

Jacques Bertin

Brève présentation de la GRAPHIQUE

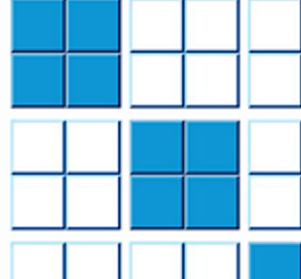
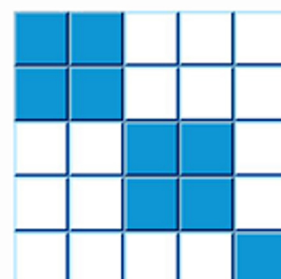
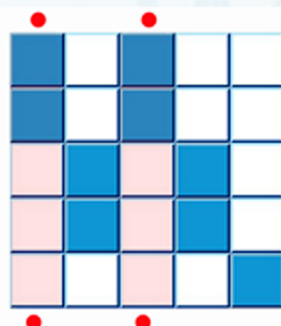
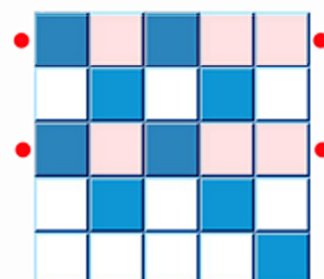
diagrammes, réseaux, cartographie

français

english
under
construction

español
en
construcción

1	0	1	0	0
0	1	0	1	0
1	0	1	0	0
0	1	0	1	0
0	0	0	0	1



Réalisation : Roberto Gimeno et Patrice Mitrano — 2001

1 Définitions**PROPRIÉTÉS DE L'IMAGE GRAPHIQUE****2 Les trois dimensions de l'image instantanée****2b Les propriétés du plan X Y : réseaux ou matrices****2c Les propriétés du plan X Y : image fixe ou image transformable****3 Les propriétés du Z****THÉORIE MATRICIELLE DE LA GRAPHIQUE****4 À quoi sert ce langage? Les niveaux de perception****5 Trois questions révèlent les constructions inutiles****6 Le synopsis des constructions opérationnelles****APPLICATIONS****7 LES DIAGRAMMES
à double permutation (matrices ordonnables)****8 à simple permutation (fichiers-images, éventail-de-courbes)****9 Diagrammes sans permutations (Tableaux ordonnés)****9b Diagrammes sans permutations (Collections d'images)****10 LES RÉSEAUX ORDONNABLES, leur simplification****11 LA CARTOGRAPHIE (RÉSEAUX ORDONNÉS)
Les questions de base en Cartographie****11b Les types de cartes et leurs propriétés****12 La carte simplifiée****13 La cartographie " de communication "****14 La représentation des quantités en Z****14b La sélectivité dans les superpositions****15 L'INVENTION DU TABLEAU DES DONNÉES****16 PUISSANCE ET LIMITES DE LA GRAPHIQUE**

LA GRAPHIQUE

L'unité et la spécificité de la Graphique sont apparues à la suite de la publication de la « Sémiologie graphique » (1967). La Graphique constitue l'« un des six langages fondamentaux » et la « théorie matricielle » en fournit une description simple et pratique.

1 Définitions

La graphique utilise les propriétés de l'image visuelle pour faire apparaître les relations de ressemblance et d'ordre entre les données. Ce langage recouvre l'univers des diagrammes, des réseaux et des topographes.

La graphique s'applique à un ensemble préalablement défini : le tableau des données et constitue ainsi la partie rationnelle du monde des images dans le classement logique des systèmes de signes fondamentaux*. Il faut donc éviter la confusion entre :

LA GRAPHIQUE, outil de travail, qui ne traite que d'ensembles définis par avance (le tableau des données). Ses lois sont indiscutables et s'apprennent, et LE GRAPHISME, - figuratif ou non - qui, au contraire, cherche définir un ensemble dans l'esprit de l'observateur. Le graphisme est un art, libre mais toujours discutable.

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 de la graphique prend en compte

- la correspondance entre le tableau des données (nombre et nature des composantes) et l'image,
- le niveau de perception, élémentaire ou d'ensemble, requis par l'objectif visé,
- et la mobilité ou la fixité de l'image.

Trois questions forment la base de cette théorie (voir 5)

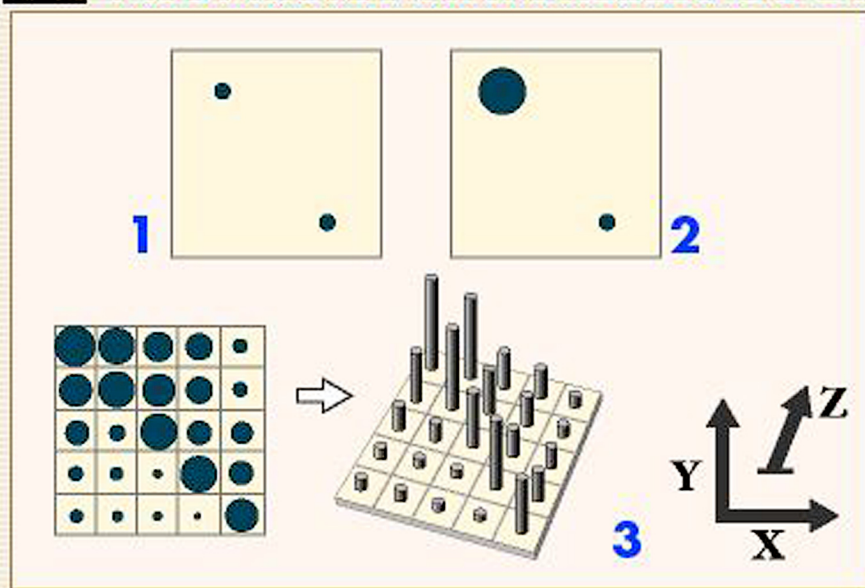
SYSTÈMES DE SIGNES FONDAMENTAUX		SYSTÈMES DE PERCEPTION	
			
SIGNIFICATION attribuée aux perceptions	Le système s'ouvre à toute signification PANSÉMIE	MUSIQUE	IMAGE NON FIGURATIVE
	Le système TEND à définir un concept POLYSÉMIE	VERBE	IMAGE FIGURATIVE
	Transcription des relations entre des concepts préalablement définis MONOSÉMIE	MATHÉMATIQUE	GRAPHIQUE

1 Définitions

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.

SYSTÈMES DE SIGNES FONDAMENTAUX		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

2 PROPRIETES NATURELLES DE L'IMAGE GRAPHIQUE



Les trois dimensions de l'image instantanée

1. Dans le plan, une tache peut être en haut ou en bas, à droite ou à gauche. La perception construit deux dimensions indépendantes **X** et **Y**, séparées par la perpendicularité.

2. Une variation d'énergie lumineuse construit en **Z** une 3e dimension indépendante de X et Y.

L'image, forme significative perçue instantanément se crée sur trois dimensions indépendantes x, y, z (3).

Elle peut donc transcrire les relations entre trois ensembles indépendants.

La variation en Z de l'énergie lumineuse, sur un support papier est fournie par la variation de la taille ou de la valeur des taches. **Taille** et **valeur** des taches sont, avec le **plan X, Y**, les **variables visuelles de l'image**.

2B PROPRIETES NATURELLES DE L'IMAGE GRAPHIQUE

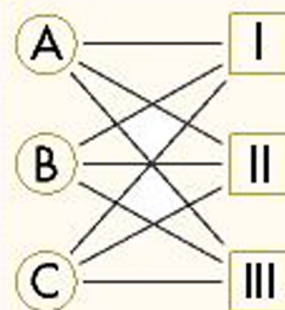
Les propriétés du plan X Y

Points ou lignes : réseaux ou matrices

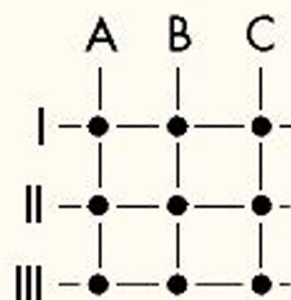
Une donnée est une relation entre deux éléments. En face le plan nous offre des points et des lignes. On peut donc représenter **les éléments par des points** et les relations par des lignes (4). On construit un RÉSEAU. Les dimensions X et Y de l'image ne sont pas significatives.

On peut aussi représenter **les éléments par des lignes** et les relations par des points (5). On construit une MATRICE. Les dimensions X et Y ont chacune une signification.

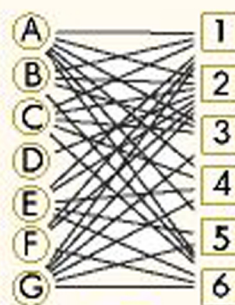
Si le RÉSEAU transcrit parfaitement l'ordre topographique, il est très limité devant les tableaux ordonnables : peut-on par exemple découvrir la relation aberrante en (6) ? Elle apparaît immédiatement dans la matrice (7). La MATRICE construit le support inconscient de la réflexion, souligné par l'universalité du « tableau à double entrée » et des procédures de reclassement.



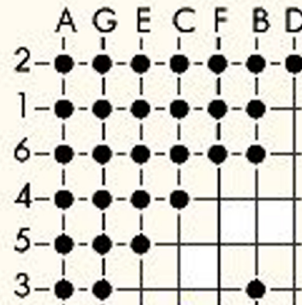
4



5



6



7

2c PROPRIETES NATURELLES DE L'IMAGE GRAPHIQUE

Les propriétés du plan X Y

Image fixe ou image transformable

Soit le tableau de 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 rédhibitoire. 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 trois groupes qui caractérisent cet ensemble de données.

*La 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 de la théorie matricielle de la graphique.*

Les permutations sont schématisées par (11).

	A	B	C	D	E
1	1	0	0	1	0
2	0	1	1	0	1
3	1	0	0	1	0
4	1	1	0	0	0
5	0	1	1	0	1

8

	A	B	C	D	E
1	1	0	0	1	0
2	0	1	1	0	1
3	1	0	0	1	0
4	1	1	0	0	0
5	0	1	1	0	1

9

	D	A	B	C	E
1	1	0	0	1	0
3	1	0	0	1	0
4	1	1	0	0	0
5	0	1	1	0	1
2	0	1	1	0	1

10



11

PROPRIETES NATURELLES DE L'IMAGE GRAPHIQUE

3 Les propriétés du Z

Superposer des images graphiques correspond visuellement à superposer des photographies : les clichés se mélangent et les images se détruisent. L'image n'a que trois dimensions. Comment représenter plusieurs caractères sur une « carte » c'est-à-dire sur un XY fixe et cependant séparer leurs images ? C'est le problème de la sélectivité des variables visuelles.

12 Ordre (O)

Les variables de l'image sont ordonnées (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 Association (≡)

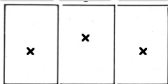
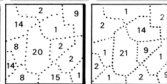
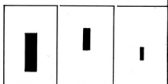
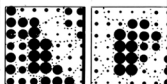
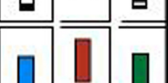
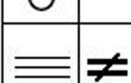
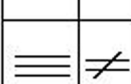
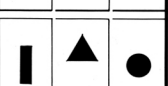
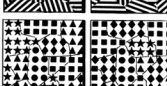
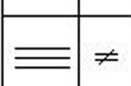
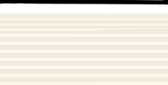
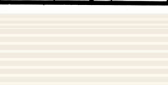
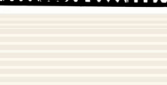
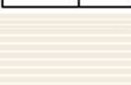
Les autres variables sont à visibilité constante et ne perturbent aucune combinaison. Elles sont dites *associatives* (ceci peut être vu semblable à cela). Elles servent à séparer des images élémentaires.

14 Sélection (≠)

Toutes les variables sont sélectives

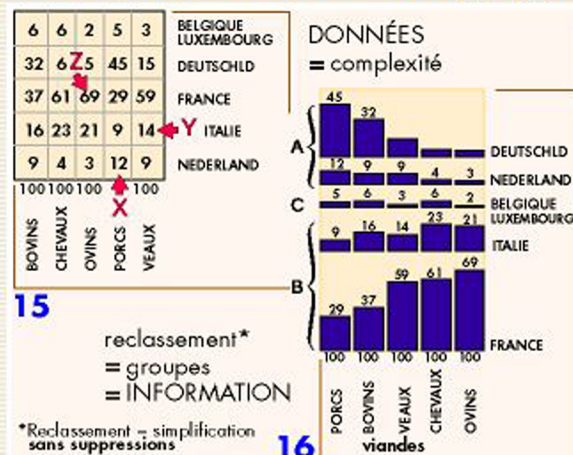
(ceci est différent de cela) mais elles le sont plus ou moins. Seul le plan possède toutes les propriétés perceptives.

Les transformations du Z (modification de la formule graphique, variation du niveau de l'écrêtage, inversions, séparateurs, couleurs diverses...) autrefois pratiquement irréalisables, sont maintenant faciles grâce à l'informatique

LES VARIABLES DE L'IMAGE										12 14	
POINTS			LIGNES			ZONES					
XY 2 DIMENSIONS DU PLAN											
Z											
TAILLE											
VALEUR											
LES VARIABLES DE SÉPARATION DES IMAGES										13	
GRAIN											
COULEUR											
ORIENTATION											
FORME											

THÉORIE MATRICIELLE DE LA GRAPHIQUE

4 À quoi sert ce langage ?



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 :

- en X : telle viande, quel pays ?
- en Y : tel pays, quelle viande ?
- en Z : les gros pourcentages, où ? Mais dans chaque entrée, les questions vont du niveau élémentaire au niveau d'ensemble.

Les niveaux de perception

Les questions élémentaires : l'Italie, combien de porcs ? reçoit comme réponse le chiffre de la case. C'est la donnée élémentaire, la seule que nous mémorisons 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 un petit nombre de groupes d'éléments semblables. 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 reclasse 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. **C'est la deuxième information.**

Ces informations essentielles sont invisibles en (15) et dans toute autre construction (17). Ce sont pourtant ces informations que doivent être exposées. Les traitements mathématiques ou graphiques 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 niveau moyen correspondent à la multitude de sous-ensembles que l'on peut définir entre les niveaux extrêmes. Et quand la question d'ensemble reçoit réponse, tous les niveaux de questions reçoivent réponse.

5 Trois questions révèlent les constructions inutiles

La théorie matricielle retient les observations suivantes : par définition **tout graphique correspond à un tableau de données à double entrée** pouvant contenir dans ses cases des 0-1, des oui-non, des nombres cardinaux, des nombres ordinaux et des (?).

Ce tableau propose trois types de questions : en X, en Y et en Z. Les questions s'échelonnent du niveau élémentaire au niveau d'ensemble. Quand ce dernier reçoit une réponse, tous les niveaux reçoivent réponse.

Comprendre c'est atteindre le niveau d'ensemble et découvrir des groupes. En conséquence, le rôle majeur d'un graphique est d'apporter une réponse aux trois questions suivantes :

LES TROIS QUESTIONS DE BASE DE LA GRAPHIQUE

1 quelles sont les composantes XYZ du tableau de données ?

(de quoi s'agit-il ?).

2 quels sont les groupes en X, en Y que Z construit ? (quelle est l'information d'ensemble ?).

3 quelles sont les exceptions ?

Ces trois questions mesurent l'utilité de toute construction et de tout traitement. Elles permettent d'éviter les graphiques inutiles.

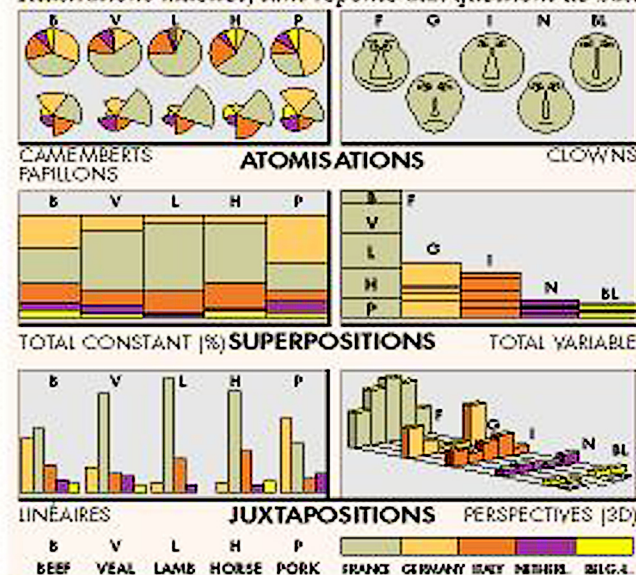
Leur connaissance précède toute expérience graphique.

Les constructions **(17)** soulignent que seule la matrice ordonnable **(16)** **(18)** répond à toutes les questions.

C'est la construction de base de la graphique. Application optimale des propriétés de l'image, la matrice ordonnable concrétise la chaîne des opérations logiques : données - matrice - réduction - exceptions - discussion - décision - communication. Elle organise la réflexion, donne un sens aux opérations automatiques et **fournit la clef du classement des graphiques et du choix d'une construction** **18**.

17 Principales constructions inutiles

Illustrations muettes, sans réponse aux questions de base

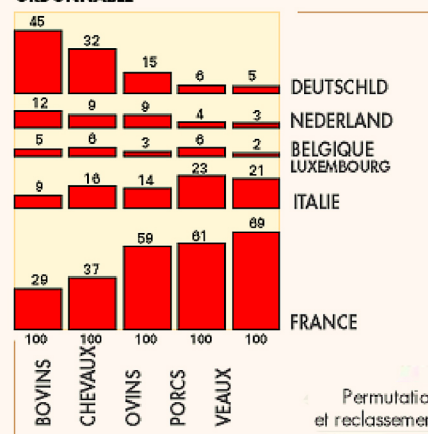


18

Construction normale

Outil de découverte, qui répond à toutes les questions

MATRICE ORDONNABLE



6 Synopsis des constructions opérationnelles

Le synopsis classe les constructions en fonction des modalités du tableau des données. Il faut observer :

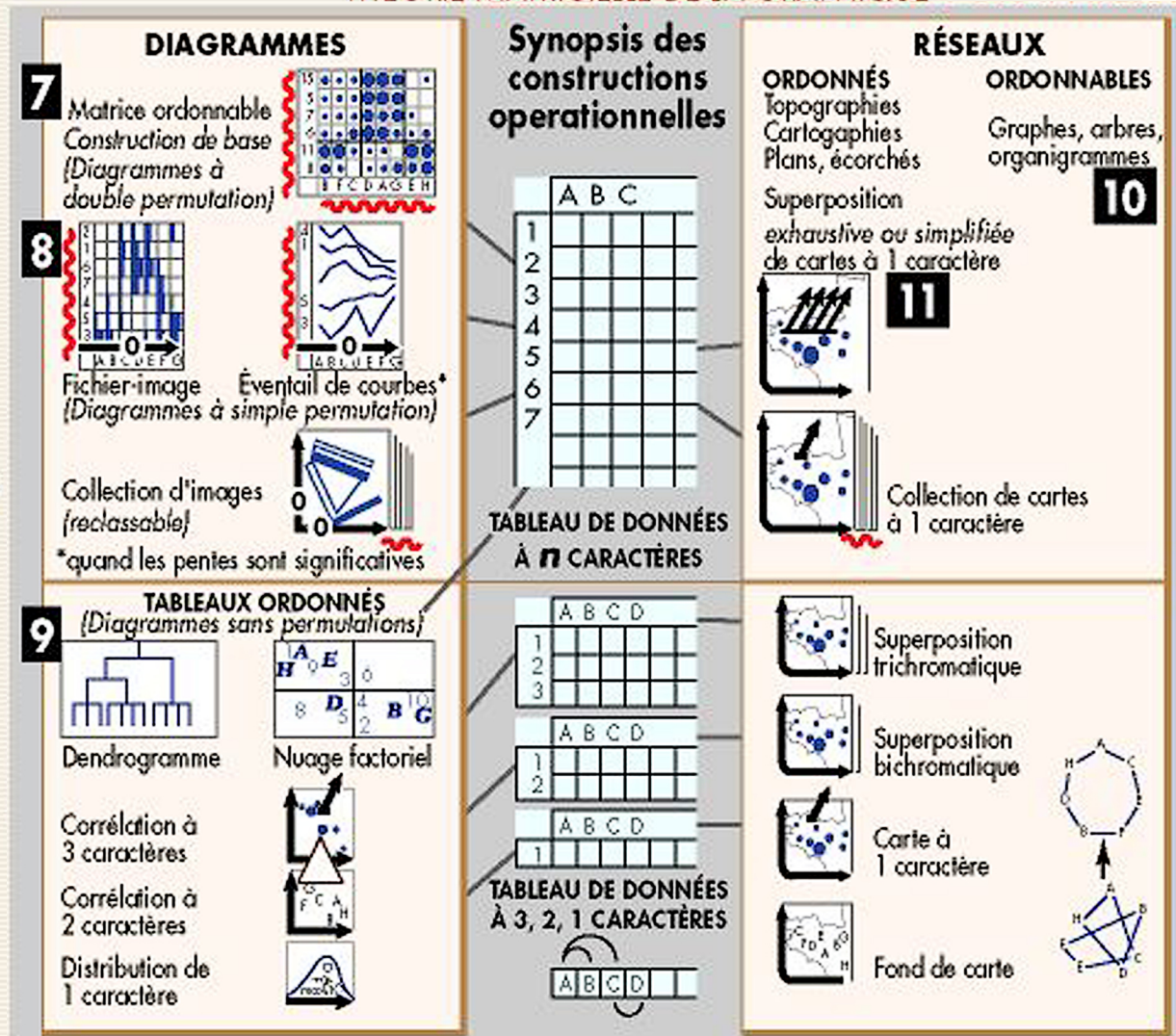
- le nombre des caractères
- leur nature : ordonnée (O) ou ordonnée ($\neq$) $\rightarrow$ 
- la présence de la composante géographique pour définir les constructions utiles.

Dendrogrammes et nuages factoriels font apparaître les groupes d'objets et de caractères mais font disparaître le « pourquoi » c'est-à-dire le contenu du tableau, ce qui appauvrit considérablement la discussion.

Dans le tableau de données à 3 caractères et moins, chaque caractère mobilise une dimension de l'image. Les groupes apparaissent directement sans besoin de permutation.

Les relations entre caractères construisent des diagrammes. Les relations entre objets construisent des réseaux. Mais les réseaux peuvent se construire aussi sous forme matricielle.

THEORIE MATRICIELLE DE LA GRAPHIQUE



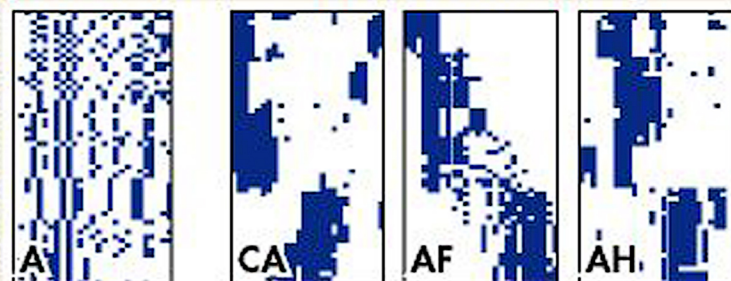
LES DIAGRAMMES

7 Diagrammes à double permutation (matrices ordonnables)

Analogie et complémentarité entre traitements algorithmiques et graphiques

On étudie 59 objets mérovingiens à travers 27 caractères (**A**).

Trois classements : classification automatique (**CA**), analyse factorielle (**AF**), analyse hiérarchique (**AH**) montrent des images différentes. Il faut interpréter.



On part de l'analyse hiérarchique AH. 1 installe des séparateurs et isole (a).	2 simplifie (1) en inversant les trois premières colonnes et en reclassant (b).	3 introduit (a) en (b).	4 simplifie (3) en séparant des exceptions d'objets et de caractères, facilement analysables, comparées à une structure centrale homogène.
a b	a b		

8 Diagrammes à simple permutation (fichier-image, éventail de courbes)

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 ?

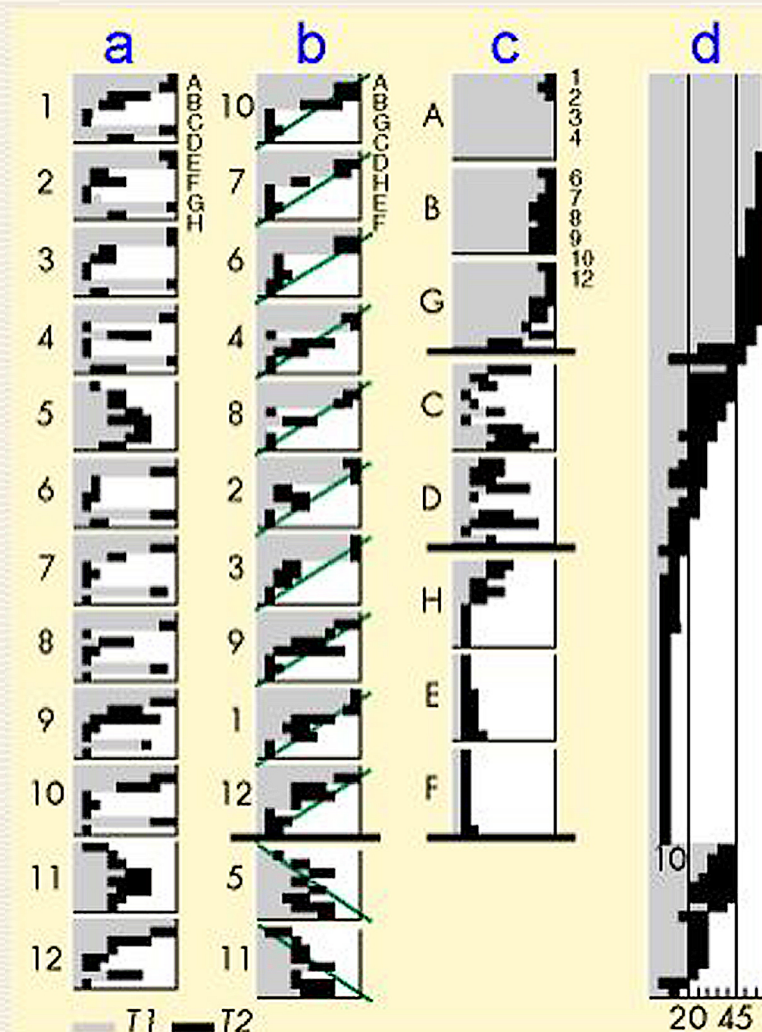
Pour réaliser l'expérience, trois chambres : claire, sombre, noire, sont accolées. On place les 8 insectes dans la première chambre et pour chaque insecte on mesure, en unités de 5 minutes et pendant une heure le temps passé dans les deux premières chambres T1, T2. L'expérience, recommencée 12 fois, fournit le tableau de données (A).

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

		INSECTES							
		A	B	C	D	E	F	G	H
EXPÉRIENCES	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1
	5	1	1	1	1	1	1	1	1
	6	1	1	1	1	1	1	1	1
	7	1	1	1	1	1	1	1	1
	8	1	1	1	1	1	1	1	1
	9	1	1	1	1	1	1	1	1
	10	1	1	1	1	1	1	1	1
	11	1	1	1	1	1	1	1	1
	12	1	1	1	1	1	1	1	1



LES DIAGRAMMES

a construit le fichier-image. Il place en X les quantités de temps (Q) et en Y les 8 insectes (≠) multipliés par les 12 expériences (≠).

b construit une image par expérience : les expériences forment 2 groupes :

5 et 11 sont différentes de la majorité. Elles sont exclues et seront étudiées séparément.

c construit une image par insecte fondée sur l'ordre des expériences. Trois groupes apparaissent :

- lents : A, B, G,
- velléitaires : C, D,
- rapides : H, E, F.

d classe tous les temps, des plus courts aux plus longs. Trois paliers apparaissent : 10, 20 et 45 minutes. Beaucoup d'autres observations sont possibles.

9 Diagrammes sans permutations (Tableaux ordonnés)

Partie classique de la graphique, les tableaux ordonnés s'appliquent aux tableaux de 3 lignes et moins (voir 6). Ils font apparaître directement les groupes, sans reclassement. Quelques exemples :

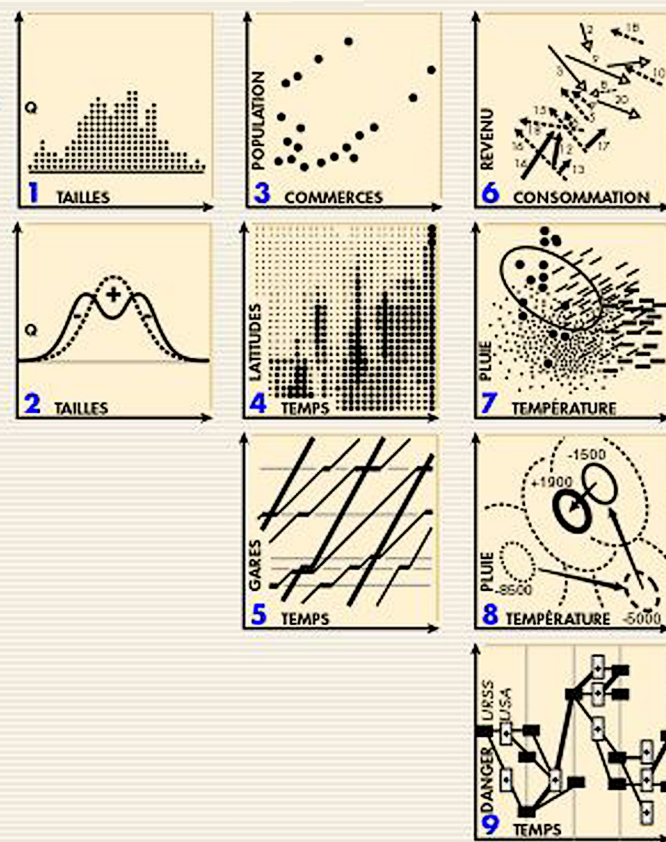
Les tableaux à une ligne construisent des « distributions »

- 1 compte le nombre d'objets par taille et fait apparaître par exemple les erreurs de fabrication (distributions multimodales).
- 2 superpose la distribution d'un produit à la distribution de la population concernée. Le désaccord est évident et mesurable.

Les tableaux à 2 ou 3 lignes construisent des « corrélations »

- 3 révèle deux types de villes.
- 4 montre l'évolution de la température stratosphérique.
- 5 fixe la succession et l'horaire des trains sur une ligne de chemin de fer.
- 6 montre le sens de l'évolution d'une corrélation entre deux dates.
- 7 superpose 5 types d'associations végétales.
- 8 montre la succession des climats, révélée par la succession des associations végétales, dans un sondage.
- 9 traduit la « dangerosité » des décisions prises successivement par l'URSS et les USA pendant la crise cubaine.

LES DIAGRAMMES



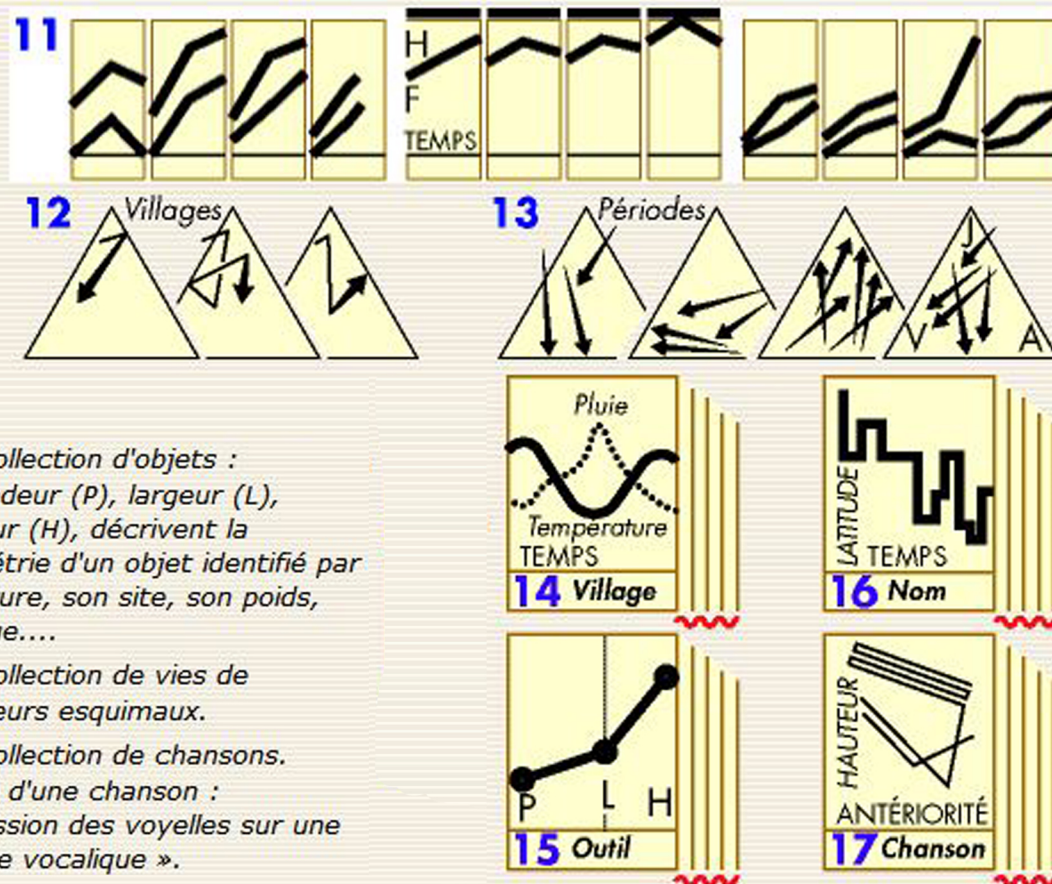
9B Diagrammes sans permutations en « collection d'images »

En collection, le tableau ordonné construit un outil de recherche remarquable qui s'applique à des tableaux de données de plus de 3 lignes. Les identificateurs inscrits sur chaque image permettent de nombreux classements : ~

11 évolution de l'alphabétisation des hommes (H) et des femmes (F). Identificateurs : le lieu, rural ou urbain, la région, la profession... Trois types d'évolution apparaissent clairement ici.

12, 13 vieillissement de la population (jeunes J, adultes A, vieux V). Une image par village, toutes époques superposées n'apporte rien (**12**). Une image par époque, tous villages superposés, révèle une évolution spectaculaire (**13**).

14 collection de diagrammes « ombro-thermiques ». Identificateurs : site, année, altitude.



15 collection d'objets : profondeur (P), largeur (L), hauteur (H), décrivent la géométrie d'un objet identifié par sa nature, son site, son poids, son âge....

16 collection de vies de chasseurs esquimaux.

17 collection de chansons. Image d'une chanson : succession des voyelles sur une « carte vocalique ».

LES DIAGRAMMES

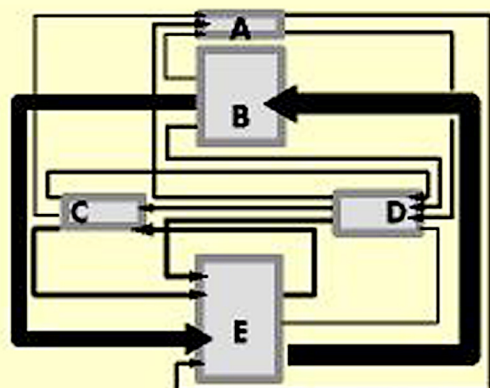
10 LES RESEAUX ORDONNABLES

Les réseaux ordonnables (graphes, organigrammes, arbres...) transcrivent dans le plan les relations (ou arêtes) entre des objets (ou sommets).

LES DIAGRAMMES

Le traitement des réseaux ordonnables tend à simplifier l'image

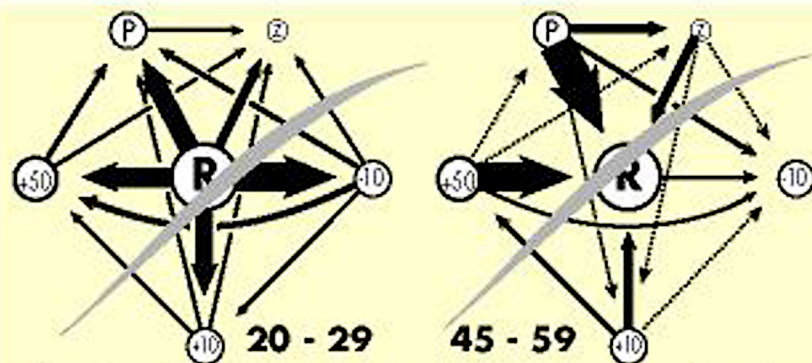
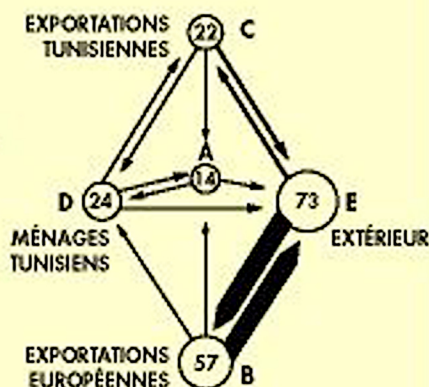
■ en simplifiant le dessin



Échanges financiers dans une économie de marché

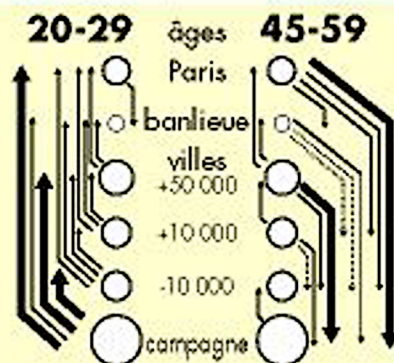
■ en supprimant les croisements non significatifs

■ en créant des groupes pertinents



Migration des électeurs suivant l'âge et la dimension des communes

■ en hiérarchisant l'image c'est-à-dire en donnant une signification ordonnée aux dimensions X et Y du plan



11 LA CARTOGRAPHIE (Topographies, plans, écorchés)

Le tableau des données (A) construit la forme matricielle de la cartographie. Ici, il place en X les éléments géographiques et en Y les caractères. Les questions de base servent de guide :

Les 3 questions de base, en cartographie

La 1ère question : *quels sont les XYZ ?* dirige la rédaction du titre et de la légende de la carte.

Pour répondre aux deux autres questions : *groupes, exceptions ?* il faut découvrir ces groupes (ressemblances géographiques entre caractères) et donc répondre à la question : **tel caractère, où est-il ?** exemple : le sel, où est-il ? (question en Y).

1 fournit une réponse complète (exhaustivité).

2 n'y répond pratiquement pas.

Dans sa fonction d'« inventaire de précision » fondée sur l'identification géographique, la carte doit répondre à la question : **à tel endroit, qu'y a-t-il ?**, exemple : au Texas, qu'y a-t-il ? (question en X).

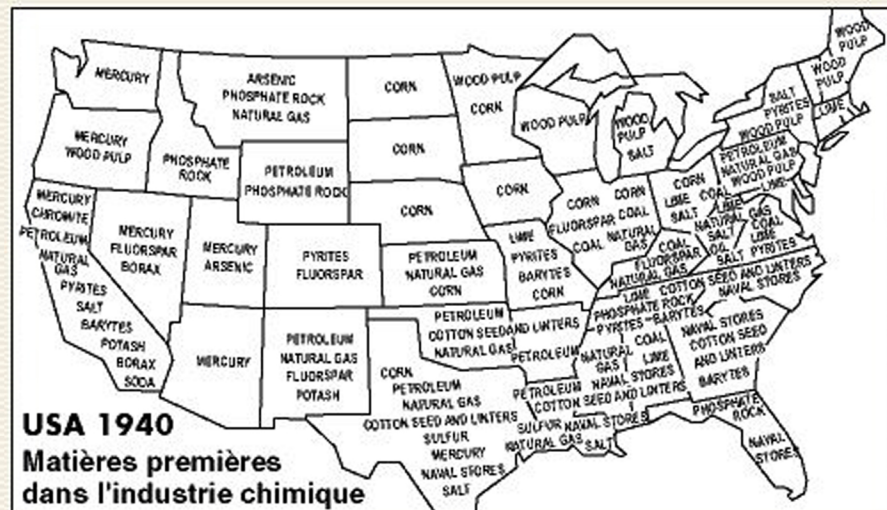
2 y répond complètement (exhaustivité).

1 n'y répond pratiquement pas.

Pour répondre de manière exhaustive à toutes les questions il faut donc construire **1** et **2**.

LES RESEAUX ORDONNES

Cette barrière est franchie si l'on abandonne l'exhaustivité. On construit une « carte simplifiée » ou carte de synthèse, qui superpose un choix de caractères simplifiés ([page suivante](#)).



11B Les types de cartes et leurs propriétés

LES RESEAUX ORDONNES

Les questions sans réponses visuelles font apparaître 4 types de représentation cartographique :



1 la carte à 1 caractère dont l'image, perçue instantanément (image à voir) est à la base de la « collection de cartes ».

2 la collection de cartes à 1 caractère dont les reclassements font découvrir des groupes (corrélations géographiques) et leurs exceptions. Exemple : les inventaires statistiques. Ici la question « À tel endroit... quoi ? » est sans réponse pratique.

3 la superposition de caractères qui fournit, au niveau du détail (carte à lire), l'inventaire de précision. Exemple : le cadastre, le document de l'entrepreneur de bâtiment. Ici la question « Tel caractère... où ? » est sans réponse pratique.

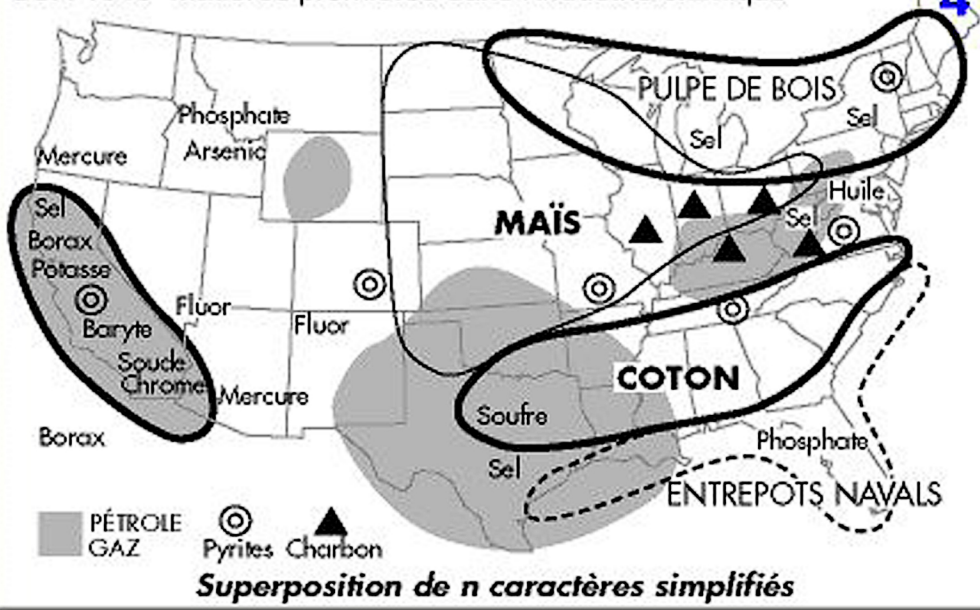
4 la superposition simplifiée (simplifiée par rapport aux précédentes dites exhaustives) ou « carte de synthèse ». Elle répond à toutes les questions. Exemple : la carte du cours de géographie : choix, par un auteur, de caractères simplifiés.

1 et 2 posent le problème graphique de la représentation en Z des quantités.

3 et 4 le problème de la sélectivité et de la symbolique.

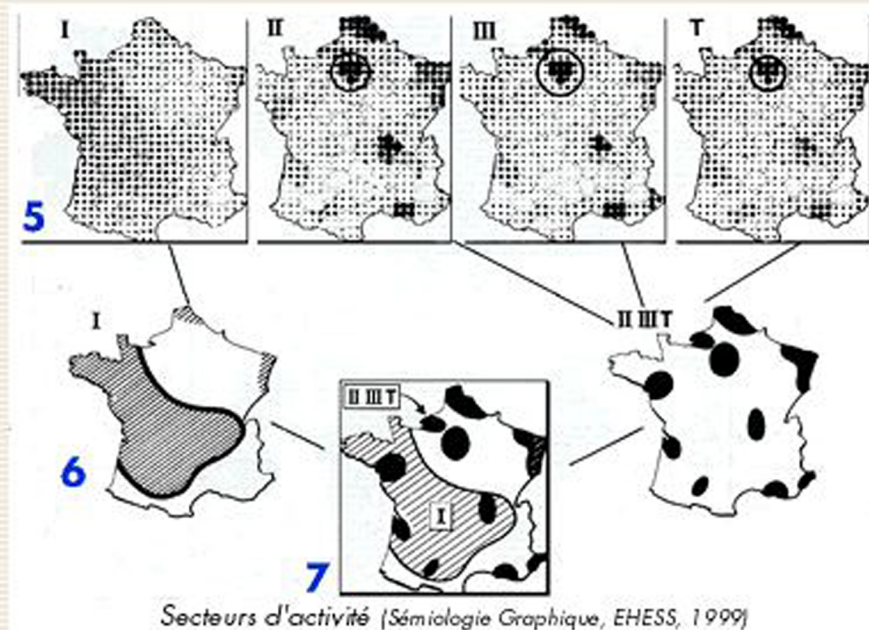


USA 1940 Matières premières dans l'industrie chimique



12 La carte simplifiée

LES RESEAUX ORDONNES

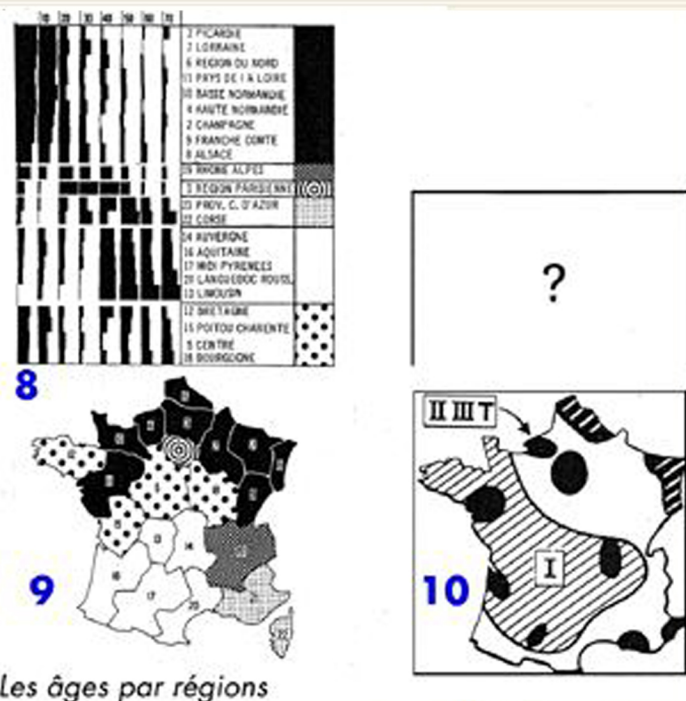


L'impossibilité de répondre en une seule image et de manière exhaustive aux questions de base 2 et 3 conduit à la **carte simplifiée** ou « carte de sythèse » (4, 7, 9, 10). Elle cherche à répondre à toutes les questions, mais c'est en abandonnant l'exhaustivité. Elle soulève trois problèmes :

- **Choix d'une procédure de traitement :**

cartographique (6) ou traitement matriciel (9),
mathématique ou graphique ?

- **Choix d'un niveau de simplification :** combien de



catégories et sous-catégories faut-il retenir ?

- **Choix d'une formule graphique sélective :** choix généralement fonction de la distribution des éléments, distribution qu'il faut donc représenter et étudier avant de définir la formule graphique appropriée.

Elle soulève aussi le problème de la discussion des régionalisations proposées quand les données de départ ont disparu. (10).

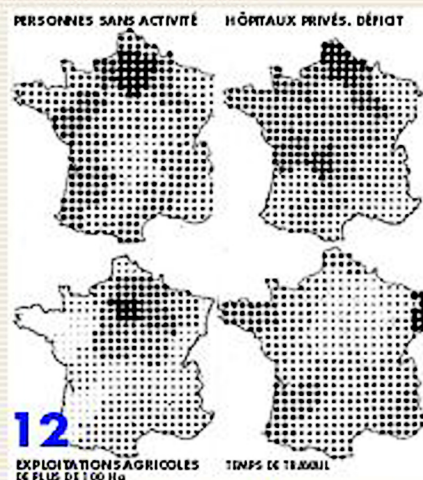
13 La cartographie de « communication » et le choix d'une formule graphique

LES RESEAUX ORDONNES



Le mot « communication » recouvre en fait des situations fort différentes et souvent incompatibles entre elles. Pour éviter les images inutiles, la notion d'exhaustivité-simplification et le niveau de lecture requis, exposés en 11 sont développés ici.

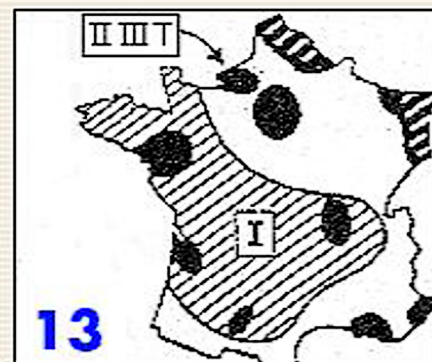
Pour choisir sa route ou implanter une cloison, la carte ou le plan doit être exhaustif et répondre à la question « à tel endroit, qu'y a-t-il ? »
L'inventaire superpose *n* caractères sur une même carte (11) et soulève le problème de la sélectivité et celui de la symbolique.



Pour découvrir des corrélations ou des régionalisations (SIG), l'inventaire doit aussi être exhaustif mais doit répondre à la question « tel caractère, où est-il ? ».

L'inventaire classe une collection de *n* cartes à 1 caractère (12) et découvre des groupes régionalisés. Il pose le problème de la représentation des quantités en Z mais exclut celui de la sélectivité.

Pour mémoriser une situation géographique (pédagogie) ou discuter d'un plan d'aménagement, la carte doit être simple et répondre aux deux questions.
La carte superpose quelques caractères simplifiés : carte de synthèse (13). Au problème de la sélectivité s'ajoute celui du niveau de la simplification.



14 La représentation des quantités en Z

LES RESEAUX ORDONNES

À la surface de la terre, la population d'un pays est fonction, entre autre, de l'étendue du pays. De même, en statistique, la population d'une classe d'âge dépend de l'étendue de la classe. Pour éviter les représentations erronées il suffit, en cartographie comme en statistique

d'égaliser ou de neutraliser les classes de comptage, opération

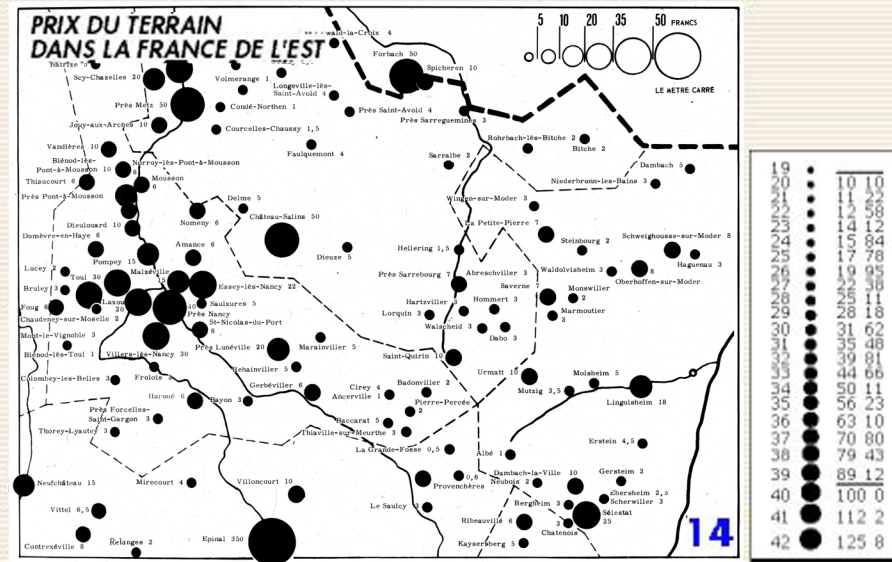
- qui peut être mathématique (rapports, densités, %, indices)
- ou graphique (quadrillages ou courbes de niveau).

d'utiliser la variation de taille, en implantation ponctuelle (14) ou zonale (12).

Cette variable, et l'utilisation de la gamme naturelle des tailles croissantes (cf. Sémiologie Graphique, p. 204) évite le problème sans solution du choix des paliers et de ses fausses images (id. p. 77 et 163), problème que généralisent des logiciels de facilité (paliers insuffisants, trames trop fines et instables qui se confondent, analyse incomplète de l'objectif...) ;

de faire varier le niveau d'écritage. En effet, représenter en Z des quantités, c'est répondre à deux questions :

- quels sont les *paliers* caractéristiques de la distribution ?



- à quel niveau se dessine l'image utile c'est-à-dire supprimant des îlots, ressemblant à telle autre, couvrant telle surface, soulignant une rupture... ? La variation continue informatisée du niveau de l'écritage, opération courante en télédétection, apporte une solution efficace

14B La sélectivité dans les superpositions

Elle intervient dans les superpositions de caractères et se définit par son inverse : faire abstraction du reste. À luminosité égale, sélectionner les carrés c'est faire abstraction de **toutes** les autres formes. C'est impossible (15), la sélectivité des formes est nulle. À luminosité variable, sélectionner les signes foncés c'est faire abstraction des signes clairs, ce qui est instantané (14) ; sélectionner les signes clairs est aussi instantané !

La meilleure sélectivité est assurée par la différence d'intensité, taille et valeur, si leur ordre peut avoir un sens ;

la différence d'implantation qui superpose des symboles ponctuels, linéaires et zonaux et crée la transparence ;

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'oeil différencie sans doute près d'un million de teintes. La sélectivité de la couleur en implantation ponctuelle et linéaire de petite taille est donc limitée ; le grain, en implantation linéaire et zonale (3 paliers) ;

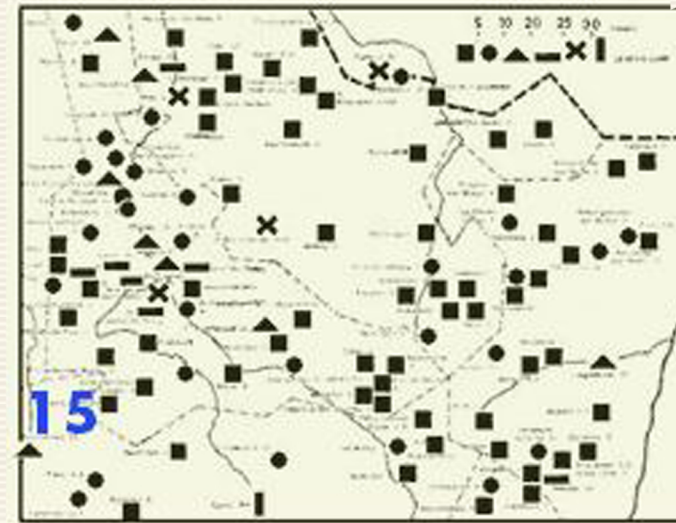
l'orientation (16) dans les trois implantations, en évitant le grain trop fin ;

la forme sous les trois implantations n'a pratiquement aucune sélectivité en lecture d'ensemble mais, en lecture élémentaire, elle est à la base de la symbolique.

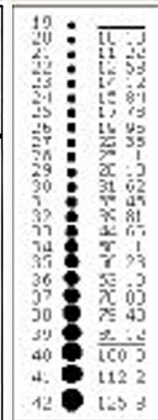
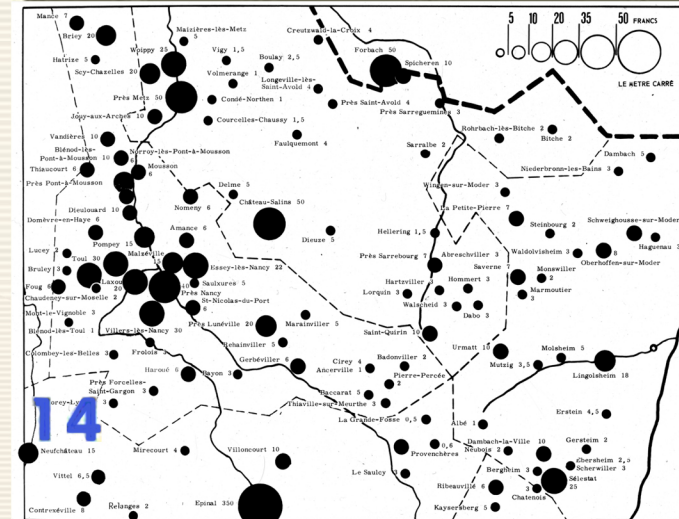


La bonne sélectivité de l'orientation dans les signes ponctuels fait apparaître ici une certaine régionalisation, c'est-à-dire un niveau moyen de réponses.

LES RESEAUX ORDONNES



PRIX DU
TERRAIN
DANS LA
FRANCE
DE L'EST



15 L'INVENTION DU TABLEAU DES DONNÉES

« *Quel tableau de 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 :

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 utile et souhaitable de connaître. Noter leurs relations. *C'est le tableau de ventilation.*

Imaginer le tableau idéal homogène contenant le plus grand nombre des éléments de cette liste.

Autrement dit, que mettre en X pour que le plus grand nombre de caractères se place en Y ?

En mesurer l'accèsibilité en moyens, temps et dimensions, en étudier la réduction éventuelle par agrégation, sondage et interpolation. *C'est le tableau d'homogénéité.*

C'est ici qu'apparaissent les trois grandes options possibles :

mettre en X l'espace (faire des cartes) ou le temps (faire des courbes) ou une composante spécifique : individus, catégories, objets...

Vérifier la pertinence du tableau en notant dans les marges les correspondances définies par les questions de départ (cf. Sémiologie Graphique, p. 233). *C'est le tableau de pertinence.*

Cette étude précède évidemment le traitement proprement dit. Mais elle ne peut être menée à bien sans la connaissance de l'analyse des données, mathématique ou graphique, et de ses modalités.

Schématisation du langage 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 :

(A) émetteur <-----> code <-----> récepteur.

Ils entrent en fait dans le schéma de la communication monosémique :

(B) acteur <-----> **trois relations** $\neq$, 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 les mêmes propriétés : *ressemblance et ordre* qui caractérisent les variables visuelles. Le schéma (A) n'est utilisé qu'à travers le verbe pour répondre à la première question.

16 PUISSANCE ET LIMITES DE LA GRAPHIQUE

L'image a trois dimensions qui 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 *l'organisation du travail*.
- Elle concrétise la notion de données et souligne les problèmes que soulève la constitution du tableau initial, problèmes 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 des 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 sont considérables :

- C'est ainsi que l'analyse mathématique parle de n dimensions. Mais 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. Quelle est donc alors la « science de synthèse » quand chaque académie, chaque discipline, chaque centre d'études se définit par les composantes X, Y, Z qui caractérisent son champ d'information ? C'est l'absence d'une 4^e 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 montrer les limites de la rationalité. Un traitement justifié ne peut exister que dans le cadre d'un ensemble fini : le tableau des 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.

Jacques BERTIN août 2001