances et les **relations définies par les questions de départ**. C'est le «tableau de pertinence». Il précise le tableau des données final (GRp.233).

Cette étude précède évidemment le traitement proprement dit, mais ne peut être menée à bien sans la connaissance de l'analyse des données, mathématique ou graphique, et de ses modalités.

## PUISSANCE ET LIMITES DE LA GRAPHIQUE

Les trois dimensions de l'image font de la perception visuelle notre plus puissant système de perception et font de la graphique un instrument pédagogique particulièrement efficace qui permet de concrétiser, dès l'enseignement primaire, les problèmes de l'information, de la réflexion et de la décision. Grâce à ses permutations, la graphique moderne matérialise des notions qui restaient souvent abstraites :

-La graphique donne une forme visible aux étapes et aux modalités d'une étude, ce qui facilite grandement l'organisation du travail.

-Elle concrétise la notion de «données» et souligne les problèmes que soulève la constitution du tableau initial, problème de pure invention, hors du champ de tout ordinateur, et définis par la question : «que mettre en X ?»

-Elle donne une forme visible à la notion d'«analyse de données» plus accessible dans sa forme graphique que dans sa forme mathématique.

-Elle souligne qu'un travail n'est «scientifique» que lorsque ses assertions sont justifiées par le traitement rigoureux d'un tableau de données explicite. Hors de ce traitement il ne peut s'agir que d'opinions personnelles.

-Elle donne une forme visible aux notions de discussion, réflexion et compréhension, notions précisées par le niveau des questions pertinentes.

**Mais l'image n'a que trois dimensions.** Les incidences de cette limite dépassent probablement notre imagination, baignés que nous sommes dans cette situation naturelle.

-C'est ainsi que l'analyse mathématique parle de  $n$  dimensions. Mais l'on constate que les listings d'entrée en ordinateur forment un unique tableau X, Y, Z et qu'au moment de prendre connaissance du résultat des calculs, on se retrouve devant une image... qui n'a toujours que trois dimensions, la quatrième étant le temps, qu'il s'agit justement de minimiser.

-C'est ainsi que les études interdisciplinaires seront toujours difficiles puisque le géographe met en X l'espace, l'historien le temps, le psychologue les individus, le sociologue les catégories sociales, chacun étant d'ailleurs persuadé de détenir la «science de synthèse» sans entrevoir que chaque académie, chaque discipline, chaque centre d'études se définit par les composantes X et Y qui caractérisent son champ d'information. C'est l'absence d'une 4<sup>e</sup> dimension dans l'image qui interdit en fait de concevoir une science de synthèse non divisée en disciplines.

-C'est ainsi enfin que l'on peut démontrer les limites de la rationalité. Un traitement justifié ne peut exister que dans le cadre d'un ensemble fini : le tableau de données. Mais il existe une infinité d'ensembles finis.

Quels que soient nos efforts de rationalisation, ils seront toujours noyés dans l'infini de l'irrationnel.



**REIMPRESSION SUR LES PRESSES  
DE L' A.N.R.T  
JANVIER 1999**