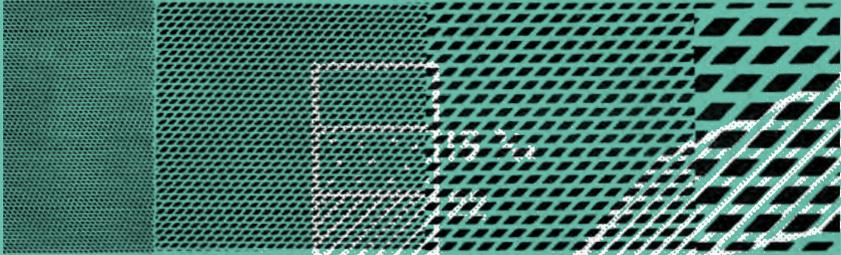
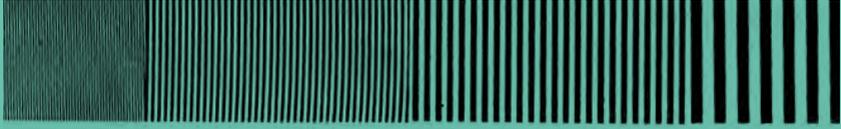


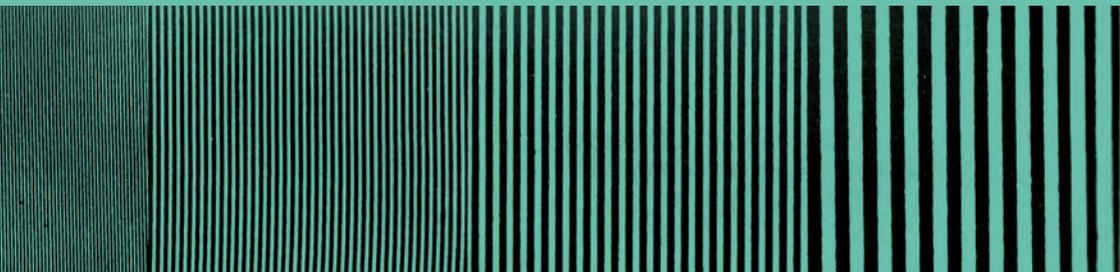
Extrait des actes du premier colloque Informatique et Biosphère 1973

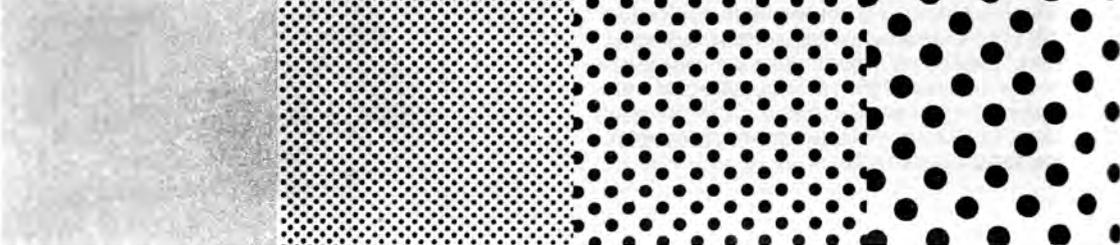


Jacques Bertin

Le traitement graphique de l'information

2^e édition, 2024.
Impression service reprographie Rennes 2
Imprimé en janvier 2024
Conception graphique : Sophie Baux et Catherine Orjuela Naranjo
sous la direction de Anne-Lyse Renon



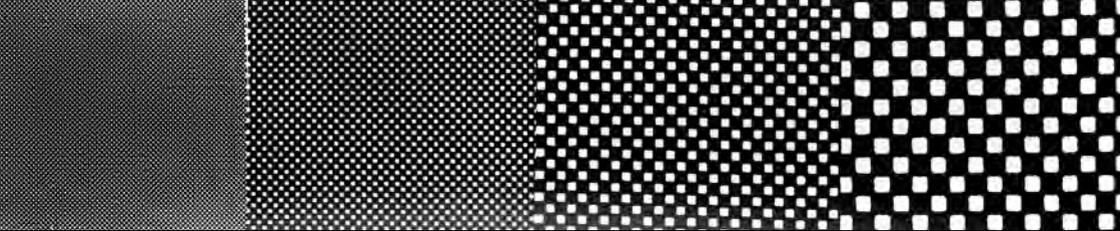


Jacques Bertin

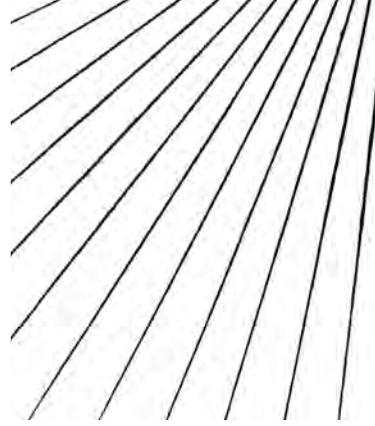
Le traitement
graphique
de l'information

Extrait des actes du premier colloque
Informatique et Biosphère 1973

Laboratoire de Cartographie
Ecole Pratique des Hautes Etudes
131 boulevard Saint-Michel - F 75005 Paris



Conférence sur
**Le traitement graphique
de l'information**



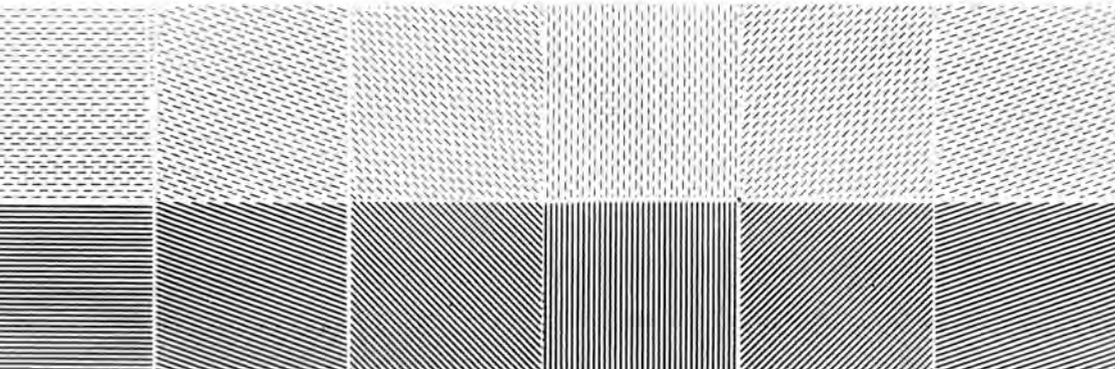
« La Graphique » est un langage de travail et de découvertes personnelles qui se doit d'être aussi utile que possible. Il faut pourtant constater que de nombreux graphiques n'offrent aucune utilité. Il existe en effet une infinité de constructions graphiques pour une information donnée. Mais l'expérience montre que parmi ces constructions, il en existe *une* plus utile, plus efficace que les autres. La graphique a donc ses erreurs, et par conséquent ses règles, sa « sémiologie ». Beaucoup d'erreurs proviennent de la confusion entre graphique et image figurative. Il est donc essentiel d'établir la distinction. Elle éclaire toutes les règles de la graphique.

L'image figurative (photos, tableaux, publicité, symboles...) a pour objet de susciter des relations d'analogie entre des formes et des couleurs d'une part et le symbolisme du « récepteur » d'autre part. Dans l'image figurative, le travail de lecture se situe *entre le signe et sa signification*. Il tend à répondre à la question « telle forme, *quelles choses* signifie-t-elle ? ». Le lecteur se trouve confronté à la polysémie des signes et son effort de lecture n'a d'autre objet que de réduire cette polysémie.

L'intention de la graphique est fondamentalement différente. Un diagramme, un réseau (graph, organigramme...) ou une carte ont pour objet de faire apparaître toutes les relations qui existent entre les éléments rigoureusement définis par la légende et admis comme tels (monosémie). Le travail de lecture se situe *entre les significations* et tend à répondre à la question « étant donné que tel signe représente telle chose, *quelles* sont les relations qui existent *entre les choses* représentées ? ». Un « graphique » sert d'abord à son propre auteur pour *découvrir* ce qu'il doit dire. C'est un instrument personnel de traitement de l'information. Un graphique peut ensuite, mais pas nécessairement servir à le dire aux autres, à communiquer.

Mais c'est toujours un usage second.

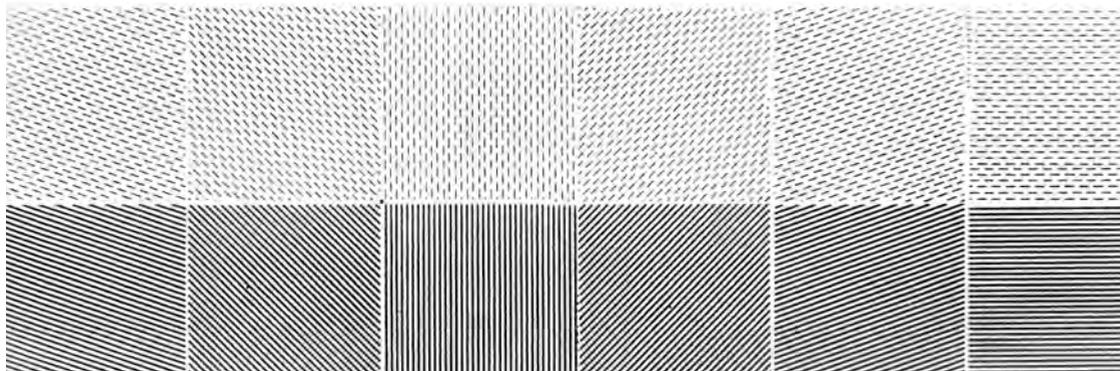
Ceci explique bien des confusions et pourquoi il ne suffit pas d'avoir « de la patte » pour dessiner un diagramme ou une carte. En fait, on ne « dessine » pas un diagramme. On le construit et on le reconstruit (on le manipule) jusqu'à ce que l'information qu'il transcrit ait « craché » *toutes les relations* qu'elle contient.



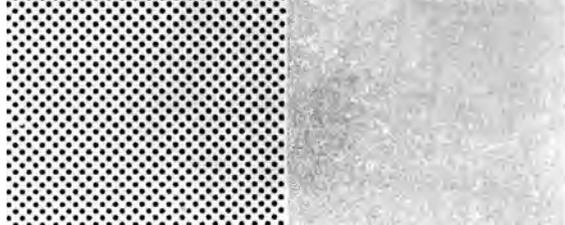
Des procédés très simples, accessibles à tous, ou très sophistiqués (ordinateurs) ont rompu le carcan millénaire de la fixité de l'image. Devenue manipulable par transformation, permutations, juxtapositions, superpositions, autorisant ainsi des groupements et des classements, la graphique est passée de *l'image morte*, de l'« illustration » à *l'image vivante*, opérationnelle, instrument de découverte, et éventuellement de démonstration, dont chacun peut disposer.

Mais pour bénéficier de la puissance de la perception visuelle, pour que l'image graphique rende visibles toutes les relations contenues dans l'information, la construction ne peut en aucun cas transgresser les lois naturelles de la vision. Toute transgression, fut-elle défendue au nom, bien galvaudé, de l'esthétique, entraîne la disparition de la majorité des relations qui pourtant existent dans l'information. Elle discrédite la graphique. Par contre, les constructions correctes témoignent de telles propriétés que l'on assiste à une véritable révélation des méthodes graphiques dans les domaines les plus divers.

Dans ce bref exposé, nous verrons d'abord les dommages qui résultent de quelques transgressions. Leur analyse permet de les comprendre, de les éviter et de découvrir les propriétés de la perception visuelle. Nous verrons ensuite comment utiliser ces propriétés dans différents aspects du traitement graphique de l'information.



Sommaire



CONFÉRENCE SUR LE TRAITEMENT GRAPHIQUE DE L'INFORMATION p. 4

*Exemple de confusion entre
dessin « léché » et dessin lisible p. 12*

*Exemple de désaccord entre
l'ordre fourni par l'information
et l'ordre perçu p. 14*

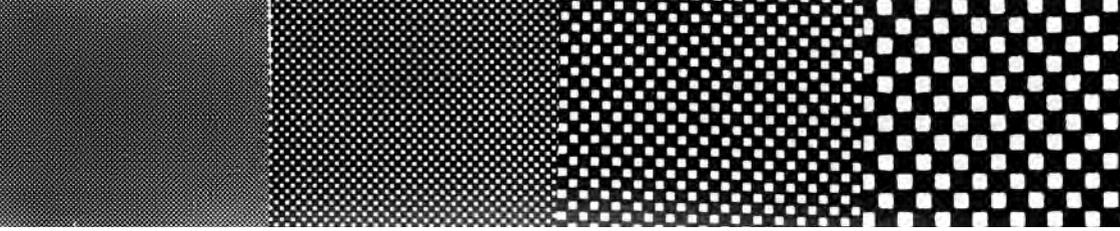
*Exemple de confusion entre
une variable différentielle et
une variable quantitative p. 16*

*Confusion entre couleur et valeur,
désaccord entre l'ordre perçu
et l'ordre de l'information p. 18*

*Les questions pertinentes
et leur réponse graphique p. 20*

*Exemple de confusion entre
« différence » et « sélection » p. 24*

Usage d'une collection de cartes p. 26



**LA CONSTRUCTION MATRICIELLE
DES DIAGRAMMES**

..... **p. 28**

Un fichier-image de 12 X 20 **p. 30**

Un fichier-image de 9 X 1 000 **p. 32**

Un éventail de courbes de 20 X 200 **p. 34**

**PRINCIPE DES PERMUTATIONS
MATRICIELLES**

..... **p. 36**

Une matrice 5 x 5 :
Le problème de la viande dans le Marché Commun **p. 38**

Une matrice 13 x 19 :
Les orientations de la physique aux USA **p. 40**

Les deux étapes d'un traitement graphique **p. 42**

La typologie du chapiteau ionique,
d'après D. THEODORESCU **p. 45**

Les limites des manipulations visuelles **p. 50**

**QUESTIONS-RÉPONSES
APRÈS LA CONFÉRENCE**

..... **p. 52**

Sommaire

① dessin liché



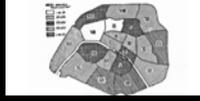
p. 12

② dessin lisible



p. 12

③ - ④ ordre de l'information et ordre perçu



p. 15



p. 15

⑤ « carte à lire »



p. 16

⑥ tableau - 2 entrées



p. 16

⑦ « carte à voir »



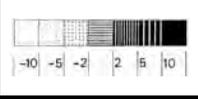
p. 16

⑧ l'information



p. 18

⑨ - ⑩ la transcription noir et blanc



p. 19



p. 19

⑪ - ⑫ la transcription couleur - par ordre du spectre



p. 19



p. 19

⑬ - ⑭ la transcription couleur - par ordre de valeur



p. 19



p. 19

⑮ « carte à lire »



p. 21

⑯ tableau - 2 entrées



p. 21

⑰ - ⑱ « collections de cartes »



p. 22



p. 22

⑲ - ⑳ confusion entre « différence » et « sélection »



p. 25



p. 25

⑳ « collection de cartes à voir »



p. 26

**LA CONSTRUCTION
MATRICIELLE
DES DIAGRAMMES**

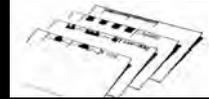
p. 28

fichier-image - 12 x 20



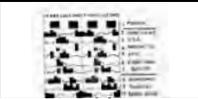
p. 30

㉑ une fiche par ligne



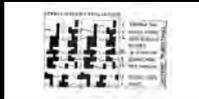
p. 31

㉒ matrice du tableau



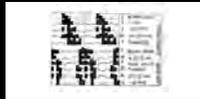
p. 31

㉓ matrice 2 systèmes : trimestriel et semestriel



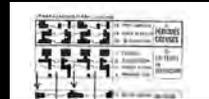
p. 31

㉔ périodes creuses



p. 31

㉕ périodes creuses



p. 31

graphique

26 - 27 fichier-image - 9 x 1000 - matrice



p. 32



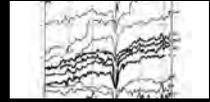
p. 33

28 rapprochement



p. 33

29 « collection de courbes »



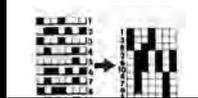
p. 35

30 matrice



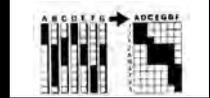
p. 37

31 permutation - lignes



p. 37

32 permutation - colonnes



p. 37

PRINCIPE
DES PERMUTATIONS
MATRICIELLES

p. 36

33 fichier-image - 5 x 5

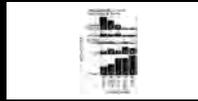


p. 38

34 - 35 matrice - permutation lignes et colonnes



p. 39



p. 39

36 fichier-image - 13 x 19



p. 40

37 construction matricielle



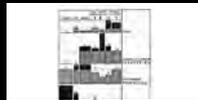
p. 41

38 fichier-image



p. 42

39 simplification



p. 42

40 interprétation

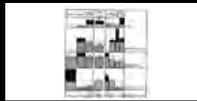


p. 43

41 - 42 interprétation - « manipulations visuelles »



p. 44



p. 45

43 - 44 fichier-image : mesures des chapiteaux



p. 47



p. 47

45 matrice



p. 46

46 - 47 « manipulations visuelles » « matrice d'interprétation »



p. 48



p. 49

48 matrice « Domino »



p. 50

49 matrice sur écran cathodique



p. 51

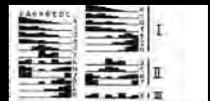
QUESTIONS -
RÉPONSES

p. 52

50 - 51 - 52 - 53 manipulation d'une matrice



p. 57



p. 57

La création d'emplois industriels et tertiaires a augmenté plus vite à l'ouest que dans l'est de la France

1

Les premiers résultats du recensement de 1962 font apparaître que de 1952 à 1962, le rythme des créations d'emplois non agricoles s'est accéléré de 1,8 % par an contre 1,2 % entre 1942 et 1952, ce qui a entraîné la diminution de la population agricole dans l'agriculture industrielle de 2,8 % par an contre moins 2,3 % entre 1942 et 1952. Quand aux effectifs employés dans le secteur

tertiaire (commerce, administration, laboratoires de recherches, services), le taux de croissance du pays de l'ouest a été de 2,4 % entre 1952 et 1962 et 2,4 % entre cette date et 1962. La croissance des effectifs de ce secteur s'est accélérée depuis sept ans dans toutes les régions — à l'exception de la Lorraine — et particulièrement dans les régions Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon et Provence-Côte d'Azur.

Comme l'indiquent les cartes ci-dessous, la population active agricole a diminué dans toutes les régions, mais le recul a été le plus important dans le Centre et dans le Nord. Le rythme de la diminution de la population active agricole est en moyenne nationale de 2,3 % par an. La progression dans le secteur industriel a été compensée par la croissance des activités tertiaires.

Dans le Nord et en Lorraine, l'emploi total augmente très légèrement grâce aux créations d'emplois dans le secteur tertiaire. En Champagne-Ardenne, en Aquitaine, en Bourgogne, en Midi-Pyrénées, dans le Nord et enfin d'un côté ou de l'autre des Alpes, le nombre d'emplois dans les activités tertiaires, aux côtés des secteurs des activités industrielles et agricoles, mais non compris les emplois agricoles de terre et les emplois agricoles en autres lieux, au plus 10, qu'à la fin de 1970.

Rapports que la production charbonnière du bassin du Nord-Pas-de-Calais sera de 10 millions de tonnes en 1962 et de 10 millions de tonnes en 1970, les effectifs ouvriers passeront de 250.000 à 200.000 personnes au 31 décembre 1969 à vingt-huit mille dans ce secteur.

En Lorraine, l'évolution prévisible de l'emploi dans le secteur des hydrocarbures d'ici sept ans a fait apparaître une perte de quarante mille emplois nettes.

Dans les deux régions en tout cas, le nombre des personnes à pourvoir d'un emploi a considérablement augmenté depuis 1952 (plus 247 000 en Lorraine et plus 231 000 dans le Nord), ce qui signifie que la couverture de ces besoins nécessite une tâche très difficile.

En Haute-Normandie, Picardie et Champagne-Ardenne, le nombre d'emplois agricoles a moins diminué qu'entre 1952 et 1962 que dans l'ensemble



LE MONDE 6 JANVIER 1970

de cette région entre 1962 et 1969 (plus 108 000) ; cette augmentation reste néanmoins la crise du bassin houiller de Bassin-Rhône.

En Provence-Côte d'Azur, l'augmentation de l'emploi est importante. Plus forte que la moyenne nationale et surtout le taux moyen de 2,8 %, mais

que dans l'ensemble du pays, les créations d'emplois industriels et tertiaires ont plus que compensé la regression des emplois agricoles.

2

AUGMENTATION DES EMPLOIS NON AGRICOLES



LE MONDE 6 JANVIER 1970

du pays, tandis que les emplois industriels et tertiaires y augmentent plus vite. En Provence-Côte d'Azur et en Bretagne, la regression des emplois agricoles a été plus faible que dans l'ensemble du pays, mais une création d'emplois agricoles a permis de compenser le niveau de l'activité agricole.

Dans la région Rhône-Alpes, la distribution accrue, depuis 1962, des emplois agricoles, et le ralentissement de la croissance des effectifs du secteur industriel ont compensé par l'expansion des activités tertiaires, ce qui

entre une progression de 6,3 % de l'emploi total. Le nombre des demandes d'emplois a toutefois considérablement augmenté.

Le rythme des créations d'emplois non agricoles s'est accéléré de 1,8 % par an contre 1,2 % entre 1942 et 1952, ce qui a entraîné la diminution de la population agricole dans l'agriculture industrielle de 2,8 % par an contre moins 2,3 % entre 1942 et 1952. Quand aux effectifs employés dans le secteur

tertiaire (commerce, administration, laboratoires de recherches, services), le taux de croissance du pays de l'ouest a été de 2,4 % entre 1952 et 1962 et 2,4 % entre cette date et 1962. La croissance des effectifs de ce secteur s'est accélérée depuis sept ans dans toutes les régions — à l'exception de la Lorraine — et particulièrement dans les régions Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon et Provence-Côte d'Azur.

Comme l'indiquent les cartes ci-dessous, la population active agricole a diminué dans toutes les régions, mais le recul a été le plus important dans le Centre et dans le Nord. Le rythme de la diminution de la population active agricole est en moyenne nationale de 2,3 % par an. La progression dans le secteur industriel a été compensée par la croissance des activités tertiaires.

Dans le Nord et en Lorraine, l'emploi total augmente très légèrement grâce aux créations d'emplois dans le secteur tertiaire. En Champagne-Ardenne, en Aquitaine, en Bourgogne, en Midi-Pyrénées, dans le Nord et enfin d'un côté ou de l'autre des Alpes, le nombre d'emplois dans les activités tertiaires, aux côtés des secteurs des activités industrielles et agricoles, mais non compris les emplois agricoles de terre et les emplois agricoles en autres lieux, au plus 10, qu'à la fin de 1970.

Rapports que la production charbonnière du bassin du Nord-Pas-de-Calais sera de 10 millions de tonnes en 1962 et de 10 millions de tonnes en 1970, les effectifs ouvriers passeront de 250.000 à 200.000 personnes au 31 décembre 1969 à vingt-huit mille dans ce secteur.

En Lorraine, l'évolution prévisible de l'emploi dans le secteur des hydrocarbures d'ici sept ans a fait apparaître une perte de quarante mille emplois nettes.

Dans les deux régions en tout cas, le nombre des personnes à pourvoir d'un emploi a considérablement augmenté depuis 1952 (plus 247 000 en Lorraine et plus 231 000 dans le Nord), ce qui signifie que la couverture de ces besoins nécessite une tâche très difficile.

La création d'emplois industriels et tertiaires a augmenté plus vite à l'ouest que dans l'est de la France

Les premiers résultats du recensement de 1962 font apparaître que de 1952 à 1962, le rythme des créations d'emplois non agricoles s'est accéléré de 1,8 % par an contre 1,2 % entre 1942 et 1952, ce qui a entraîné la diminution de la population agricole dans l'agriculture industrielle de 2,8 % par an contre moins 2,3 % entre 1942 et 1952. Quand aux effectifs employés dans le secteur

tertiaire (commerce, administration, laboratoires de recherches, services), le taux de croissance du pays de l'ouest a été de 2,4 % entre 1952 et 1962 et 2,4 % entre cette date et 1962. La croissance des effectifs de ce secteur s'est accélérée depuis sept ans dans toutes les régions — à l'exception de la Lorraine — et particulièrement dans les régions Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon et Provence-Côte d'Azur.

Comme l'indiquent les cartes ci-dessous, la population active agricole a diminué dans toutes les régions, mais le recul a été le plus important dans le Centre et dans le Nord. Le rythme de la diminution de la population active agricole est en moyenne nationale de 2,3 % par an. La progression dans le secteur industriel a été compensée par la croissance des activités tertiaires.

Dans le Nord et en Lorraine, l'emploi total augmente très légèrement grâce aux créations d'emplois dans le secteur tertiaire. En Champagne-Ardenne, en Aquitaine, en Bourgogne, en Midi-Pyrénées, dans le Nord et enfin d'un côté ou de l'autre des Alpes, le nombre d'emplois dans les activités tertiaires, aux côtés des secteurs des activités industrielles et agricoles, mais non compris les emplois agricoles de terre et les emplois agricoles en autres lieux, au plus 10, qu'à la fin de 1970.

Rapports que la production charbonnière du bassin du Nord-Pas-de-Calais sera de 10 millions de tonnes en 1962 et de 10 millions de tonnes en 1970, les effectifs ouvriers passeront de 250.000 à 200.000 personnes au 31 décembre 1969 à vingt-huit mille dans ce secteur.

En Lorraine, l'évolution prévisible de l'emploi dans le secteur des hydrocarbures d'ici sept ans a fait apparaître une perte de quarante mille emplois nettes.

Dans les deux régions en tout cas, le nombre des personnes à pourvoir d'un emploi a considérablement augmenté depuis 1952 (plus 247 000 en Lorraine et plus 231 000 dans le Nord), ce qui signifie que la couverture de ces besoins nécessite une tâche très difficile.

En Lorraine, l'évolution prévisible de l'emploi dans le secteur des hydrocarbures d'ici sept ans a fait apparaître une perte de quarante mille emplois nettes.

Dans les deux régions en tout cas, le nombre des personnes à pourvoir d'un emploi a considérablement augmenté depuis 1952 (plus 247 000 en Lorraine et plus 231 000 dans le Nord), ce qui signifie que la couverture de ces besoins nécessite une tâche très difficile.

En Haute-Normandie, Picardie et Champagne-Ardenne, le nombre des emplois agricoles a moins diminué qu'entre 1952 et 1962 que dans l'ensemble du pays, mais que dans l'ensemble des régions, les créations d'emplois industriels et tertiaires y augmentent plus vite.

En Provence-Côte d'Azur, l'augmentation de l'emploi est importante. Plus forte que la moyenne nationale et surtout le taux moyen de 2,8 %, mais que dans l'ensemble du pays, les créations d'emplois industriels et tertiaires ont plus que compensé la regression des emplois agricoles.

En Rhône-Alpes, la distribution accrue, depuis 1962, des emplois agricoles, et le ralentissement de la croissance des effectifs du secteur industriel ont compensé par l'expansion des activités tertiaires, ce qui

DIMINUTION DES EMPLOIS AGRICOLES

AUGMENTATION DES EMPLOIS NON-AGRICILES



Exemple de confusion entre **dessin « léché » et dessin lisible**

L'article ①, extrait d'un grand quotidien, commente deux cartes, l'une noire, l'autre blanche. Chacune de ces deux cartes est caractérisée par son uniformité. Et pourtant le dessinateur s'est donné beaucoup de mal pour différencier les symboles, imaginer les légendes et dessiner les cartes.

Malgré cela, le lecteur est instantanément conscient de leur illisibilité et du temps qu'il devrait « perdre » à reconstruire dans son esprit les variations géographiques en cause. Il se détourne donc des cartes et consacre son temps à une lecture plus efficace : celle du texte.

Un dessin bien moins « léché » et que chacun peut faire avec un crayon-feutre ②, mais qui respecte les règles de « séparation » qui régissent tous les langages,

1. se regarde,
2. se mémorise aisément et devient comparable à toute autre distribution,
3. conduit le texte et peut donner lieu à des commentaires plus fournis,
4. peut être plus réduit et faire gagner une surface considérable au metteur en page.

Qu'importe alors l'opinion de « techniciens » qui préfèrent un dessin léché, fut-il illisible ?

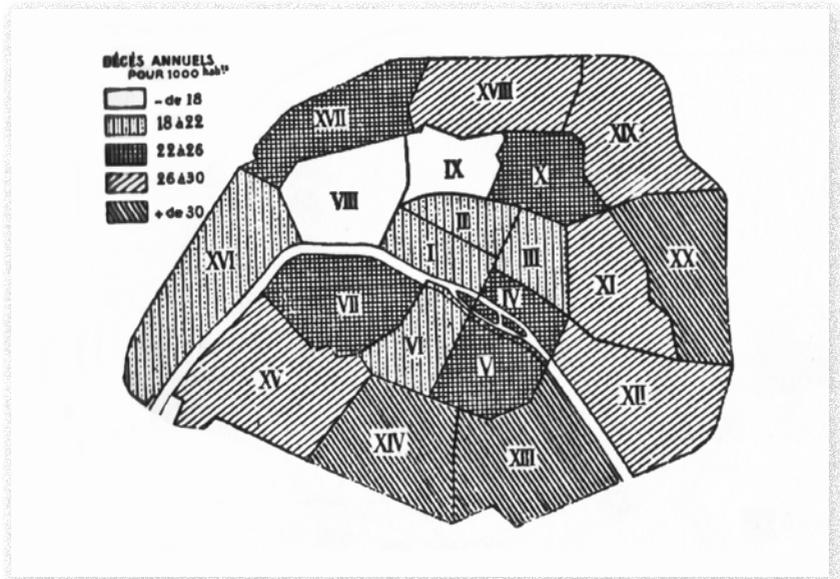
Exemple de désaccord entre **l'ordre fourni par l'information** **et l'ordre perçu**

L'information Des quartiers de Paris auxquels sont attachés des nombres (indices de mortalité) regroupés en paliers, évidemment ordonnés.

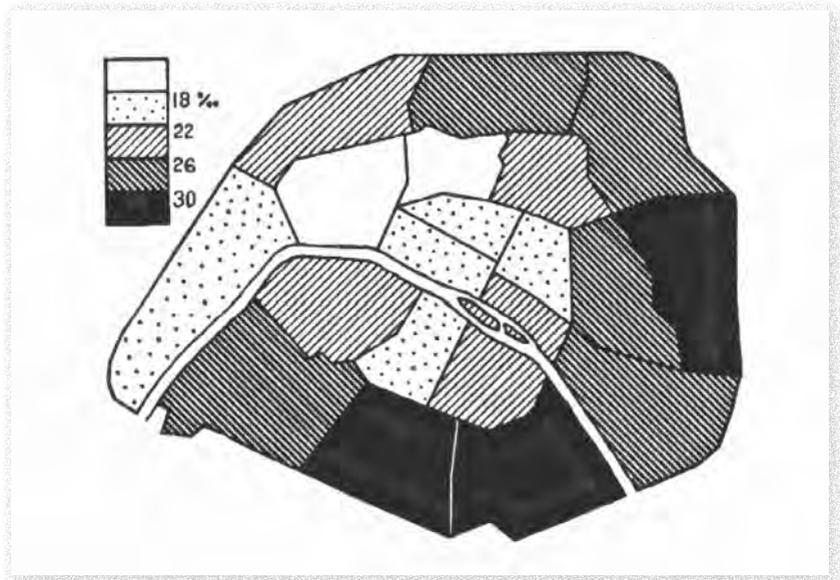
La transcription ③ Une carte des quartiers, et des symboles qui varient de structure et de valeur (ils sont plus ou moins « gris »). Or la variation de la quantité de « noir » par unité de surface (valeur d'un gris, taille d'un signe) domine toute autre variation visuelle et s'impose à l'oeil d'une manière absolue. Pourquoi alors ne pas faire correspondre l'ordre des valeurs visuelles avec l'ordre des paliers de l'information ?

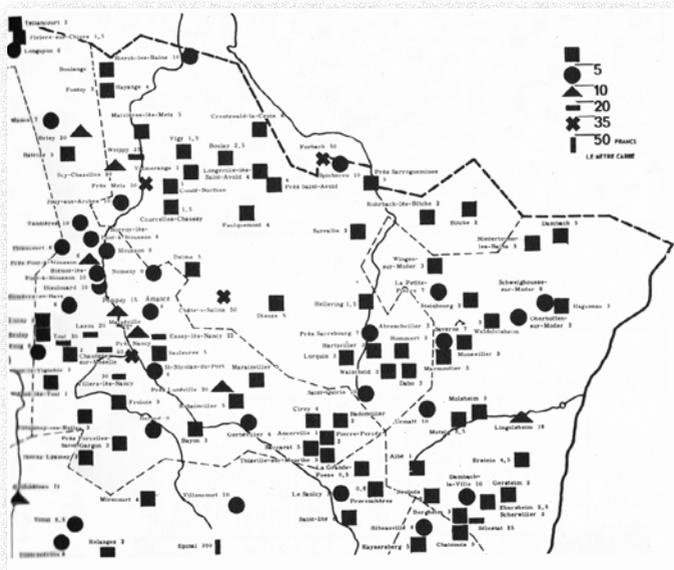
Le résultat Une perception fautive de la géographie de la mortalité à Paris. On remarque qu'il est impossible de reconstituer l'image exacte de cette géographie, sauf en redessinant correctement la carte ④. L'impossibilité d'abstraire l'image des valeurs permet de dire que cette variable visuelle domine la variation de structure d'une tache. Mais nous verrons qu'elle domine aussi la variation de couleur.

3



4

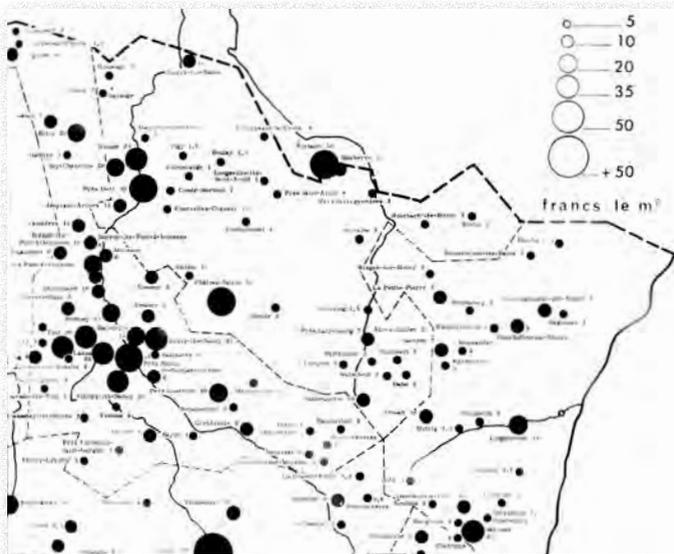




5



6



7

Exemple de confusion entre **une variable différentielle** **et une variable quantitative**

L'information Des localités de la France de l'Est auxquelles sont attachées des quantités de francs (prix du terrain), évidemment ordonnées.

La transcription (publiée à un million d'exemplaires) Une carte de localités et des symboles différenciés par la forme \textcircled{S} . Or la variation de forme n'est pas visuellement ordonnée.

Le résultat La moitié seulement des objectifs de la cartographie est remplie. En effet, dans le graphique, et par définition, toute perception peut être exprimée sous forme de question.

Si l'on construit l'information suivant un tableau à double-entrée \textcircled{S} celui-ci permet de définir la totalité des questions pertinentes à une information donnée. Ici, ces questions sont de deux types : « À tel endroit, quel est le prix du terrain ? », question qui correspond à l'entrée **A** du tableau ; « Tel prix, où est-il ? », et par exemple « où sont les terrains le meilleur marché ? », question qui correspond à l'entrée **B**.

La variation de forme \textcircled{S} permet de répondre aux questions ponctuelles du type **A** et de s'informer du prix du terrain à Vittel ou à Briey (à condition d'avoir appris par cœur la légende, ce qui n'est pas facile). Mais la variation de forme exclut toute spontanéité devant les questions du type **B**. Pour savoir où sont les terrains bon marché, il faut « lire » successivement les 117 signes de la carte... et s'en souvenir.

Par contre, la variation de taille \textcircled{T} , naturellement ordonnée, fournit une *réponse instantanée* à la totalité des questions pertinentes et la graphique remplit son rôle. La carte \textcircled{T} est une « carte à voir » tandis que \textcircled{S} n'est qu'une « carte à lire ».

Confusion entre couleur et valeur, désaccord entre l'ordre perçu et l'ordre de l'information

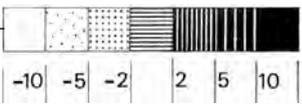


Soit l'information ⑧ qui décrit une évolution de « population ». La transcription ⑨, dont la valeur progresse des plus grandes régressions (en blanc) aux plus grandes progressions (en noir) fournit l'image ⑩. Elle fait apparaître, dans une distribution Nord-Sud, deux dépressions séparées par une ligne de crête. Les nombres et d'autres constructions confirment l'exactitude de cette distribution.

La transcription ⑪ qui adopte l'ordre des couleurs du spectre et fait correspondre aux valeurs négatives la progression des couleurs « froides » et aux valeurs positives la progression « chaude » fournit l'image ⑫. Elle fait apparaître, dans une distribution Est-Ouest, deux lignes de crêtes séparées par une dépression, c'est-à-dire une image tout à fait erronée.

Tout se passe comme si l'œil assimilait les deux extrémités du spectre dans une seule unité perceptive, opposée à l'unité formée par les couleurs centrales. Or les extrémités du spectre sont de valeur foncée tandis que les couleurs centrales sont claires. Constatons encore qu'il n'est pas possible d'abstraire cette assimilation et que si l'on ne dispose que de l'image ⑫ il est impossible « d'imaginer » la distribution exacte.

9

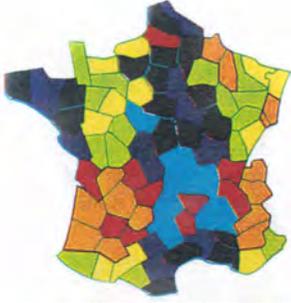


10



11

12



13

14

On peut donc dire

► La forme d'une image se crée sur la perception des valeurs (distance visuelle d'une tache par rapport au blanc) et des tailles (7 - Prix du terrain).

► Dans une construction colorée, la perception des valeurs domine celle des couleurs et par exemple le bleu et le rouge de même valeur sont d'abord semblables, avant d'être différents.

Si ces propositions sont vraies, la légende qui ordonne les couleurs du spectre suivant leur valeur ¹³ doit fournir une image conforme à la distribution de l'information. C'est ce que confirme la figure ¹⁴. On peut donc ajouter :

► La perception spontanée ne sépare pas les deux parties du spectre. Elle les confond dans une seule suite, fondée sur la valeur, et la variation de couleur n'est jamais indispensable à la transcription d'une information ordonnée.

Les questions pertinentes et leur réponse graphique

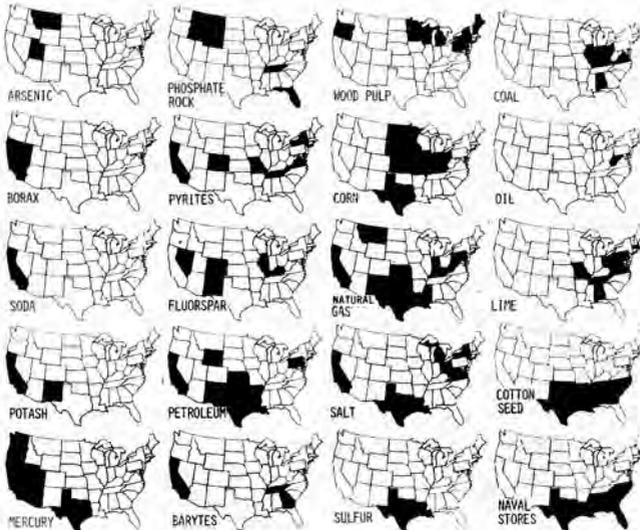
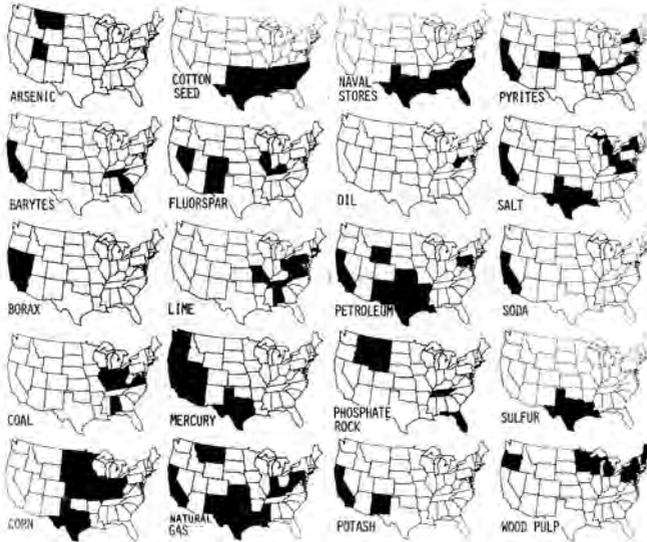
L'information Les États des USA auxquels sont attachés 20 productions « différentes ».

La transcription Une carte des États et des écritures ^⑩.
C'est un exemple parfait de « carte à lire » !

Le résultat Ici encore la moitié seulement des objectifs de la cartographie est remplie. Cette carte répond instantanément à la question « à tel endroit, qu'y a-t-il ? » et par exemple « En Californie, quelles sont les productions ? ». Mais qu'advient-il si on a le malheur de se demander « Où est le pétrole ? ».

Il faut lire tous les mots de la carte pour avoir une réponse correcte, c'est-à-dire qui n'omet aucun État producteur ; il faut en même temps mémoriser chaque Etat, ce qui est très vite impossible si l'on ne pointe pas visuellement chaque observation. Et une telle opération est nécessaire pour chaque produit ! Lorsqu'on construit l'information sous la forme d'un tableau à double entrée ^⑩ on constate que celui-ci comporte autant de lignes que de produits et que la réponse à la question « tel produit, où est-il ? » correspond à l'isolement d'une seule ligne. Elle implique que l'on voit l'image géographique de ce produit à *l'exclusion de tous les autres produits*. C'est le problème de la « sélection visuelle ».

Or il ne suffit pas que des mots (ou des signes, comme nous verrons plus loin) soient « différents » pour être « sélectifs ».



En cartographie thématique, la sélection de plusieurs phénomènes superposés est le problème majeur. Il n'a qu'une solution absolue : construire une carte par phénomène et constituer ainsi une « collection de cartes »⁽¹⁷⁾. Toute autre solution exclut « voir », c'est-à-dire l'instantanéité de la perception, condition de toute comparaison externe, ou bien réduit l'information et sacrifie l'exhaustivité, condition de la discussion critique. Mais la « collection de cartes » ne permet pas de répondre spontanément aux questions du type **A**. Il faut regarder successivement chaque carte pour découvrir les productions de la Californie. En conséquence, toute information qui construit un tableau formé de plusieurs lignes a comme solution cartographique non pas *une* mais *deux constructions* : la superposition pour répondre aux questions **A**, la collection de cartes pour répondre aux questions **B**.

La « collection de cartes » introduit l'idée de *manipulations graphiques*. Une collection doit être classée de différentes manières. Le classement alphabétique⁽¹⁷⁾ facilite la réponse à « tel produit, où est-il ? ». Un classement géographique⁽¹⁸⁾ permet de découvrir les caractères de chaque grande région. Un rapprochement des cartes qui sont concernées par tel État met en évidence des types d'économies concurrentes. Un classement par types de produits peut faciliter la pédagogie géographique, etc. C'est pourquoi l'on rencontre, dans les publications, plusieurs présentations différentes d'une même collection. Chacune a un objet précis, qui correspond à tel ou tel classement de la série **B** du tableau.

Exemple de confusion entre « différence » et « sélection »

L'information Les communes d'Espagne et dans chacune, les coopératives rurales, suivant 12 catégories « différentes ».

Le tableau à double-entrée comporterait 12 lignes et l'information soulève en conséquence un problème de sélection.

La transcription Une carte des communes et des symboles différenciés par la forme ⁽¹⁹⁾. C'est une « carte à lire ».

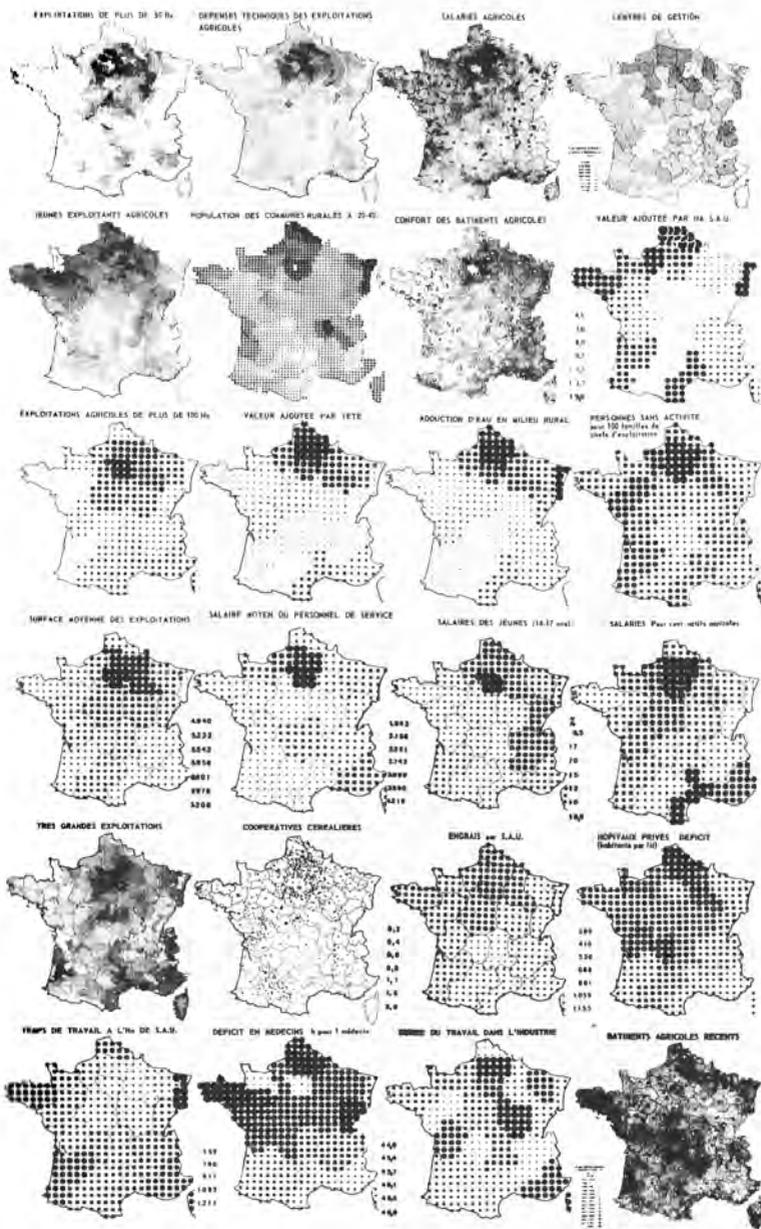
Le résultat La carte se propose d'informer le lecteur sur l'Espagne entière. Cependant des questions du type **A** comme « quelles sont les différences entre la Galice et la Catalogne ? » ou du type **B** comme « Où sont les exploitations en commun ? » n'ont pas de réponse visuelle. Il n'est pas possible d'en sélectionner les éléments bien qu'au niveau élémentaire de lecture ⁽²⁰⁾ une étoile soit différente d'un cercle. *La variation de forme n'est pas sélective.* La variation de couleur, sélective quand la distribution est relativement simple, ne suffirait pas ici étant donné le nombre des catégories, la quantité d'informations et la complexité de la distribution. La sélectivité absolue, indépendante de la complexité, n'existe que dans la collection de cartes, une par ligne du tableau.

19



20





Usage d'**une collection de cartes**

On a vu quelques usages de la collection des cartes. En voici un, particulièrement utile, en cette époque où fleurissent, non sans problèmes, les banques de données géographiques.

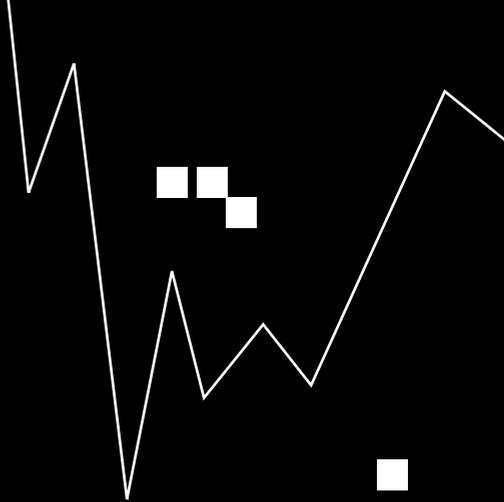
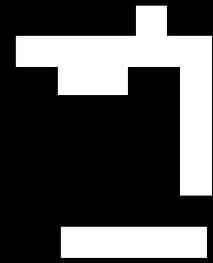
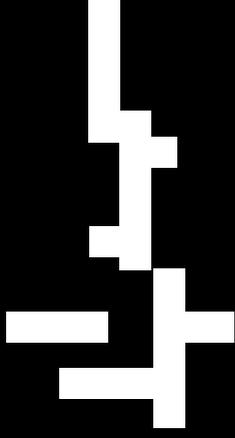
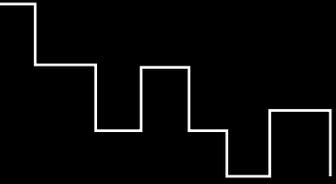
Lorsqu'on étudie une question, et par exemple une question se rattachant à la grande propriété⁽²⁾ première carte en haut, à gauche, le problème essentiel est de *découvrir les facteurs* qui ont une relation de causalité ou d'incidence avec le phénomène étudié. Le problème numéro un est un problème d'imagination. La mesure de l'incidence ne peut venir qu'après !

Si l'on dispose d'une banque d'informations cartographiées, il est facile de *découvrir* dans un temps réduit (ici 3/4 d'heure) et parmi une collection appropriée (ici 600 cartes) une série de cartes ⁽²⁾ qui ont une distribution voisine, ou inverse, de la distribution en cause. Les phénomènes représentés par ces cartes ont une probabilité d'être en relation de causalité ou d'incidence avec le phénomène étudié.

A l'imagination humaine, toujours trop limitée, toujours bridée par le contexte socio-culturel, la collection de cartes apporte une ouverture d'autant plus large que la banque est étendue. La sélection visuelle est plus rapide et supérieure à toute sélection automatique car elle admet instantanément une variété de nuances qui défie toute programmation. Mais son coût en temps n'est intéressant qu'à partir de « cartes à voir ». Les « cartes à lire » rendent l'opération impossible.



La construction matricielle des diagrammes



LA CONSTRUCTION MATRICIELLE DES DIAGRAMMES

Tout ensemble informationnel peut être écrit sous la forme d'un tableau à double-entrée. Ce tableau constitue le point de départ indispensable d'un traitement, mathématique ou graphique. Lorsque l'une des entrées décrit une suite géographique, la cartographie est possible. Mais une information géographique entre d'abord dans le cas général suivant.

Un tableau à double-entrée (et par conséquent tout ensemble informationnel) offre trois constructions graphiques opérationnelles, suivant que ses entrées sont ordonnables (symbolisé par \neq) ou ordonnées (symbolisé par O) :

- ▶ **Le fichier-image et l'éventail de courbe** lorsque le tableau est de forme ($\neq O$).
- ▶ **La matrice ordonnable**, lorsque le tableau est de forme ($\neq \neq$).
- ▶ **La collection de tableaux ordonnés** (OO) lorsque des comparaisons externes à l'information traitée peuvent être utiles sur la base de deux ordres universels. C'est le cas par exemple des collections internationales de « cartes phoniques », de diagrammes « ombrothermiques », de « stemmas » linguistiques, etc., qui se manipulent comme des collections de cartes.

Il n'existe que deux exceptions

- ▶ Lorsque le tableau ne comporte que deux ou trois lignes, la construction normale est la « corrélation rectangulaire » ; la « corrélation triangulaire » n'en est qu'un cas particulier ;
- ▶ Lorsque le tableau à double-entrée n'est que l'éclatement d'un système de relations, par exemple un arbre généalogique. Il s'agit en fait d'un problème de réseau. Les constructions graphiques sous forme de RÉSEAUX sont peu opérationnelles et il est préférable de recourir à la « théorie des graphes ».

L'inefficacité des autres constructions est souvent éclatante et nous en verrons quelques exemples.

Un fichier-image de **12 X 20**

Un directeur d'un grand hôtel, soucieux d'améliorer son chiffre d'affaires, fit relever dans ses livres diverses statistiques que son secrétaire lui présenta sous forme d'un tableau de chiffres. Ce tableau resta de nombreux jours sur le bureau du directeur.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1 FOIRES			X	X	X			X	X	X		
2 CLIENTELE LOCALE	66	60	89	66	42	52	57	52	52	60	89	66
3 CLIENTELE USA	4	2	2	4	16	21	21	11	4	6	2	2
4 CLIENTELE AMERIQUE SUD	0	0	0	0	4	1	2	0	0	0	10	0
5 CLIENTELE ASIE	1	4	9	2	1	7	9	6	1	2	2	1
6 CLIENTELE N ORIENT AFRIQUE	0,5	0	0	0	10	6	4	1	1	2	0,5	0,5
7 CLIENTELE EUROPE	5	15	12	17	29	22	35	23	29	14	8	8
8 HOMMES D'AFFAIRES	87	92	99	98	93	89	84	86	95	99	87	87
9 TOURISTES	2	4	3	4	4	2	15	12	15	7	15	4
10 EQUIPAGES AERIENS	9	8	8	4	6	6	4	4	4	6	9	11
11 AGENCE VOYAGE	10	10	8	5	17	10	5	8	17	12	14	6
12 RESERVATION DIRECTE	86	80	80	68	68	70	78	73	70	70	65	78
13 PRIX DES CHAMBRES	8,75	17,5	17,5	10,5	5,5	5,2	1,7	12,2	8,7	8,7	17,5	5,2
14 DUREE MOYENNE SEJOUR	0,8	1	1,5	1,5	2	1	0,4	0,6	1	2	1,5	0,4
15 CLIENTS MOINS DE 20 ANS	1	1	2	1	1	0,5	0,5	1	1	1	2	1,5
16 CLIENTS DE 20 à 35 ANS	30	27	33	36	24	27	26	25	24	31	30	26
17 CLIENTS DE 35 à 55 ANS	22	28	22	13	35	41	56	52	33	34	17	22
18 CLIENTS DE + de 55 ANS	25	23	18	14	15	18	14	14	18	18	25	23
19 CLIENTELE FEMININE	32	20	40	28	24	16	13	20	20	40	30	25
20 TAUX D'OCCUPATION	55	73	82	80	75	70	55	60	74	83	93	55

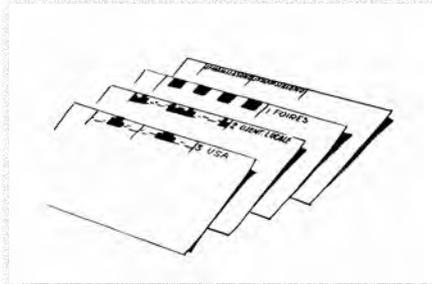
Puis un matin, le secrétaire lui présenta trois images, construites d'après les chiffres du tableau. Au vu de la troisième image, directeur convoqua le jour-même ses collaborateurs.

Il définit une nouvelle politique des prix, une nouvelle répartition des stocks. Il réorienta la promotion-vente et finit sa journée par une visite au maire responsable de la date des foires. Le chiffre d'affaires de l'année suivante fut augmenté de 10 %.

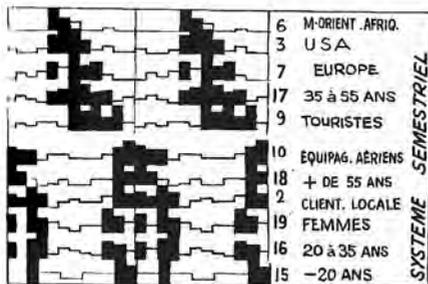
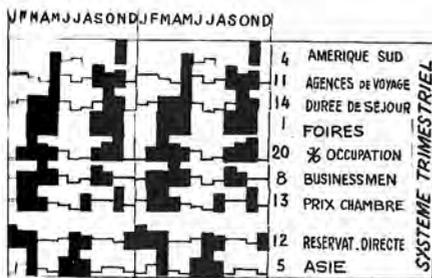
Le secrétaire, économe de ses efforts mais néanmoins soucieux d'efficacité, avait transcrit les chiffres sous forme « d'histogramme », mais en construisant une fiche séparée ⁽²²⁾, par ligne du tableau, en reportant deux fois les 12 mois, pour percevoir les cycles éventuels, et en pochant en noir les colonnes au-dessus de la moyenne.

Les fiches, classées dans l'ordre du tableau lui fournirent l'image ⁽²³⁾ qu'il reproduisit sur son photocopieur. Puis, il reclassa les fiches, en cherchant simplement à rapprocher les variations parallèles. Il découvrit ainsi que les indicateurs se regroupent en deux systèmes, l'un trimestriel, l'autre semestriel ⁽²⁴⁾.

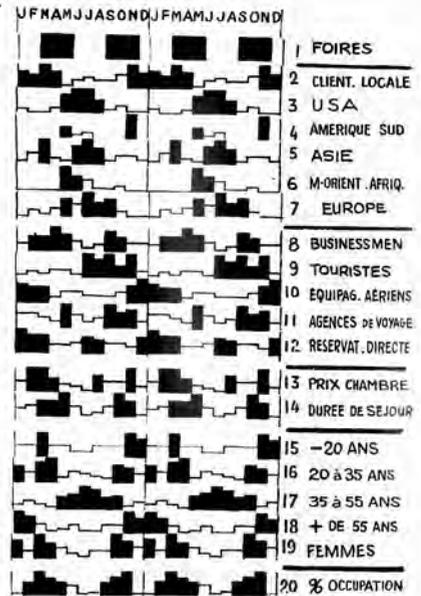
22



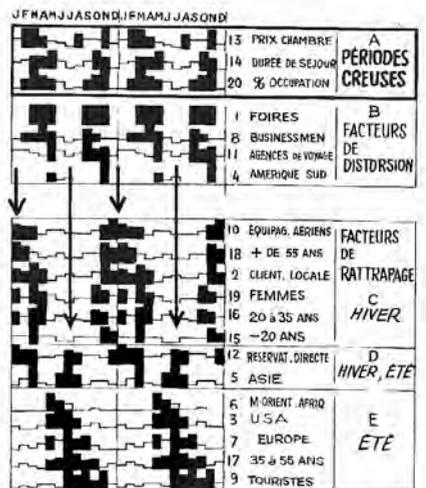
24



23



25



En repartant des indicateurs qui définissent les périodes creuses, il lui fut facile de découvrir les facteurs de distorsion et ceux de rattrapage ⁽²⁵⁾.

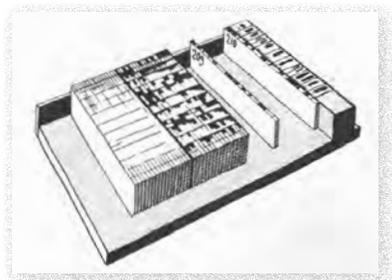
Le directeur n'avait plus qu'à prendre ses décisions.

Un fichier-image de **9 X 1 000**

L'une des caractéristiques du fichier-image est de pouvoir accepter une variable \neq très longue, de l'ordre d'un millier ; en voici un exemple.

Soit, d'après Mlle G. PEUGNIEZ, à rédiger la carte de la taille des exploitations en Provence. Le fichier-image transcrit en **X** sept catégories ordonnées de tailles, de 0,5 ha à plus de 100 ha. Une commune (ligne) est caractérisée par le pourcentage de surface agricole utile (S.A.U.) dans chaque catégorie. On indique aussi la surface totale et le nombre des exploitations. La suite des communes s'inscrit ici en **Y**. Il s'agit de découvrir les types de communes qui résultent de cette analyse.

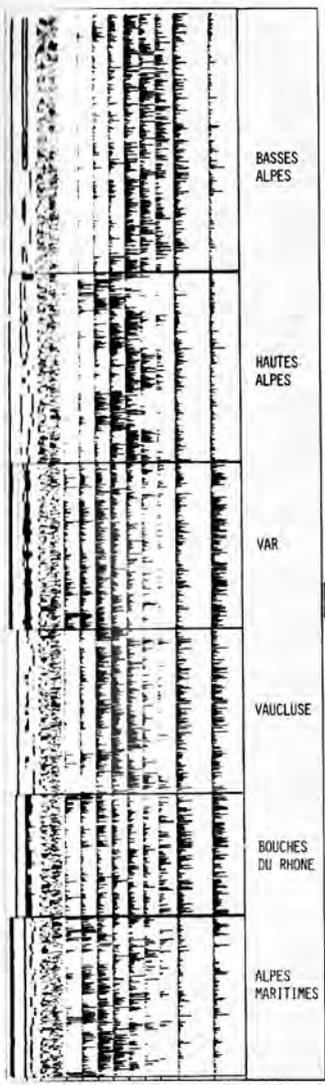
②⑥



Dès que le nombre des fiches dépasse quelques dizaines, il faut employer des cartons d'environ 1 mm d'épaisseur, il faut dessiner sur la *tranche* ②⑥ et caler les fiches le long d'une règle.

La figure ②⑦ montre le fichier à son origine, dans le classement fourni par le recensement. La figure ②⑧ montre le classement qui résulte du rapprochement des communes semblables. Il sépare d'abord les communes **a** à **h**, caractérisées par la présence de presque toutes les tailles, des communes **A** à **G** où prédominent certaines tailles. Les types **A**, **B**, **C**... sont eux-mêmes divisibles en sous-types dont l'image, malgré sa faible dimension, montre clairement les caractères. Ce sont ces types qui seront reportés sur la carte, et le fichier-image en fournira la légende.

27

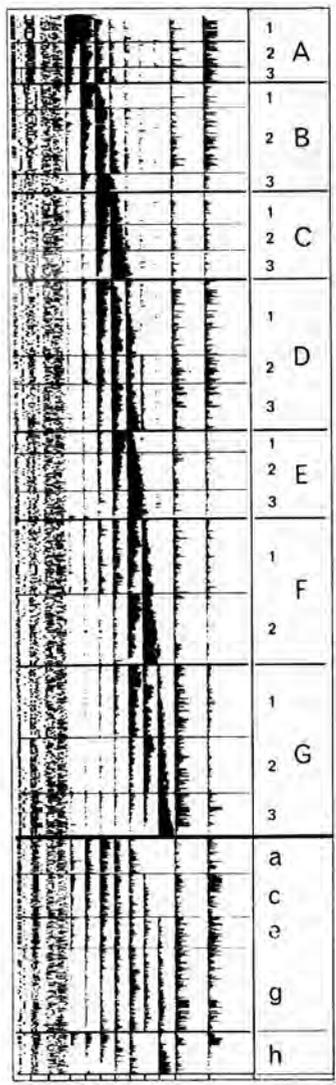


DEPARTEMENT
REGION AGRIC.
COMMUNE
0 5 1 5 10 20 50 100
Classes d'exploitations (ha)
S.A.U. PAR CLASSE
pour 100 S.A.U. communale
Echelle propre à chaque classe
10 75 45 60 60 10000

AGRIC. UTILE
EXPLOITATIONS
(nombre)



28



DEPARTEMENT
REGION AGRIC.
COMMUNE
0 5 1 5 10 20 50 100
Classes d'exploitations (ha)
S.A.U. PAR CLASSE
pour 100 S.A.U. communale
Echelle propre à chaque classe
10 75 45 60 60 10000

AGRIC. UTILE
EXPLOITATIONS
(nombre)

Un éventail de courbes de **20 X 200**

Une statistique historique conduit à construire une « courbe ».

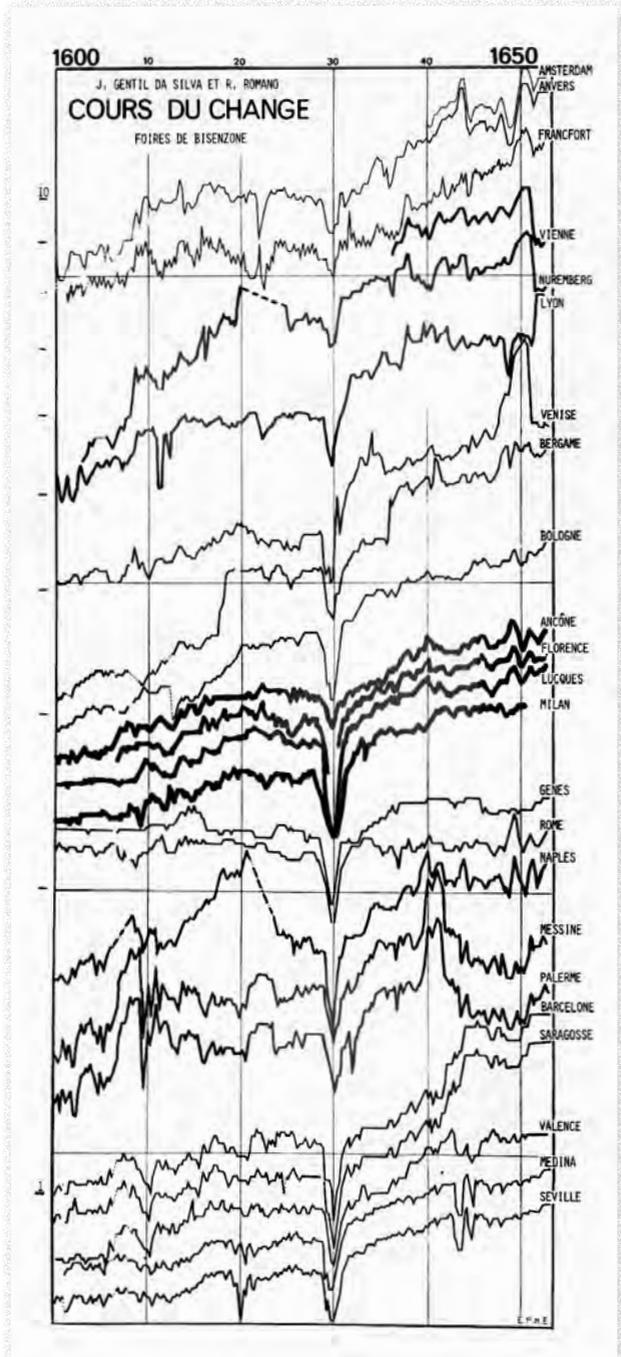
Cette construction a deux objectifs : découvrir les caractères internes du phénomène, découvrir, par son témoignage, des périodes de temps différentes. Ces périodes seront d'autant mieux caractérisées que l'on disposera d'un plus grand nombre de phénomènes. Ceci conduit à concevoir une collection de courbes, que l'on pourra classer de différentes manières suivant les mêmes principes que dans le fichier-image puisque la logique ($\neq 0$) est la même.

Il importe alors,

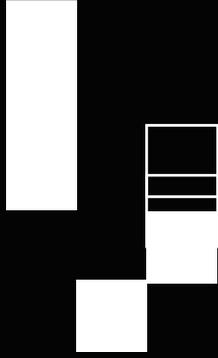
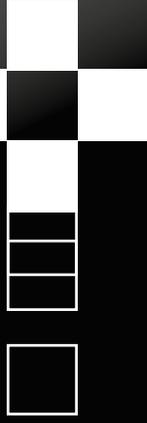
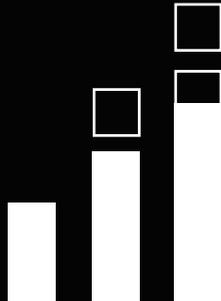
1. que toutes les courbes soient visuellement comparables et donc qu'elles soient construites sur une échelle commune et logarithmique ;
2. qu'elles puissent être classées de différentes manières et donc qu'elles soient chacune établies sur un support séparé ;
3. que ce support soit transparent. Toutes les manipulations deviennent possibles et l'on découvre un troisième objectif : définir des groupes de courbes semblables caractérisant des types dans la série des courbes.

En voici un exemple

Les cours du change durant 200 marchés ⁽²⁹⁾ permettent de préciser les limites des aires géographiques ayant les mêmes caractères du point de vue financier. Des surprises attendent alors l'observateur averti.

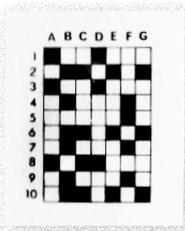


Principe des permutations matricielles



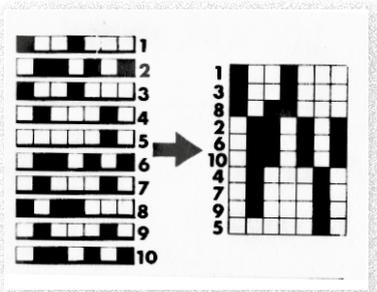
PRINCIPE DES PERMUTATIONS MATRICIELLES

30



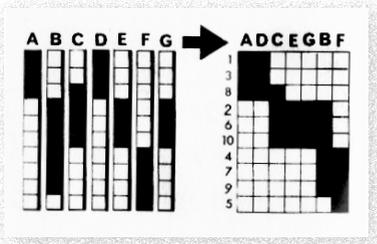
Les exemples précédents ont montré l'utilité du reclassement des fiches ou des courbes lorsque l'information offre une variable ordonnable (\neq). L'extension de ce même principe élémentaire aux deux dimensions du plan, lorsque l'information est de nature ($\neq \neq$) définit les permutations matricielles. Soit par exemple à étudier sept objets **ABC...** à travers la présence ou l'absence de dix indicateurs **1, 2, 3...** Cette information construit le tableau 30.

31



La permutation des lignes 31 correspond aux manipulations d'un fichier-image.

32

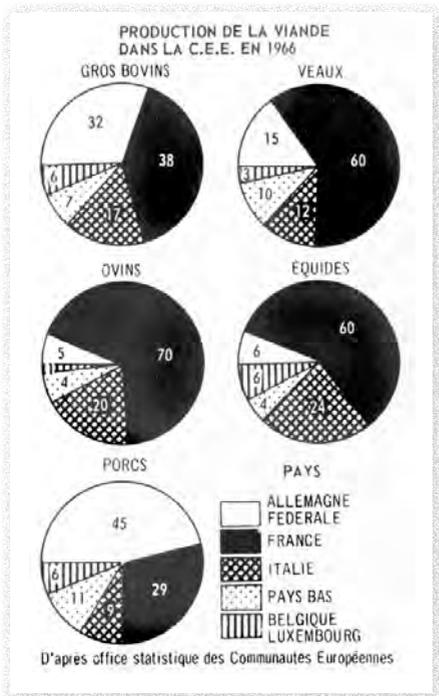


Si, de plus, on peut permuter les colonnes 32, l'image se simplifie encore et la compréhension qui, à l'origine nécessitait de mémoriser $7 \times 10 = 70$ éléments ne requiert plus que la mémorisation de trois groupes dont on découvre en même temps l'originalité.

Une matrice 5 x 5 :

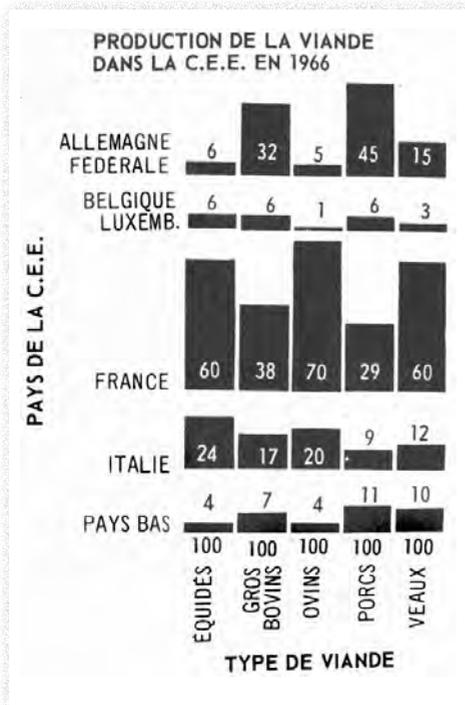
Le problème de la viande dans le Marché Commun

Lorsque les ministres du Marché Commun étudient le problème de la viande, sont-ils bien avancés lorsqu'ils ont sous les yeux la figure ⁽³³⁾. Ils n'en tirent que quelques chiffres et un simple tableau eut été plus efficace. Comment se regroupent ou s'opposent les différentes nations ?

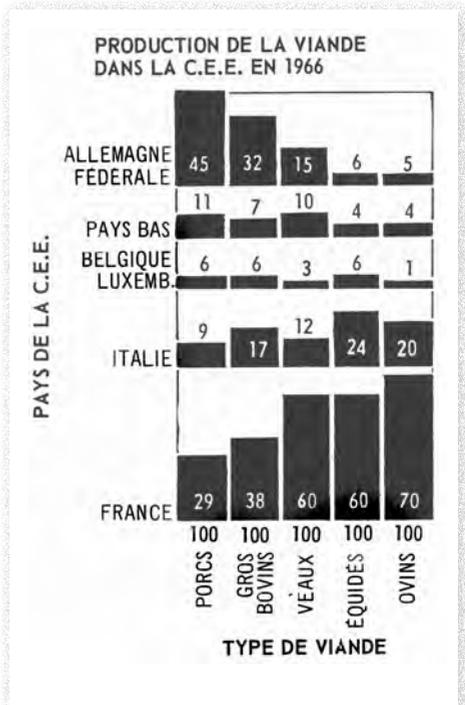


(33)

34



35



Cette même information, construite sous forme matricielle ³⁵ fait apparaître un problème proprement politique : les nations forment deux groupes, l'Allemagne et les Pays-Bas d'une part. L'Italie et la France d'autre part, qui ne peuvent, dans le cadre de cette information, n'avoir que des politiques opposées, ou complémentaires. Ici, Belgique et Luxembourg jouent le rôle d'arbitre.

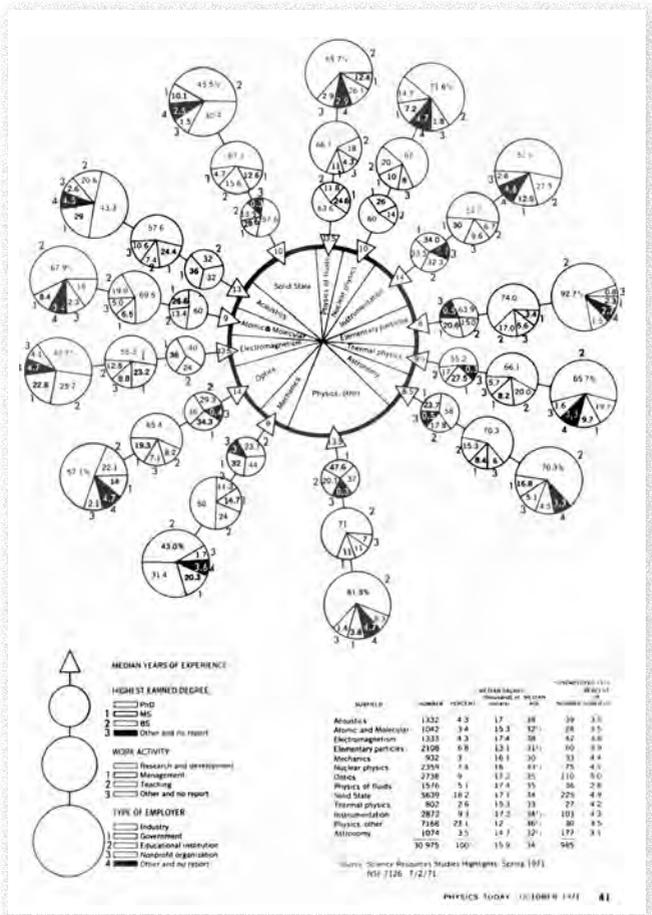
Mais ceci n'apparaît que lorsque les lignes et colonnes de ³⁴ ont été reclassées de manière à former l'image la plus simple ³⁵.

Une matrice 13 x 19 :

Les orientations de la physique aux USA

C'est du moins le titre du dessin ⁽³⁶⁾ paru en pleine page dans une revue spécialisée. Sait-on d'ailleurs de quoi ce dessin traite ? La construction matricielle ⁽³⁷⁾ 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**, des grades, âges et salaires moyens ; et enfin du chômage.

(36)



37

	DIVERS	ACOUSTIQUE ELECTROMAGNETISME INSTRUMENTATION OPTIQUE	ETAT SOLIDE PARTICULES ELEMENT. PHYSIQUE NUCLEAIRE MECANIQUE PHYSIQUE THERMIQUE PHYSIQUE DES FLUIDES ATOME ET MOLECULE ASTRONOMIE	
(P) PROFESSIONS DIVERSES	■	■	■	INDUSTRIE MANAGEMENT ADMINISTRATION CADRES ANCIENS DIPLOMES MOYENS HAUTS SALAIRES
(E) ADMINISTRATION	■	■	■	
AGE MOYEN	■	■	■	
MASTER (MS)	■	■	■	
ANCIENNETE	■	■	■	
(E) EMPLOYEURS DIVERS	■	■	■	
BACHELOR (BS)	■	■	■	
(P) MANAGEMENT	■	■	■	
(E) INDUSTRIE	■	■	■	
SALAIRE	■	■	■	
(P) RECHERCHE	■	■	■	RECHERCHE ENSEIGNEMENT JEUNES CADRES HAUTS DIPLOMES BAS SALAIRES
(P) ENSEIGNEMENT	■	■	■	
(E) INSTITUTIONS D'ENSEIGNEMENT DOCTORAT (PHD)	■	■	■	
CHOMEURS (%)	■	■	■	CHOMAGE
N. D'ACTIFS	■	■	■	
AUTRES DIPLOMES	■	■	■	
N. DE CHOMEURS (E) ORGANISATIONS A BUT NON LUCRATIF	■	■	■	

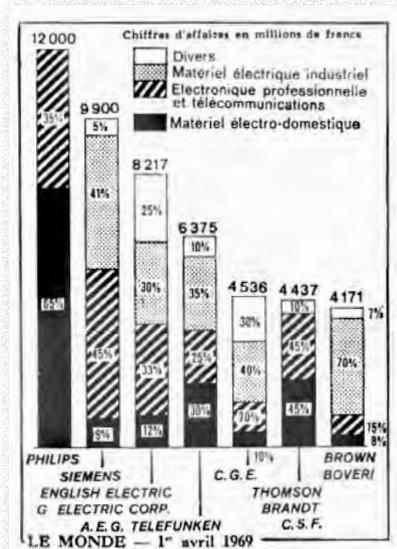
Cette information sépare les indicateurs en deux « systèmes ». Le premier divise les branches en deux groupes : acoustique, électromécanique, instrumentation et optique sont l'apanage de l'industrie, du « management », des hauts salaires et des hommes âgés. Les autres branches sont le lieu de la recherche, de l'enseignement, des hauts diplômés et... des salaires réduits. Mais un autre système d'indicateurs, en bas, perturbe cet ordre et montre que le chômage obéit à un tout autre partage.

Les deux étapes d'un traitement graphique

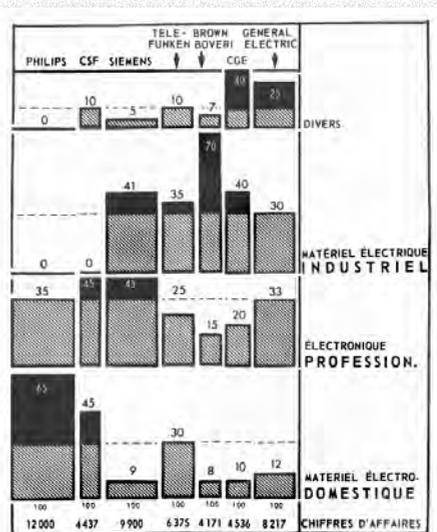
Voici, d'après J.D. GRONOFF, un exemple qui souligne les deux étapes de l'exploitation graphique d'une information :

1. La simplification ⁽³⁹⁾, qui aboutit ici à la « diagonalisation » de la matrice et constitue le point de départ de l'observation pertinente. Cette étape est en réalité une routine automatisable.
2. L'interprétation ⁽⁴⁰⁾, ⁽⁴¹⁾, ⁽⁴²⁾ qui conduit à modifier l'image pour vérifier et souligner les observations suscitées par la simplification. Cette étape, fonction d'une suite d'observations personnelles, tributaires des connaissances du chercheur et de son imagination, n'est pas automatisable.

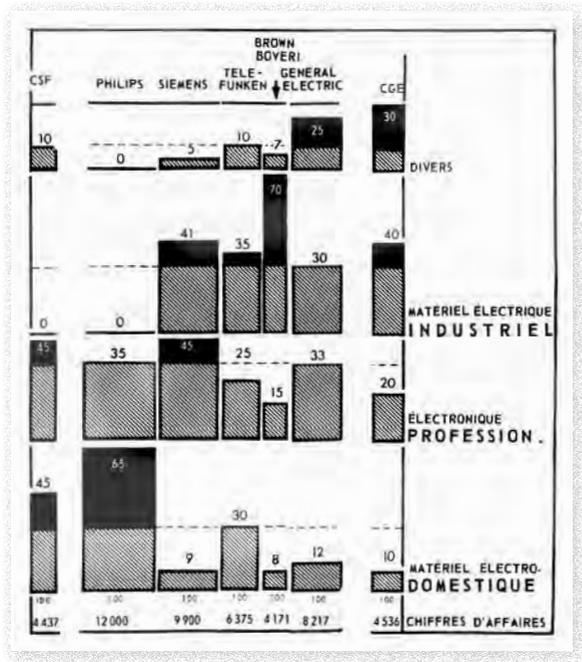
(38)



(39)



40



La figure 38 illustre un article intitulé « La C.G.E., Thom-son-Brandt-C.S.F. et Alstom vont tenter de coordonner leurs activités ». Rien dans le cours de l'article ne fait référence à cette figure ! Et pourtant !

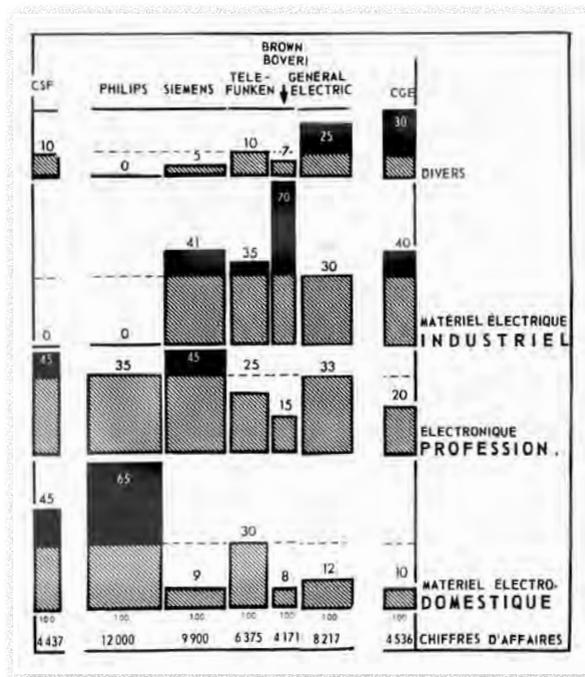
Il est facile de construire une matrice avec les seuls chiffres fournis par cette figure, et de la simplifier (de l'optimiser). Dans cette construction 39 les largeurs et les surfaces des colonnes sont proportionnelles aux chiffres d'affaires. Les hauteurs sont proportionnelles aux pourcentages des diverses branches dans chaque entreprise. Ce qui dépasse la moyenne, en noir, est la marque de la spécialisation. L'interprétation de l'image 39 conduit à différents classements qui soutiennent le discours :

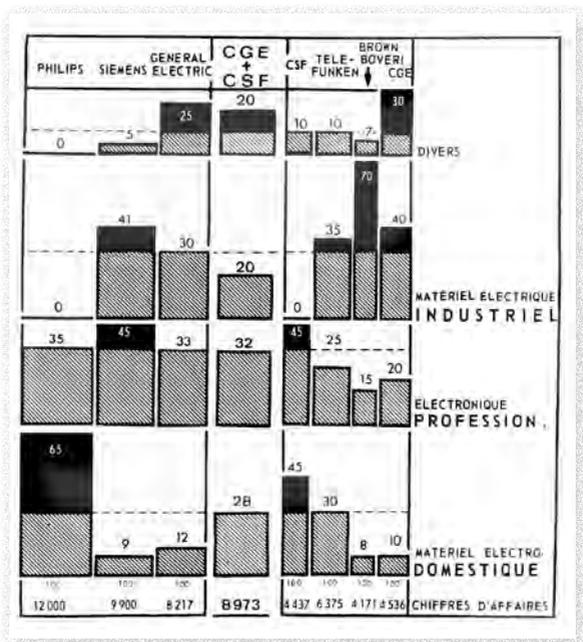
Si l'on sépare les entreprises qui ont un chiffre d'affaires supérieur à la moyenne générale, on voit 40 qu'aucune entreprise française n'atteint cette moyenne. Mais on voit aussi qu'à l'intérieur de chaque groupe, les entreprises se répartissent les activités d'une manière « harmonieuse » qui tend à limiter la concurrence.

La complémentarité des deux entreprises françaises est mise en évidence par ⁽⁴¹⁾ qui montre en même temps que chacune se trouve en compétition avec un concurrent étranger nettement plus important.

Enfin, l'entreprise fictive qui « coordonnerait » les entreprises françaises ⁽⁴²⁾ devient supérieure à l'entreprise moyenne européenne et entre dans le groupe des « grands ». Cependant elle n'est pratiquement plus spécialisée, elle se rapproche du groupe britannique General Electric et rompt toute l'harmonie qui caractérise la structure actuelle.

Il est possible d'étendre le principe des manipulations visuelles à des informations relativement importantes. Voici un extrait des manipulations d'une matrice 82 x 80.





La typologie du chapiteau ionique, d'après D. THEODORESCU

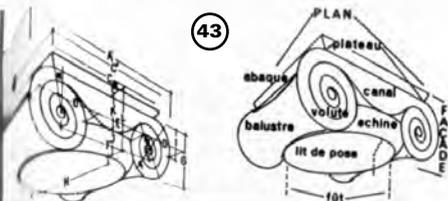
Le problème

Témoins d'une civilisation mémorable, les chapiteaux ioniques sont depuis longtemps l'objet d'une attention toute particulière de la part des chercheurs. Les chapiteaux ne sont pas nombreux et constituent un ensemble fini d'objets qui vraisemblablement ne s'accroîtra plus beaucoup. Les 82 pièces étudiées ici représentent l'essentiel des chapiteaux connus. Leur étude a amené les spécialistes à construire des typologies. Et chacun a construit la sienne, fondée subjectivement sur tel ou tel trait particulier ou sur telle ou telle variable.

Une démarche plus objective conduit à recenser et à inventer toutes les variables possibles, à les considérer au départ comme des indicateurs équivalents et à les appliquer à l'ensemble des chapiteaux. On recherche ensuite les affinités qui se dégagent de cette analyse, tant entre les chapiteaux qu'entre les indicateurs. On dégage enfin les indicateurs les plus représentatifs des groupes ainsi obtenus.

X ENSEMBLE DES CHAPITEAUX ETUDIES

1 ASIE MINEURE	2 AIRE EGEEENNE	3 ATTIQUE ET PELOPONNESSE	4 GRECE D OCCIDENT
101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300	301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400	401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500



43

44

		GEOGRAPHIE		CHRONOLOGIE			
		PLAN		A		RAPPORTS DES DIMENSIONS	
		LARGEURS				PLASTIQUE DU VOLUME	
		VOLUTES				Y	
		HAUTEURS				ENSEMBLE DES CRITERES	
		TRACE DES VOLUTES		DIMENSIONS (VALEURS ARRONDIES)			
		SCHEMA DE CONSTRUCTION		PLAN		B	
		LIT DE POSE				TRAITEMENT SCULPTURAL	
		PLATEAU				PLASTIQUE DU DETAIL	
		PROFIL		CANAL		FACADE	
		DECOR					
		ASTRAGALE					
		PROFIL		ASTRAGALE			
		ECHINE					
		PRESENCE					
		PROFIL		DEIL			
				ECHINE			
				COUSSINET			
				PALMETTES			
				FACES			
				LIGNE DE DEPART			
		CYLINDRIQUE				BALUSTRE	
		CANNELE					
		CLOCHE					
		ECAILLES					
		VEGETAL					
				FUT			

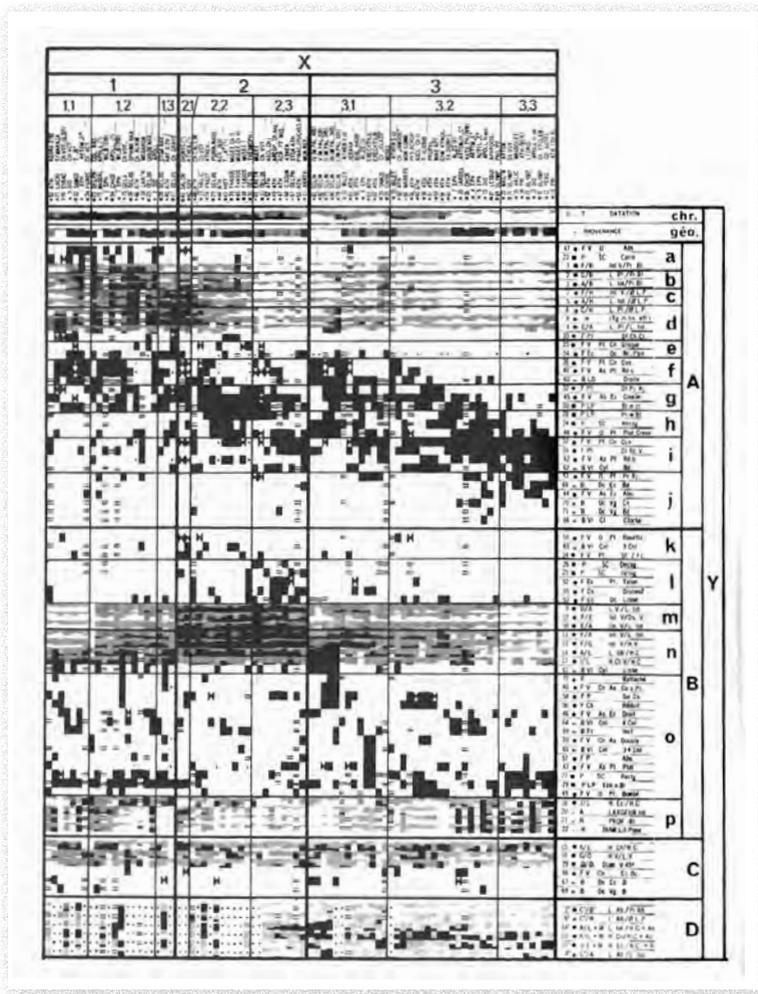
L'information et sa transcription graphique

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 43 et 44 **A** et sont transcrites sur la matrice 45 en neuf paliers du blanc au noir.

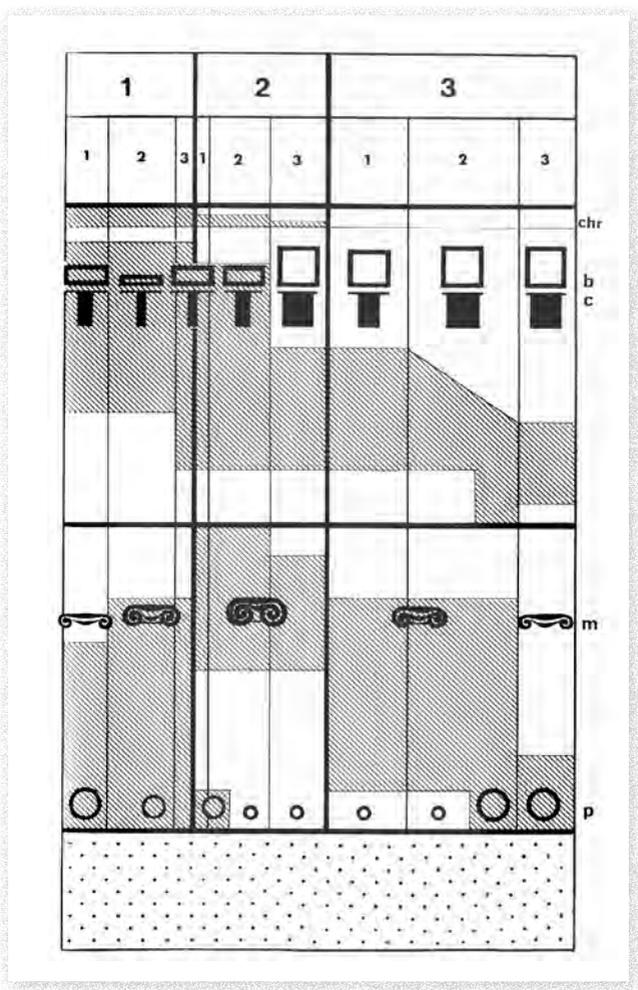
La plastique de détail fournit 50 indicateurs *oui-non* reportés en 44 **B** et 45 **B**. Les renseignements manquants sont représentés par le signe =, les douteux par **M**. La transcription graphique a utilisé le matériel « Domino » 48 qui permet toutes les manipulations.

Le traitement et l'interprétation

Par manipulations successives, des affinités se dégagent qui conduisent à la figure 46. Elle fait découvrir en **Y** trois systèmes de relations entre indicateurs et en **X** trois grands types de chapiteaux. Le système 46**A** montre une série d'indicateurs qui évoluent avec la chronologie (chr.). Le deuxième système 46**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.



47



Ces observations sont schématisées dans la « matrice d'interprétation » ⁴⁷. 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. Le 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 (47). On notera en (46) 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 (46) est celui qui se dégage du style et non celui des dates de fabrication.

Cette typologie peut être vérifiée. Il suffit de redispser 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 %.

Les limites des manipulations visuelles

Dès qu'un problème construit un tableau à double-entrée qui dépasse environ 10 x 10, il devient nécessaire de disposer d'un matériel qui permet de manipuler lignes et colonnes sans avoir à redessiner chaque fois le diagramme.



(48)

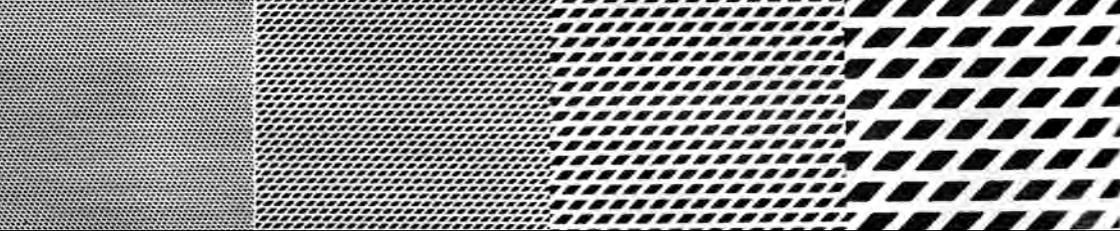


Il existe deux types de matériel :

Le matériel manuel et par exemple le matériel « Domino » ^{④8} mis au point par le Laboratoire de cartographie de l'École Pratique des Hautes Etudes, et dont nous étudions une miniaturisation qui le rendra transportable dans un porte-document. L'expérience montre qu'il ne faut pas dépasser 100 x 200 environ. Au-delà (nous avons manipulé une matrice 80 x 415), il faut faire intervenir des réductions algorithmiques qui extraient d'une information de grandes dimensions le tableau 100 x 200 le plus représentatif possible de l'ensemble.

L'écran cathodique ^{④9} qui permet de permuter lignes et colonnes en appuyant sur deux boutons. Malheureusement les écrans actuels sont bien moins performants que le matériel manuel. De plus l'utilité profonde de la graphique, objet de réflexion et de concentration imaginative, est difficilement compatible avec les servitudes qu'imposent encore l'emploi des écrans cathodiques.

Au terme de ce bref aperçu des formes actuelles de la graphique, je crois qu'il faut surtout retenir que la graphique n'est pas seulement une « illustration » fixe et définitive de ce que l'on se propose de dire. C'est aussi, et je pense, c'est surtout un instrument personnel de travail, qui joue non seulement le rôle de mémoire artificielle, mais qui autorise de nombreuses manipulations et permet de découvrir la substance même de ce qu'il faut dire ou de ce qu'il faut faire.



Questions-réponses après la conférence

QUESTIONS-RÉPONSES APRÈS LA CONFÉRENCE

Président de séance, M. S. HÉNIN

Question de M. Viellard

Vous avez évoqué la difficulté d'avoir actuellement des écrans de dimensions suffisantes. Quelles sont les dimensions dont vous avez besoin ?

Réponse

Ce que l'on peut faire manuellement, c'est afficher commodément 100 sur 200 avec 10 paliers en chaque point. Or, on ne peut dépasser, actuellement, 50 sur 100 avec 6 paliers sur les écrans les plus compétitifs, et ces 6 paliers sont très mauvais puisqu'ils sont fournis par des caractères alphanumériques choisis pour leur brillance.

Question de M. Viellard

Toutes les opérations dont vous avez parlé semblent être des opérations manuelles. Vous n'envisagez pas ou vous n'avez pas utilisé les possibilités de la machine pour établir les classements. En présence d'un aussi grand nombre de variables, cela semble un peu s'imposer.

Réponse

C'est exact. Mais nous entrons ici dans une discussion fondamentale. Il faut d'abord souligner que les capacités de l'œil, devant une image manipulable sont bien peu expérimentées et connues. Nous avons fait avec des enfants des expériences étonnantes. Avant de savoir écrire, les enfants font des optimisations matricielles plus rapidement et correctement que leurs parents étudiants ou professeurs !

Il faut avouer ensuite que nous n'aimons pas plus que d'autres perdre du temps à faire un travail que l'ordinateur peut faire.

Nous avons donc utilisé la plupart des algorithmes d'analyse multivariée actuellement accessibles : analyse en composante principale, analyse factorielle, clusters, classifications automatiques, diagonalisations automatiques, etc., conjointement et comparativement aux méthodes graphiques.

Et que constatons-nous ? En gros ceci : tout comme dans les manipulations visuelles, *ces méthodes impliquent des choix* : choix de l'algorithme, choix d'une « distance », choix dans le cheminement, dans le niveau de réduction. On pourrait croire que les éléments de ces choix existent. Mais quand on s'adresse à un informaticien, on s'aperçoit que l'on se trouve en général en présence d'un partisan d'une méthode donnée.

Par contre, les éléments des choix existent dans les méthodes graphiques. C'est l'information exhaustive elle-même, perceptible à chaque instant de la manipulation et l'expérience montre que les manipulations automatiques dégrossissent tandis que l'œil affine.

Mais surtout il faut ajouter qu'un traitement n'est pas seulement une opération algorithmique donnée. C'est aussi l'exploitation des résultats, exploitation qui réintroduit dans la manipulation des éléments *extérieurs à l'information traitée* et qui ne peuvent par définition être fournis à la machine. Je crois qu'il est utile de distinguer entre la *simplification*, opération automatisable et l'*interprétation*, opération non-automatisable, mais qui nécessite cependant la présence d'une information immédiatement mobilisable.

Question de M. Viellard

Ne pensez-vous pas que parmi les analyseurs humains il y a aussi des partisans ? Si je me méfie beaucoup de l'informatique, d'une manière générale je pense que, dans un cas comme celui-là, l'intérêt de la machine c'est qu'elle n'a pas d'idée *a priori* pour effectuer les classements. Je crains un peu que l'analyseur humain, s'il est très compétent, ait tendance à effectuer des classements qui conviennent à la thèse qu'il veut exposer.

Réponse

C'est juste – il vaut mieux ne pas faire d'a priori – mais cela se discute maintenant. Lors d'un congrès qui s'est tenu au Danemark, les mathématiciens ont posé le problème des matrices de grand format, minimum 1 000 sur 1 000. Quel problème pour la statistique moderne ! Quand on sait que pour manipuler une matrice d'ordre n , il faut, en mémoire centrale, entre n^3 et n^4 mots, on constate que le mur de la combinatoire est vite atteint. Je remarque que ce congrès a abouti à la conclusion qu'il fallait dans certains cas revenir obligatoirement aux idées préconçues. Je dirais volontiers que la discussion **IDEES PRECONÇUES** versus **PAS D'IDÉE PRECONÇUE** est parfaitement soulevée par les méthodes graphiques. On s'aperçoit, en effet, que c'est un problème de dimensions de l'information. De toute manière il y a obligatoirement une idée préconçue, mais elle n'est simplement pas à la même place suivant que l'on envisage un traitement non-mathématique ou un traitement mathématique, car croyez bien qu'il entre une idée préconçue dans le choix d'un algorithme.

Question de M. Roche

J'ai été frappé par ce que vous avez dit de la puissance de l'œil pour affiner les procédés graphiques. Je vous dirai que nous avons, en hydrologie, un problème : c'est celui du contrôle de l'homogénéité des séries chronologiques par la méthode du double cumul. C'est une méthode classique que nous avons tenté d'améliorer. Finalement, nous avons essayé d'élaborer une méthode entièrement automatique, car la méthode graphique manuelle est très lente. Après de nombreuses recherches, nous sommes arrivés à la conclusion qu'il est en effet possible de détecter, avec des critères objectifs programmés, un certain nombre de points de rupture dans l'homogénéité des séries, mais qu'il faut repasser au contrôle par l'œil pour corriger les erreurs systématiques, aucune méthode mathématique n'ayant été trouvée.

Il y a un point qui paraît important : c'est qu'il faut se méfier de ces tests de contrôle de l'homogénéité des séries. Leur faiblesse et leur manque d'efficacité font qu'ils sont beaucoup moins sensibles qu'un contrôle visuel. Vous avez finalement posé le problème de l'objectivité. On revient effectivement de plus en plus, à terminer les opérations par des contrôles subjectifs, car on n'a aucun moyen de faire mieux.

Réponse

La direction vers laquelle nous tendons, par la force des choses, par l'expérience, par la réflexion est celle-ci : offrir au chercheur le moyen de manipuler l'information, par tous les moyens, y compris le visuel. J'espère que dans un avenir rapproché – lorsque les constructeurs d'ordinateurs auront vu le problème – on aura les moyens d'inscrire et d'afficher l'information dans un ordinateur, de lui appliquer tous les algorithmes et d'obtenir toutes les sorties visuelles imaginables. De cette manière, on disposera de tous les systèmes de perception et de manipulation de l'information à chaque étape de la catégorisation, et il n'y aurait plus concurrence entre les deux systèmes, mais complémentarité. Actuellement il ne peut y avoir complémentarité, puisque l'ordinateur ne nous permet pas de manipuler graphiquement.

Il y a beaucoup à faire dans ce domaine. Je suis navré, à chaque visite d'institution spécialisée dans le traitement mathématique de l'information, de ne voir comme image qu'un listage de la Joconde !

Question de M. Hénin

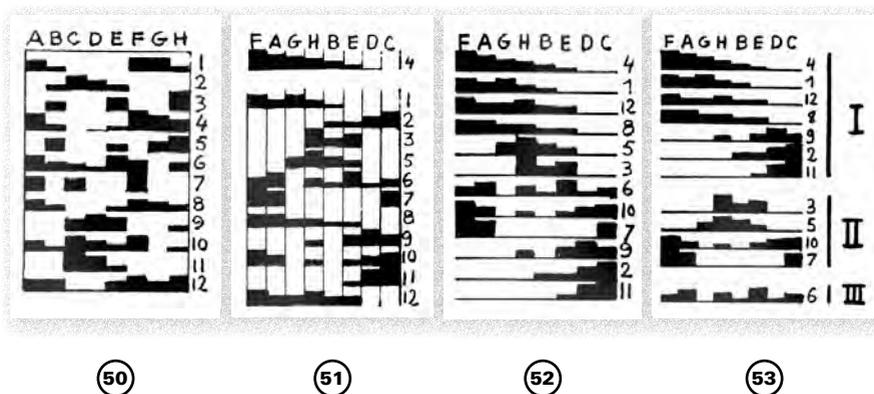
Je pense que la discussion ne doit pas nécessairement rester à ce niveau élevé. Le Professeur BERTIN a employé un langage de spécialiste pour nous parler de la manipulation de données, d'optimisation. Il ne nous a pas décrit de façon élémentaire la démarche suivie. Or, je pense qu'une partie de l'assistance comprendrait mieux, sur un cas concret, comment il procède.

Réponse

La manipulation d'une matrice peut paraître une opération complexe. Mais en fait le premier dégrossissage est très simple et ne nécessite qu'une permutation en **X** et une en **Y**.

Prenons un exemple réduit. Soit un tableau de chiffres 8 x 12. Sa transcription graphique fournit l'image .

Premier temps. Choisir une ligne, à la rigueur quelconque, mais de préférence qui comporte peu de valeurs semblables, peu d'inconnues, et qui représente un phénomène dont on pressent l'influence générale.



– Choisissons par exemple la ligne 4. La porter en haut. Tringler verticalement la matrice. Classifier la ligne 4. Toute la matrice se trouve donc classée en **X** suivant le profil régulier de la ligne 4 ⁽⁵⁰⁾.

Deuxième temps. Tringler la matrice horizontalement. Rapprocher de la ligne 4 les lignes dont le profil est voisin de 4 : **1, 12, 8**. Porter en bas les lignes dont le profil est inverse **9, 2, 11**. – Laisser au centre les lignes dont le profil est sans rapport avec 4. Rapprocher entre elles les lignes centrales dont le profil est voisin **5, 3** et **10, 7**. On obtient ainsi une diagonalisation d'ensemble ⁽⁵²⁾.

Troisième temps. Former les systèmes, c'est-à-dire associer les groupes inversés ⁽⁵³⁾.

- I – les lignes du type 4 et leur inverse, du type 9 ;
- II – les lignes du type 3 et leur inverse, du type 10 ;
- III – les profils dont on doute de la place. Ils forment en fait de nouveaux systèmes.

La mise en évidence des systèmes est automatisable. Mais lorsque leurs limites sont floues, elles ne dépendent que de l'algorithme choisi. Et l'on s'aperçoit alors que celui-ci est extrêmement grossier par rapport à ce qui peut être déduit de la seule observation visuelle de l'information.

Question de M. Hénin

Pour compléter ce que vous avez dit, on a le sentiment qu'on se trouve devant un système relativement homogène, qui donne un ensemble cohérent des fonctions à utiliser et qui met en évidence les facteurs.

À partir du moment où vous avez une figure compliquée, vous avez une série de facteurs différents qui interviennent et, par conséquent, vous allez faire un jugement de valeur sur le classement à effectuer. Mais vous ne pouvez pas faire ce jugement de valeur sur le même système, et vous êtes obligé de trier. Je ne vois pas comment on peut classer dans le même système les deux cas de figure.

Réponse

Le fait que vous me posiez cette question montre l'efficacité du système graphique! Je ne connais pas à l'heure actuelle d'autres moyens de poser un tel problème. En fait, le système est puissant puisqu'il nous fait passer à de nouveaux problèmes tels que celui que vous posez, et qu'il nous propose les moyens d'y réfléchir. Mais je n'ai pas de réponse.

Question de M. Hénin

J'ai parlé non pas en tant que critique de fond, je suis malheureusement très incompetent en cette matière mais si je me trouvait devant un cas comme celui-là, voici la question que je poserais : « Est-ce que je vais sortir dans une troisième dimension cet ensemble de cas pour faire intervenir une autre variable ou vais-je rester dans ce plan qui est si commode et évident et qui me paraît plus adapté, parce qu'il paraît faire intervenir d'autres variables que les deux premières qui ont joué. »

Réponse

La graphique dispose des trois dimensions, ou variables visuelles, que nous offre la perception visuelle. L'œil voit un plan, c'est-à-dire une surface à deux dimensions, que nous appelons **X** et **Y**. Sur ce plan il voit une forme, déterminée par la variation du blanc au noir, variation que nous appelons **Z**. Et l'œil perçoit spontanément une forme, c'est-à-dire l'ensemble des relations qui existent entre **X**, **Y** et **Z**.

Transcrire graphiquement une information, c'est faire correspondre les concepts de variations de l'information à **X**, **Y** et **Z**. Mais notre esprit accepte que **X** (et **Y**) puisse servir à transcrire non pas une seule variable de l'information mais un nombre théoriquement illimité de variables. **X** transcrit un ensemble de variables. C'est ainsi que l'on peut « imaginer » des problèmes à 1 000, 100 000 variables, et que l'on peut concevoir leur complexité, et quelquefois leur vanité !

L'œil, et donc la graphique, est un système de perception fondé sur trois variables. On sait qu'aucun autre système humain de perception ne dispose de trois variables. Aussi peut-on penser que l'homme ramène inconsciemment tout problème à une forme matricielle **x y z**, et même que toute la logique humaine est fondée sur cette perception. En fait n'importe quelle situation de décision peut être ramenée à une forme matricielle.

La seule dimension que l'on puisse ajouter de manière homogène à la perception visuelle c'est le temps, c'est-à-dire la mémoire. Mais justement c'est elle qu'il faut économiser.

Peut-être ma réponse s'éloigne-t-elle de votre question, mais j'ai cru bon de souligner l'aspect humain et physiologique qui me semble dominer la question épineuse des dimensions perceptibles.

Question de M. Hénin

Je crois que nous assistons à un certain glissement entre le problème de la représentation et le phénomène lui-même, avec les variables qui le déterminent et l'aspect psychologique du jugement. Il est évident que chaque fois qu'on a voulu sortir de la logique à deux valeurs, on s'est trouvé devant un problème absolument affolant. On ne connaît pas très bien cette question mais je crois qu'elle représente un sujet dont les logiciens n'aiment pas trop parler. Par conséquent, même si nous avons ce que vous appelez n variables, c'est-à-dire, n éléments hétérogènes, pour apprécier une certaine situation, nous allons la considérer comme un phénomène continu, puisque nous allons la classer, la catégoriser.

Donc nous avons la projection de cette diversité de conditions des critères que nous avons récoltés au départ sur deux éléments de référence à partir desquels nous nous faisons le choix.

Nous sommes bien d'accord pour admettre qu'on arrive là ! Et si nous voulons remonter vis-à-vis du phénomène, on peut avoir plusieurs facteurs qui vont intervenir, qui vont nous donner une courbe à plusieurs maxima, à plusieurs allures. Comment porter, à ce moment-là, un jugement de valeur. Je ne vois qu'une solution, c'est de faire apparaître, séparément, les cas de figure. Devant des figures relativement homogènes on pourra effectuer un classement. Un autre système, il faut le traiter différemment. Il faudra catégoriser les jugements de valeur aux ensembles qui auront des éléments comparables géométriquement. Vous êtes d'accord ?

Réponse

Tout à fait d'accord. Ce qui est passionnant c'est qu'il n'y a pas de situation finale, définitive. La force de la graphique est de nous ramener au problème fondamental et non-automatisable du choix.

Question de M. Viellard

Je ne mets absolument pas en cause l'intérêt de votre méthode, qui me paraît, effectivement, à l'heure actuelle, la seule existante pour traiter autant de variables. Mais, en réalité, je pense que vous vous placez, avec cette méthode, dans une approximation linéaire, ou que vous devez toujours revenir à un problème finalement linéaire. Je crois que cela serait assez grave dans l'avenir, car l'approximation linéaire revient à négliger les interactions entre les variables prises deux à deux, trois à trois, etc. J'admets qu'en multipliant le nombre de variables vous pouvez, dans un certain nombre de cas, surmonter cette difficulté. Mais je pense que vous ne pourrez pas toujours vous limiter à cette vision des choses, qui, je le répète, semble être la seule actuellement, car elle ne vous permettra pas de déboucher sur l'interprétation des interactions.

Réponse

1° Ce ne sont pas mes méthodes. Nous avons seulement développé des procédés visuels que GUTTMANN par exemple a mis en évidence depuis longtemps.

2° La simplification matricielle est en effet une méthode linéaire en ce sens qu'elle part d'une liste d'objets, d'une liste d'indicateurs et qu'elle aboutit à une suite linéaire de groupes et de sous-groupes d'objets, transcrite par **X**, et associée à une suite linéaire de groupes et de sous-groupes d'indicateurs, transcrite par **Y**.

3° Elle s'oppose ainsi à l'analyse factorielle par exemple qui transcrit les objets suivant un nuage de points et permet de dire qu'un objet **A** appartient à un groupe d'objets, celui que fournit la lecture en **X**, qu'il appartient aussi à un autre groupe, indépendant du premier et fournit pas la lecture en **Y**, et enfin à un troisième, fournit par la lecture en **Z**.

Chaque « lecture », c'est-à-dire chacune des trois dimensions de la perception visuelle est un continuum ordonné, et l'on peut dire que **A** a une place mesurable dans chacun des trois continuum. Il ne reste plus qu'à découvrir la nature du « facteur » représenté par chaque continuum (ou « axe »). De plus l'analyse factorielle permet de superposer le nuage des indicateurs au nuage des objets.

4° Nous avons de nombreuses fois comparé diverses méthodes sur la base d'une même information. Au niveau de l'interprétation, niveau en définitive fondamental, on peut dire que chaque méthode apporte son lot.

Ainsi les analyses factorielles font découvrir les principales tendances contenues dans l'ensemble informationnel mais elles excluent la perception de l'information de base, c'est-à-dire la réponse de chaque objet à chaque indicateur.

Les analyses matricielles fournissent un typologie des objets, associée à une typologie des indicateurs et conservent la perception de l'information de base, exprimée par **Z**. Elles conservent ainsi la possibilité de nuancer les tendances suivant divers niveaux et de déceler dans l'information des sous-ensembles plus pertinents.

En Conclusion, je crois qu'il n'y a pas de méthode-miracle. Il faut nous efforcer de donner aux chercheurs les moyens d'appliquer plusieurs méthodes d'analyse sur un même objectif et de ne pas exclure de la liste les méthodes graphiques.

Cette nouvelle édition 2024 de *Le traitement graphique de l'information* a été créée à l'occasion de l'exposition **Archives graphiques de la recherche. De Jacques Bertin à Adrian Frutiger** à la Galerie Art & Essai de Rennes.

L'édition originale a été scannée et mise en page numériquement. Les graphiques ont été scannés et nettoyés. Des trames graphiques issues de *Sémiologie Graphique* de Jacques Bertin ont été ajoutées. Deux sommaires (un sommaire textuel et un sommaire graphique) viennent compléter le texte original. Ils apportent une nouvelle lecture graphique de cette œuvre.

La typographie *Univers* de Adrian Frutiger a été sélectionnée pour matérialiser le croisement de la recherche en sémiologie graphique de Jacques Bertin avec les travaux typographiques et théoriques de Adrian Frutiger.

Typographie : Univers

Exposition : Archives graphiques de la recherche.

De Jacques Bertin à Adrian Frutiger.

Commissariat : Anne-Lyse Renon

Exposition en partenariat avec : PTAC EA 3208, ANR,

Archives Nationales, Bibliothèque nationale de France,

Atelier National de Recherche Typographique, Graphisme

en France, EESAB-Rennes, Lycée La Martinière-Diderot.

