



UNITE MIXTE DE RECHERCHE N° 6575
Archéologie et territoires

ECOLE THEMATIQUE
Systeme d'Information à Référence Spatiale et Archéologie
Tours - 8/13 septembre 2003

Atelier

La sémiologie en archéologie et en histoire

par O. Barge

Archéologie et territoires (UMR 6575)

UNIVERSITE DE TOURS – 3, PLACE ANATOLE FRANCE – 37000 TOURS – FRANCE

TELEPHONE 02 47 36 81 12 – TELECOPIE 02 47 36 81 04

Le langage cartographique

Cet exposé est consacré à la sémiologie graphique et aux méthodes de représentation cartographique. En effet, il existe des règles assez strictes de représentation graphique de l'information.

On peut se demander d'emblée si ce thème s'inscrit dans les préoccupations de cette école thématique. S'agit-il de géomatique et de modélisation spatiale ? Lorsque l'on est archéologue, est-il vraiment nécessaire de se former aux méthodes graphiques alors que l'on cherche seulement à structurer correctement son information ?

Pour beaucoup, la représentation cartographique n'est que le point final d'une démarche, qui relève du dessin, et que l'on confie au dessinateur en bout de chaîne lorsque l'on a besoin, en dernière minute, d'une carte pour illustrer son propos dans un article. Elle n'est pas intégrée dans la démarche de recherche et n'est digne d'intérêt que dans la mesure où elle apporte une touche d'esthétisme à la publication.

Au contraire, l'objectif ici est de montrer l'utilité de réintégrer la dimension « représentation » dans la démarche de recherche. Mais, quoi qu'il en soit, la connaissance des règles du langage cartographique s'impose pour trois raisons :

- d'abord parce qu'utiliser les SIG ou autres outils de gestion de l'information spatialisée participe d'une démarche que l'on nommera cartographique ou géomatique (selon la sensibilité de chacun), mais qui passe, au moins en phase de communication, par l'édition d'une carte. Dans la mesure où on utilise un SIG, on manipule de l'information géographique, et la meilleure manière de présenter cette information est d'en réaliser une carte.

Or, la représentation cartographique obéit à des règles fondées sur l'adéquation entre information et perception graphique, et méconnaître ces règles expose à la production de cartes erronées ou inefficaces.

- ensuite parce que pour réaliser une bonne carte (qui véhicule effectivement un message), on doit mener au préalable une investigation sur la nature de l'information à représenter ; les représentations dépendent du type d'information. Or, à bien y réfléchir, cette investigation n'est pas déconnectée de la démarche de recherche en amont (celle qui motive la carte), réalisée sur le plan opératoire avec un SIG. Avoir en mémoire les contraintes de construction graphique de la carte dès le début de la démarche de recherche aide à structurer cette démarche. Par exemple, on sait que l'on ne peut guère représenter plus de 10 types de points différents sur une même carte. Or, d'expérience, les typologies construites par les archéologues (pour des objets, pour des sites) dépassent souvent les 10 catégories.

- enfin, si l'évolution récente des outils informatiques décuple les possibilités de manipulation de l'information, ces derniers ont été conçus sans intégrer les principes de la graphique. D'où les risques d'erreur. Les logiciels actuels proposent souvent des solutions graphiques multiples, dont beaucoup, pour un problème donné, se révèlent erronées.

La représentation cartographique se conçoit d'un point de vue conceptuel, de sorte qu'il est possible de faire une carte juste sans ordinateur, de même que l'on peut produire une carte fautive avec un ordinateur. Le point de vue est donc distancié des outils et décalé du positionnement technique de cette école thématique (géomatique). Cette position momentanée permettra d'appréhender le point de vue des cartographes avant l'arrivée de l'informatique. Une réflexion sur une démarche de recherche fondée sur la cartographie était déjà engagée, certaines questions qui nous occupent encore (l'analyse spatiale par exemple) étaient déjà posées.

Ce retour apportera un éclairage différent sur le monde de la cartographie qui a vécu de grandes mutations ces dernières décennies et qui ne les a pas encore toutes digérées et assumées.

La première partie sera consacrée à la définition de l'information spatiale et à une analyse de ses usages. Dans un deuxième temps, les principes de la représentation cartographique seront détaillés ; c'est la partie didactique de l'exposé. Enfin, les fonctions de représentation graphique dans les logiciels de SIG seront critiquées à la lumière des principes de la sémiologie graphique, ceci à travers l'exemple du logiciel MapInfo.

1 L'information géographique et ses usages

Avant d'entrer dans le cœur du sujet, la représentation graphique, il faut d'abord définir l'information géographique.

Définition

Un rappel liminaire : une information est plus qu'une simple donnée et les données n'ont pas toutes la même « charge » informative. Par informative, il faut entendre « qui nous donne à comprendre notre objet d'étude, celui pour lequel nous avons collecté des données ». En ce sens, la théorie de l'information considère qu'une donnée est d'autant plus informative que son occurrence est rare. Par exemple, si dans un espace donné on retrouve 100 tessons de céramique de type A et 1 tesson de type B, parmi ces 101 données, celle de type B est plus informative que les autres (à la limite, elle est autant informative que les 100 autres réunies). Dans la pratique, l'usage tend à confondre donnée et information. Leur distinction n'est pas aisée. On doit toutefois garder à l'esprit le point de vue qui les distingue, en particulier lorsque l'on pratique « l'analyse spatiale ».

Une information relative à un lieu à la surface de la terre est dite géographique. Cette information est localisée : on la dit géocodée, ou géoréférencée.

Un objet à la surface de la terre peut être localisé par une paire de coordonnées (x,y) dans un système de coordonnées terrestres ; c'est la *localisation* ou le *contenant* de l'information. En plus de la localisation, l'objet est décrit par un ou plusieurs *attributs* (z) ; c'est le *contenu* : une dimension spatiale, une dimension thématique. C'est du reste la manière dont les informations sont stockées dans les S.I.G. : un fichier qui stocke les localisations (sur lesquelles on peut opérer des transformations géométriques) et un fichier qui stocke les attributs (sur lesquels on peut opérer des transformations statistiques).

Une information géographique est plus ou moins abstraite ; elle peut désigner quelque chose de parfaitement factuel : une tombe dans le désert, une amulette ou une fibule dans un carré de fouille. Mais les attributs peuvent désigner des choses plus abstraites : l'altitude de la tombe, le métal de la fibule. Ces attributs peuvent se rapporter à des entités agrégées : l'extension de la zone des tombes dans le désert, la part des fibules par rapport à l'ensemble des objets dans le carré de fouille. Notons le jeu de correspondance qui s'établit entre contenu et contenant. Au changement en (x ; y)(un point, un polygone), correspond un changement dans le type d'information (un nom, une valeur numérique).

Notons au passage que c'est une des grandes fonctionnalités des SIG que de pouvoir calculer l'agrégation des attributs en fonction de l'agrégation spatiale des objets.

Utilité : à quoi sert l'information géographique ?

Définir l'information géographique, conduit incidemment à se poser la question de son utilité. Or, se poser cette question, c'est révéler les termes, le contenu opératoire de ce que l'on appelle *analyse spatiale*. Avec les SIG, on parle beaucoup d'analyse spatiale, sans qu'elle ne soit vraiment formalisée. Sans avoir la prétention de formaliser cette dernière, le simple fait de se demander à quoi sert l'information géographique, permet d'en esquisser les éléments.

Une donnée géographique seule (localisation et attribut) n'a pas de sens en elle même. L'information qu'elle contient est révélée par la confrontation avec d'autres données géographiques. La confrontation (localisation/attributs) fait en quelque sorte passer du statut de donnée à celui d'information.

On peut mener 3 grands types d'opérations avec l'information géographique.

Le repérage :

Une localisation seule n'a donc pas d'intérêt en soit. On ne peut que poser la question où ? (où se trouve cet objet ?)

Repérer la localisation d'un objet n'a en général de sens que si on peut la comparer à plusieurs autres.

C'est la confrontation avec d'autres localisations qui est intéressant.

On peut alors, dans une démarche de recherche, formuler 2 questions :

- Comment ces objets sont-ils localisés les uns par rapport aux autres ?
- Comment expliquer la forme de la distribution spatiale ?

La comparaison :

La localisation des objets géographiques est rarement réalisée seule. On se sert le plus souvent de la localisation comme support des attributs des objets. En donnant une expression graphique à chaque attribut, on permet une confrontation de ces derniers. L'information attribut prend son sens par confrontation aux attributs d'autres localisations. Le fait de donner une expression graphique à des données spatialisées est une invitation à leur comparaison, qui se fera éventuellement de manière implicite.

En plus des questions permises par le repérage, la comparaison permet de savoir comment répond chaque lieu, autorise les comparaisons terme à terme et donne une information sur les voisinages.

La synthèse :

Cette synthèse est fournie par l'image cartographique. Elle est d'autant plus pertinente que le fond de carte est bien choisi.

C'est une image qui présente une forme caractéristique, que l'on peut mémoriser et qui synthétise un grand nombre de comparaisons locales.

Cette fonction de synthèse est également réalisée en affichant plusieurs thèmes conjointement sur la même carte, ou en comparant plusieurs cartes, à travers un cheminement cartographique

L'avènement des SIG laisse entrevoir de nouvelles possibilités. En effet, la manipulation des localisations, de la géométrie de l'image cartographique, est rendue possible. Il existe probablement des voies de recherche en cartographie, vers la représentation des attributs (z), par la modification des localisations (x et y)

Les types de données et leur traitement (le contenu)

De manière à rendre les données manipulables pour les représenter, il est nécessaire de les mettre en forme. Cette mise en forme se réalise sous forme de tableau. Il en existe deux sortes. La première catégorie est *le tableau d'échange*.

Les lignes portent des unités géographiques, de même que les colonnes. Ces unités géographiques peuvent être les mêmes. Le corps du tableau enregistre des informations chiffrées sur les flux mesurés entre les unités géographiques A et les unités géographiques B.

Les SIG ne proposent pas ce type de structure de donnée.

Le second type de tableau permettant de formaliser l'information géographique est le « *tableau d'information géographique* ». En ligne, il est constitué des unités géographiques. En colonne, il est constitué des caractères, ou variables ; ces variables sont des mesures effectuées sur chacune des entités géographiques, pour lesquelles il ne doit exister qu'une seule mesure.

Le terme « mesure » laisse supposer une valeur numérique. Ce n'est pas nécessairement le cas. Les caractères peuvent être mesurés sur des échelles quantitatives, mais aussi qualitatives.

On retrouve ici la manière dont les SIG gèrent l'information spatialisée. La table des attributs est structurée de cette manière, les enregistrements (lignes) correspondant aux entités graphiques, et les champs (colonnes) correspondant aux caractères du tableau d'information géographique. Notons également que ces caractères peuvent être codés par du texte (qualitatif), des entiers ou des décimaux (quantitatif).

Les types de variables

Les mesures peuvent être effectuées par des caractères quantitatifs ou qualitatifs. En réalité, il existe 4 types de caractères :

Un caractère qualitatif nominal :

Caractère qualitatif, ses modalités s'expriment le plus souvent par des mots. Il n'est pas possible de distinguer d'ordre entre les modalités. Par exemple, le type de site archéologique : habitat, tombes, structure hydraulique, site de campement, ...ou le type d'objet d'un chantier : céramique, verre, tuile, monnaie,...

Un caractère qualitatif ordinal :

Un caractère qualitatif ordinal est un ensemble de modalités que l'on peut ranger par ordre croissant ou décroissant. Elles s'expriment par des mots (faible, modéré, fort), ou par des rangs. Le rang ne dit rien sur l'écart qu'il peut y avoir d'un rang à l'autre.

Un caractère quantitatif d'intervalle :

Ce sont des valeurs numériques entre lesquelles on peut opérer des différences, mais pas des rapports (position du 0 arbitraire). Par exemple : les dates, la température. Il est possible d'ordonner les entités (du plus grand au plus petit), mais pas d'estimer les rapports de grandeur entre ces entités. La température n'est pas deux fois plus grande à 20° qu'à 10°, mais il y a une différence de 10°.

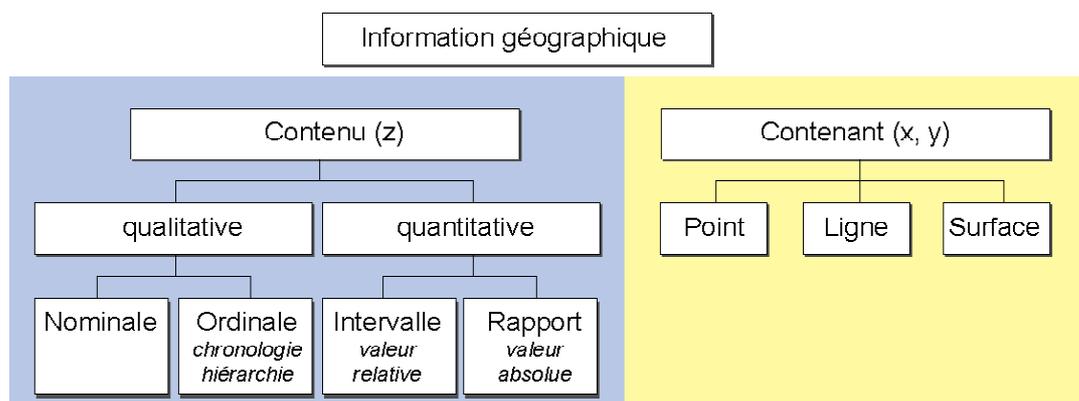
Un caractère quantitatif de rapport :

Ce caractère correspond à un dénombrement effectif et factuel. Par exemple : une population en nombre d'habitants. On peut alors évaluer les rapports (100 habitants, c'est deux fois plus que 50).

Mais n'importe quel caractère quantitatif de rapport, dès lors qu'il est rapportée à un autre caractère quantitatif de rapport, peut être ramenée à une échelle d'intervalle. On parle de quantitatif relatif.

Exemple : les densités, où la population (ou le nombre de tessons) est exprimée en fonction de la surface de collecte.

Ces caractères peuvent faire l'objet d'une description statistique, de manière à résumer une information trop abondante. On fait alors appel aux outils de la statistique descriptive, statistique univariée lorsque l'on considère un seul caractère, statistique multivariée lorsque l'on cherche aussi à comparer les caractères, et les ressemblances/différences entre unités géographiques.



Voilà définie l'information géographique, ses caractéristiques et son utilité. On peut dès lors envisager sa représentation graphique.

2 La représentation de l'information géographique, le langage cartographique.

L'information géographique peut être transmise de manière verbale ou chiffrée, ou de manière graphique. Les représentations visuelles (graphiques et cartographiques) sont infiniment plus efficaces que les autres.

D'abord parce que les phénomènes spatiaux se déroulent dans les deux dimensions du plan ; leur description s'accommode mal de la linéarité du discours.

Ensuite (pour la comparaison du z) parce que la perception visuelle humaine dispose de trois variables sensibles : les variations des taches et les deux dimensions du plan. En un seul instant de perception, les systèmes linéaires (discours, texte) ne communiquent qu'une seule information, alors que les systèmes graphiques en communiquent 3, plus les relations entre les trois. A titre d'exemple, on peut essayer de comparer 2 tableaux de chiffres, ce qui demande autant d'instant d'attention que de cases ($2 \times 6 \times 6 = 72$), et deux tableaux de leur représentation graphique, ce qui nécessite seulement 2 instants d'attention.

15,2	2,5	2,5	7,4	3,2	0,9
16	25,5	11,1	19,8	30,1	14,9
28,1	4,9	10,5	36	26,1	20,2
1,2	1,2	5,5	1	27,3	30,2
29,7	2,6	10,3	2,7	5,1	15,2
35,9	11,5	20,5	2,7	3	5,2

15,2	25,5	2,5	7,4	28,1	35,9
0,9	5,2	11,1	19,8	30,1	14,9
2,5	4,9	10,3	1	3,2	20,2
1,2	1,2	5,5	16	27,3	30,2
10,5	2,6	2,7	3	5,1	15,2
2,7	11,5	20,5	26,1	36	29,7

Toutefois, la transmission visuelle n'est réalisée correctement (c'est à dire efficacement et justement), que si le codage par les signes graphiques a été opéré selon des règles assez strictes. Ces règles ont été établies dans les années soixante par des chercheurs qui ont mis en place *une sémiologie graphique*, dont les principes ont été exposés par Jacques Bertin dans l'ouvrage de référence « sémiologie graphique » publié en 1967. Ces règles ont été édictées à partir de recherches sur la cognition : comment l'œil humain perçoit-il les signes graphiques et comment le cerveau transcrit-il cette perception en information ?

La sémiologie graphique, c'est l'ensemble des règles qui permettent l'usage d'un système de signes graphiques pour transmettre l'information. Le langage cartographique en est une partie. Les signes graphiques élémentaires (points, lignes, surfaces) sont l'alphabet, les variables visuelles sont le vocabulaire, et les règles de la perception visuelle sont la syntaxe. A chaque type d'information géographique correspond des outils graphiques : ce sont les variables visuelles.

Avant de présenter les variables visuelles, on doit au préalable établir quelques distinctions à propos de l'information géographique, afin de mieux préciser le jeu de correspondances entre information et variables visuelles.

Au niveau des attributs, l'information qualitative nominale est dite *différentielle*, dans la mesure où on ne peut établir que des différences sur ce type de variable. Les variables visuelles permettant de représenter cette information doivent donc avoir la propriété de rendre compte de différences.

Dans l'information qualitative ordinale, on cherchera à rendre compte de l'ordre entre les unités géographiques. C'est le même objectif qui sera recherché avec l'information quantitative d'intervalle. Du point de vue de leur représentation, ces deux types d'information peuvent se regrouper dans la catégorie de l'information *ordonnée*, qui sera exprimée par des variables visuelles qui traduisent l'ordre.

Enfin, l'information quantitative de rapport pourra être qualifiée de *quantitative*, dans la mesure ou il s'agit de rendre compte des quantités.

Au niveau des implantations graphiques on a pour principe de représenter graphiquement l'information avec l'implantation qui lui correspond. Ainsi, on utilise une forme ponctuelle pour représenter les données associées à un point, une forme linéaire pour représenter les données associées à une ligne et une forme surfacique pour représenter les données associées à un polygone. Il existe cependant des cas (peu nombreux), ou on est amené à représenter l'information dans une implantation différente de celle sur laquelle l'information a été mesurée.

Les variables visuelles

On appelle variable visuelle, une façon de faire varier les signes graphiques. On distingue 6 variables visuelles. On appelle amplitude (ou longueur) le nombre de figurés qu'elle permet de distinguer. Par exemple, bien que l'œil soit capable de discerner des millions de couleurs (ce que retranscrivent maintenant les ordinateurs), on considère que pour écarter toute ambiguïté, on ne doit pas dépasser 12 couleurs pour décrire un thème.

La forme :

La forme est définie comme le contour de l'élément auquel elle s'applique. On peut distinguer trois types de formes :

Les formes géométriques, carrés, cercles, triangles, ont l'avantage de la simplicité, et donc la lisibilité. En effet, plus les éléments constitutifs d'une carte sont simples, et plus sa lecture est claire et aisée.

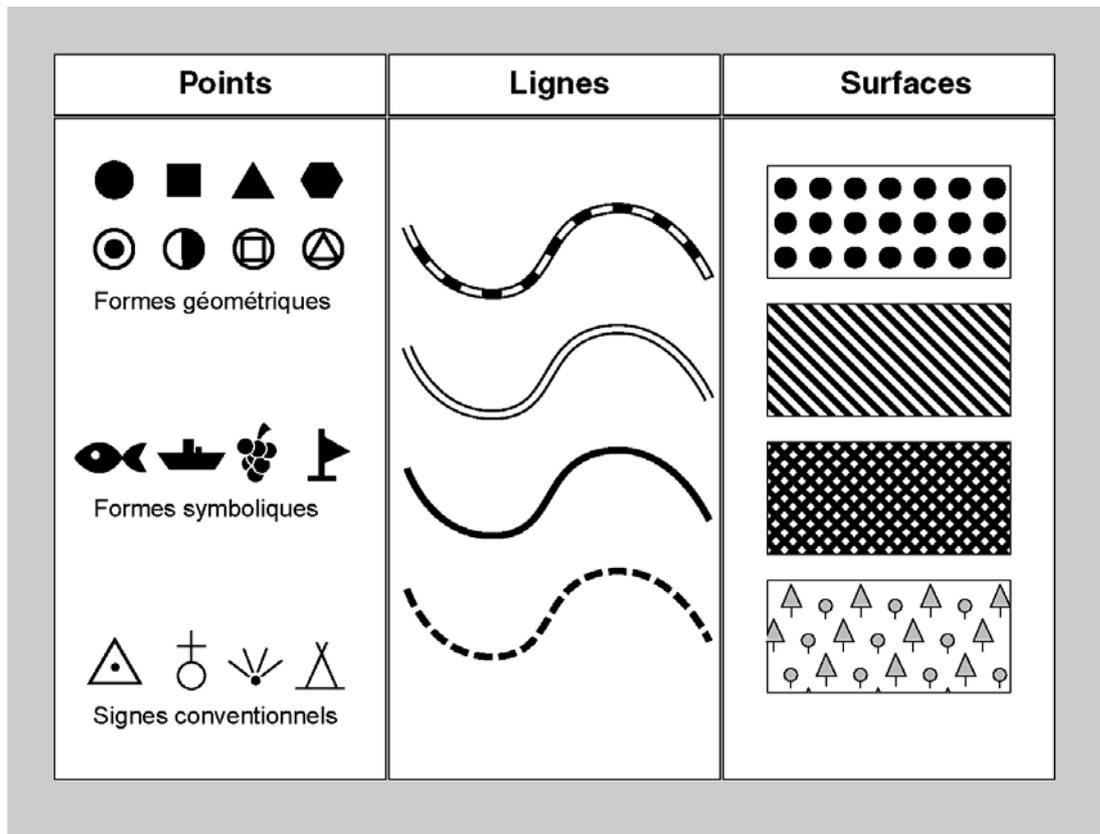
Les formes symboliques ont l'intérêt d'être évocatrices ; leur seul aspect suffit à évoquer le phénomène représenté, au détriment parfois de leur lisibilité.

Enfin, les formes conventionnelles sont des formes symboliques très simplifiées, qui allient en quelque sortes l'intérêt des deux types précédent. Par exemple l'église, représentée par un cercle surmonté d'une croix. Ces signes sont utilisés, de manière quasi universelle par les cartes topographiques.

L'amplitude de la variable est environ de 10 (en implantation ponctuelle). En effet, bien que les formes puissent varier à l'infini, une dizaine de signes différents est un maximum pour que le message reste efficace. En outre, il faut veiller à ce que les figurés utilisés offrent une forte capacité de séparation (pas de confusion possible).

On peut aussi utiliser la forme en implantation linéaire, sa longueur étant alors limitée à 4 ou 5. On joue alors sur les bordures et les pointillés.

Enfin, en implantation surfacique, la variation de forme se traduit par la variation de la forme de la trame utilisée. La longueur dans cette implantation étant encore réduite. Lorsqu'un élément symbolique est utilisé pour constituer une trame, on parle alors de pontif .



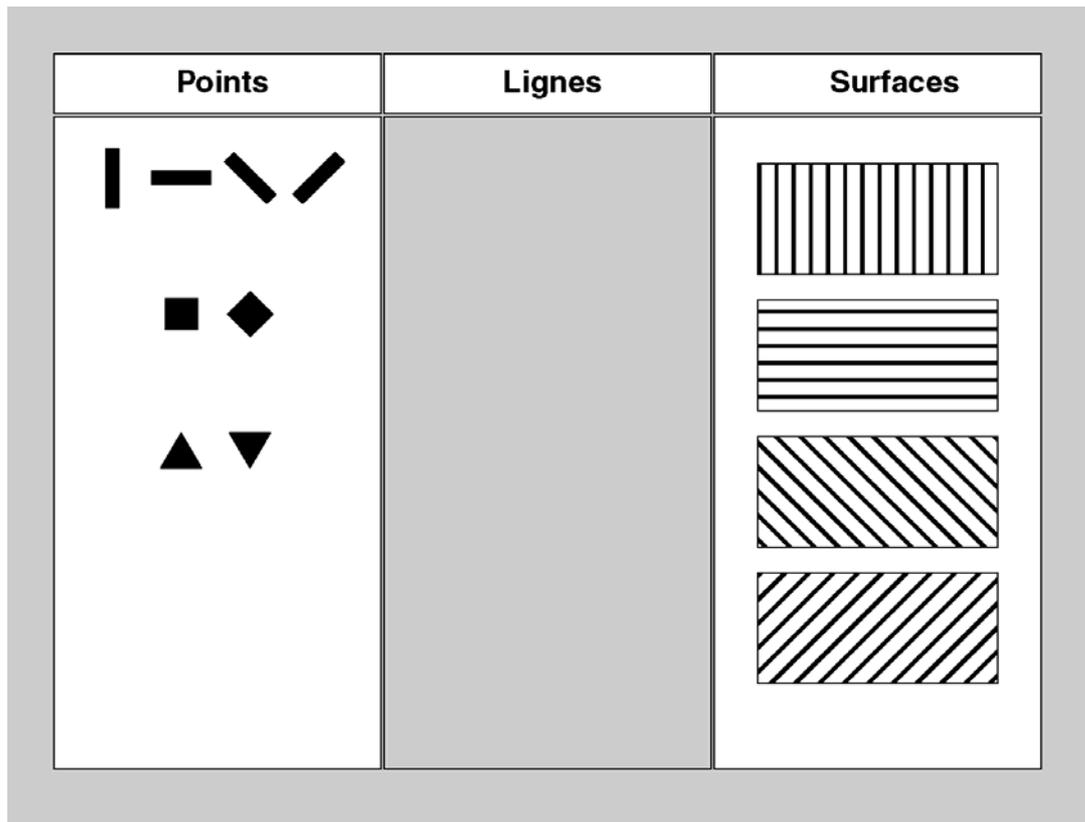
La forme est une variable uniquement différenciatrice. On ne peut pas utiliser la variation de forme pour traduire l'ordre ou la quantité, quelle que soit l'implantation.

L'orientation :

L'orientation est définie comme l'angle que forme un figuré linéaire avec la verticale.

Sa longueur est de 4 et ne peut être utilisée qu'en implantation ponctuelle et surfacique.

Cette variable, comme la précédente, est utilisée exclusivement pour traduire l'information différentielle. Elle est rarement utilisée seule, mais est très utile combinée à d'autres.



La couleur

La couleur a une définition physique : c'est l'ensemble des ondes dont la longueur est comprise entre 400 et 700 nanomètres. Il existe aussi plusieurs manière de la mesurer (ainsi des modèles RVB, CMJN ou HLS des logiciels de DAO).

Mais on ne sait pas mesurer la perception individuelle des couleurs ; c'est un effet physiologique que chacun perçoit de manière très personnelle, perception très liée à l'expérience individuelle (reconnaissance par observations répétées du vert des prairies, du rouge des cerises, du bleu du ciel, ...)

Utilisée sur les trois implantations, la longueur de la couleur est de 10 à 12, même si l'on est capable de produire et de différencier un bien plus grand nombre de couleurs. Cette variable est utilisée uniquement pour différencier. C'est du reste la variable visuelle la plus efficace pour traduire les différences. Son fort pouvoir différentiel et sa grande valeur esthétique en font une variable visuelle fort appréciée. Toutefois, elle reste chère à l'impression et la plupart des publications sont en N&B. Elle n'est jamais indispensable, ce qui signifie qu'il est toujours possible d'exprimer l'information avec d'autres variables visuelles.

Information différentielle :

Les trois variables visuelles forme / orientation / couleur sont donc utilisées pour traduire l'information différentielle. On peut les combiner, ce qui accroît le pouvoir de différenciation. Par exemple, on peut associer la couleur et la forme pour produire une variation à 4 termes : triangle rouge, triangle bleu, cercle rouge et cercle bleu. On doit toutefois veiller à ce que chaque figuré ait approximativement le même poids graphique (pouvoir visuel = approximativement la même taille et la même valeur)

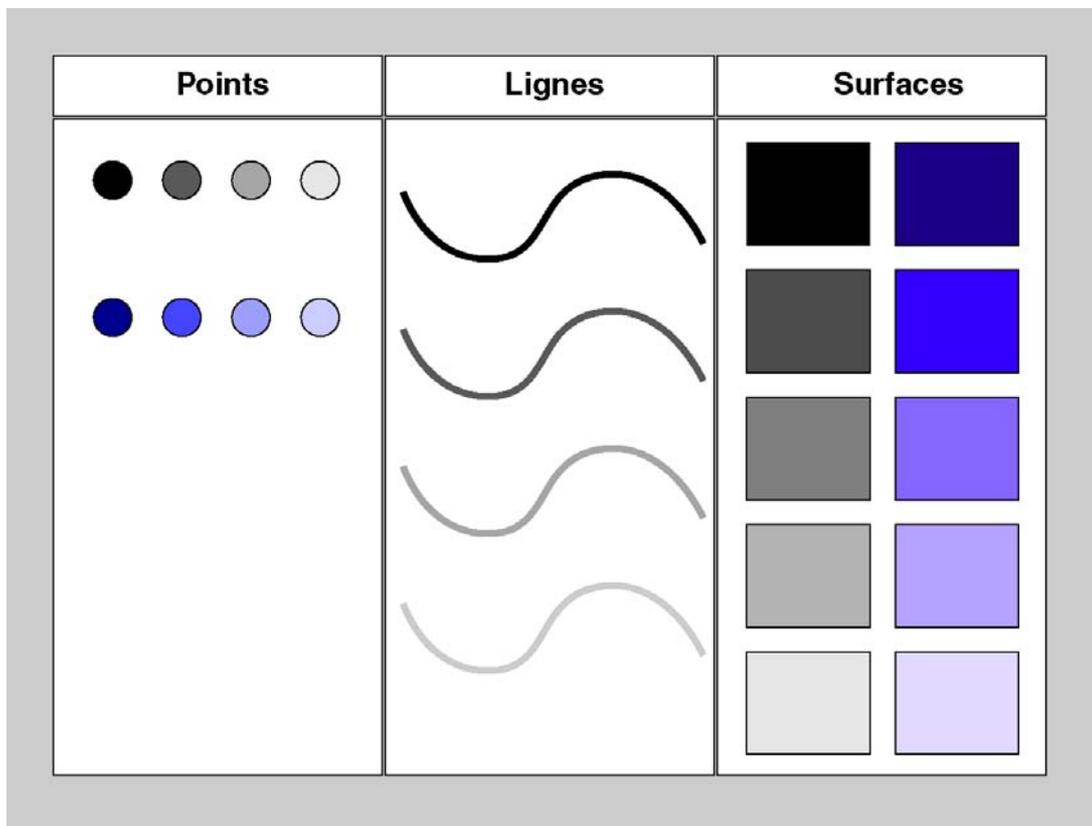
On peut également, au niveau de l'information, distinguer le niveau séparatif et le niveau associatif. Par exemple, si l'on avait à représenter des arbres on pourrait les trier à un premier niveau entre résineux et feuillus, puis à un second niveau entre les essences. On utilise alors une variable visuelle pour traduire le premier niveau (la couleur), et une autre variable pour traduire, au second niveau, les essences (la forme)

Le valeur

La valeur se définit par la quantité totale de blanc ou de noir perçues dans une surface. Elle est obtenue par des nuances successives de gris allant du noir au blanc. On peut définir la valeur de la même manière avec la couleur, en ajoutant à une couleur donnée du blanc ou du noir. On obtient un dégradé de couleur.

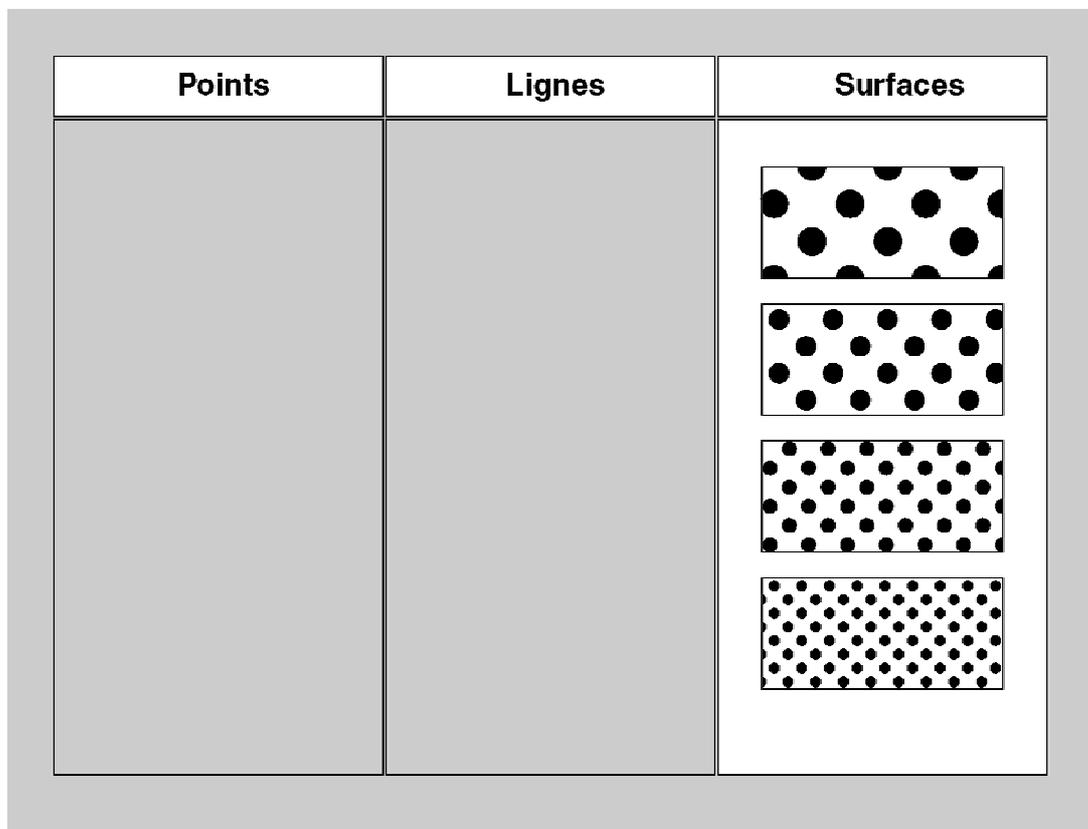
La longueur de la valeur est de 4 en implantation ponctuelle ou linéaire, de 5 à 7, (et jusqu'à 9 dans certaines conditions) en implantation surfacique.

La valeur est utilisée pour traduire l'information ordonnée, le principe étant d'associer les niveaux clairs aux valeurs faibles, les niveaux foncés aux valeurs fortes.



Le grain

Le grain se définit comme la taille des éléments constitutifs d'une trame, sans que les proportions de Noir et Blanc ne changent. Employée uniquement en implantation surfacique, sa longueur limitée (4) font qu'elle est très peu utilisée. Les variations de grain sont employées pour traduire l'ordre, les gros éléments étant associés à des valeurs fortes, les petits à des valeurs faibles.

*Information ordonnée :*

La valeur est donc la variable visuelle la plus employée pour traduire l'information ordonnée. Toutefois, on utilise aussi la taille pour traduire cette information en implantation ponctuelle et linéaire.

L'information ordonnée est constituée de l'information qualitative ordinale et de l'information quantitative d'intervalle. Dans le cas de l'information quantitative d'intervalle (par exemple, la densité de tessons), la variable présente une valeur numérique pour chaque unité géographique. Or, pour des raisons graphiques, seules 7 classes au maximum peuvent être distinguées (valeur en implantation surfacique). On est donc amené à « discrétiser » l'information (ranger les individus dans des classes).

La discrétisation ne sera pas abordée ici, bien que son choix puisse modifier grandement le résultat final. Notons toutefois qu'il s'agit d'une opération relativement complexe, qu'il en existe plusieurs types, et que le type de discrétisation choisi dépend de la forme statistique de la variable. Cette opération n'est donc pas menée au hasard.

Ensuite, revenons sur la manière de construire une progression de valeur. Elles peuvent être :

- un dégradé de gris allant de blanc au noir, par pas réguliers.
- une progression par trame, la concentration en noir augmentant par diminution des espacements, et/ou par augmentation de la graisse.

Dans ces deux derniers cas, on peut considérer que 5 à 6 niveaux constituent un maximum.

-un dégradé monochrome (exemple, rouge, du blanc à la couleur saturée ou du blanc au noir en passant par la couleur saturée) Dans ce dernier cas, on peut obtenir 7 niveaux.

-une progression de valeur qui, tout en respectant le principe fondamental de la progression clair/foncé, mélange les couleurs. Il est ainsi possible d'aller du jaune clair vers le vert sombre. Mais attention, toutes les progressions ne sont pas possibles. En effet, la gamme des couleurs est orientée, ce qui signifie qu'à saturation égale, certaines couleurs paraissent plus claires que d'autres. Ainsi, la gamme est orientée du jaune vers le rouge, et du jaune vers le vert, puis le bleu et le violet. Dans ces derniers cas, on peut, de manière extrême, compter 9 niveaux.

Dans le cas d'information continue dans l'espace discrétisée par paliers (altitude, pluviométrie), on peut augmenter le nombre de valeurs dans la mesure où chaque niveau sera situé sur la carte au dessus du niveau immédiatement inférieur, et au dessous du niveau immédiatement supérieur.

Enfin, dans le cas d'une information continue (par pixel, comme cela est maintenant possible dans les SIG), on pourra utiliser une gradation continue, mais il est impossible d'attribuer visuellement une valeur dans la carte.

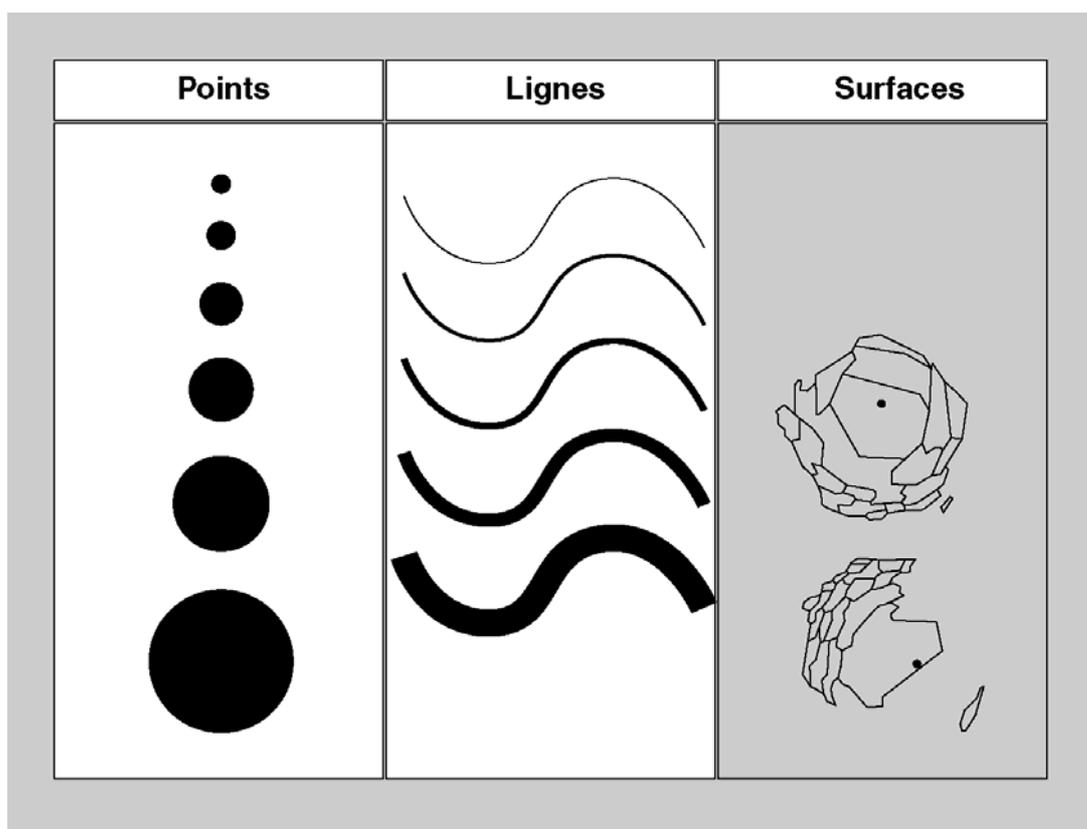
La taille

La taille peut être définie comme la longueur, la hauteur ou la surface d'un figuré.

Les variations de taille sont très bien perçues par l'œil, et immédiatement associées à des variations de quantité. La taille est une variable visuelle très importante. C'est la seule qui permet de traduire les quantités.

Sa longueur est infinie, même si ce principe se confronte à certaines contraintes (figuré minimum de 0,2 mm, problèmes des proximités : on fait toujours passer les figurés petits sur les gros).

Le principe de la représentation des quantités est le suivant : on fait varier le figuré proportionnellement à la quantité à représenter. On a donc autant de taille différentes que d'unités géographiques. Ce principe s'applique en implantation ponctuelle et en implantation linéaire (traitement des flux). En implantation surfacique, la représentation pose un problème : On ne peut faire varier la taille des polygones proportionnellement à la quantité à représenter sans modifier la forme du territoire. Cette méthode (hautement suggestive dans certains cas) peut être utilisée, mais on préfère le plus souvent appliquer les valeurs de taille à des points que l'on place au centre des polygones concernés. Il s'agit d'un transfert de la représentation graphique d'une implantation vers une autre. On peut aussi faire varier la hauteur des polygones, mais ceci implique de prendre un point de vue oblique (donc non cartographique) et ainsi d'avoir certaines parties du territoires masquées par les élévations.



Information quantitative :

La taille est la seule variable visuelle permettant de traiter l'information quantitative. Les figurés doivent varier proportionnellement aux valeurs. Ainsi, un figuré linéaire verra sa longueur ou sa hauteur varier proportionnellement aux valeurs, mais pour un figuré surfacique (carré, cercle), c'est la surface de celui-ci qui doit varier proportionnellement aux quantités, et non le diamètre ou le côté. Il en résulte que pour construire un cercle (carré) proportionnel, on doit calculer un diamètre (côté) proportionnel à la racine carrée de la valeur à représenter (sinon, les surfaces varient au carré des valeurs et ceci produit des représentations graphiques erronées).

On peut dresser un tableau de correspondance implantations/types d'information/variables visuelles qui permet de résumer les règles du langage cartographique.

	Point	Ligne	Surface
Différentielle	Forme Couleur Orientation	Forme Couleur	Forme Couleur Orientation
Ordonnée	Valeur Taille	Taille Valeur	Valeur Grain
Quantitative	Taille	Taille	(Taille)

3 Le langage cartographique et l'informatique :

Si l'informatique apporte de multiples outils pour le traitement de l'information géographique, on doit constater que ces derniers sont peu convaincants sur le plan de la représentation. En effet, aucun logiciel n'intègre valablement les règles de la sémiologie graphique. On pourrait en effet imaginer une interface qui soit un réel atelier de représentation cartographique :

- avec des organigrammes qui proposent des palettes d'outils graphiques (variables visuelles) associées aux outils de traitement de l'information (discrétisation par exemple) correspondant à l'information à représenter,
- avec le rappel des limites de chaque variable visuelle (longueur),
- avec un avertissement lorsque les règles de la graphique ne sont pas respectées...

Au lieu de cela, on doit observer une grande prudence vis à vis des modes de représentation proposés par les logiciels, les options proposées par défaut s'avérant le plus souvent inadaptées, dans certains cas totalement erronées. A titre d'exemple, on peut analyser les solutions graphiques que propose le logiciel MapInfo.

Information différentielle :

En implantation ponctuelle, le logiciel propose par défaut une variation de couleur ou une variation de forme, avec la possibilité de changer les figurés et de réaliser des combinaisons de variables visuelles. On peut utiliser des formes symboliques stockées dans des bibliothèques. Toutefois, il aurait été souhaitable de pouvoir agir sur la couleur du fond et la couleur du contour, afin de mieux gérer le poids visuel de chaque symbole. Actuellement, pour équilibrer les poids visuels (surtout si l'on utilise les symboles), on est amené à jouer sur la taille, ce qui n'est pas satisfaisant du point de vue conceptuel.

Les possibilités graphiques sont correctes en implantation linéaire : On peut utiliser une variation de couleur à laquelle on peut ajouter une variation de forme. Toutefois, les formes de lignes vraiment utilisables (pouvoir séparatif efficace) sont peu nombreuses.

En implantation surfacique, on peut réaliser les combinaisons des trois variables différentielles et obtenir un résultat satisfaisant, à condition de ne pas utiliser les modèles proposés par défaut. En effet, la variation dite « N&B » propose une variation de trame de densité croissante, donc une variation de valeur ! Par ailleurs, on peut regretter qu'un choix de trames vraiment différenciées ne soit pas proposé.

Quelle que soit l'implantation, l'orientation n'est pas intégrée en tant que variable. Enfin, on pourrait aussi rêver d'un système (fenêtres de visualisation des figurés) pour évaluer le poids visuel de chaque figuré.

Information ordonnée

Du point de vue graphique, les solutions proposées pour les implantations ponctuelles et linéaires sont correctes (variations de taille et de valeur), même si on doit modifier certains paramètres pour parfaire le rendu (couleur claire des valeurs, nombre de classes). En implantation surfacique, il n'en va pas de même. Bien sûr, on peut manuellement confectionner des variations de valeur correctes, mais celles proposées par défaut sont souvent peu efficaces et même totalement erronées. Sur la quinzaine de possibilités proposées, la moitié est constituée de dégradés qui ne sont pas des variations de valeur !

Par ailleurs, quelle que soit l'implantation, même si l'on dispose de plusieurs possibilités de discrétisation automatique, les outils (graphiques et chiffrés) de description statistique de la variable à représenter font défaut.

Enfin, le traitement de l'information qualitative ordinale ne peut s'envisager qu'avec les outils destinés à l'information qualitative nominale ! En conséquences, on ne dispose des variables adéquates qu'en recréant manuellement des variations de valeur ou de taille.

Information quantitative :

Seule la variation de symboles proportionnels est disponible. Il est donc impossible de traiter les variables quantitatives sur les surfaces autrement que par une représentation ponctuelle (pas d'anamorphoses). Plus grave, aucune possibilité de variation proportionnelle de l'épaisseur des lignes n'est possible, ce qui interdit toute représentation des flux.

Seule la représentation des points proportionnels est réalisée correctement (la surface des cercles est réellement proportionnelle aux quantités). Il existe une limite toutefois ; lorsqu'une valeur est très supérieure à toutes les autres (par exemple une grande ville parmi les villages voisins), la taille maximale affectée à la plus grosse valeur ne permet plus d'apprécier les autres valeurs. Si l'on modifie la parité, les autres valeurs sont traduites, mais la valeur la plus forte reste « bloquée » et la représentation est donc faussée.

Enfin, quel que soit le type de représentation, la taille des figurés (symboles, épaisseur des lignes, espacement et graisse des trames) varie en fonction de l'échelle à laquelle on affiche les données. Ce système peut être pratique dans certains cas, mais se révèle très handicapant lorsque l'on cherche à éditer une carte à imprimer. On doit alors procéder par tâtonnements afin de régler correctement la taille respective des figurés.

MapInfo propose donc des solutions graphiques très éloignées d'un système optimal. Certaines solutions sont impossibles, d'autres difficiles à mettre en œuvre : beaucoup d'erreurs sont possibles. Ces constatations pourraient être formulées d'une manière générale pour l'ensemble des logiciels de SIG, ces derniers ayant été conçus par des informaticiens sans formation aux principes de la sémiologie graphique.

Conclusion :

La réflexion sur la recherche basée sur la cartographie a été engagée depuis longtemps. Bien avant les ordinateurs, la recherche en ce domaine s'était orientée vers les problèmes de représentation, partant du constat qu'aucune analyse valable n'était possible sans une représentation efficace de l'information géographique. Replacé dans le contexte des années 50 et 60, la recherche a porté sur la perception graphique des signes et la mise en place d'une grammaire cartographique. Ce fût un apport très important, qui reste incontesté aujourd'hui.

La décennie suivante fût l'époque (sur le plan méthodologique) de l'adoption des méthodes quantitatives (analyses factorielles, hiérarchiques et autres) jugées plus « scientifiques », moins subjectives. Sur le plan opératoire, l'arrivée de l'ordinateur a bouleversé les pratiques. En 10 ans (1985, 1995), la production cartographique est passée du dessin à la main à l'adoption de l'ordinateur. Les cartographes ont dû s'adapter ou être mis à la retraite anticipée. En fait, les outils de DAO sont investis, et la carte est traitée comme un dessin. L'ordinateur apporte une souplesse incontestable et permet au plus grand nombre de réaliser des cartes ; d'où la prolifération de cartes inexactes, produites par des personnes maîtrisant la technique, non les concepts graphiques. Les cartographes ont pu dire que l'on n'avait jamais vu autant de mauvaises cartes que depuis l'arrivée de l'ordinateur.

Dans le monde de la recherche, « la facilité d'utilisation des outils informatiques l'emporte sur la capacité de réflexion des chercheurs : c'est un arrêt brutal du développement de la graphique, un retour en arrière. » (S. BONIN, 1998).

Parallèlement, les outils dédiés spécifiquement à la cartographie n'ont pas intégré, nous l'avons vu, les principes de la sémiologie graphique. Des fonctions de plus en plus puissantes et de plus en plus aisées à mettre en œuvre permettent de manipuler l'information géographique, mais aucun logiciel n'a de module permettant de traiter valablement (c'est à dire avec tous les outils graphiques disponibles) la carte en tant

qu'image, en tant que message visuel. C'est pourtant par ce biais là qu'avait été initiée la recherche en analyse spatiale.

Tout se passe donc comme s'il existait deux domaines indépendants : le domaine de la géomatique, moderne et basé sur des outils performants, quelque peu enfermé dans son approche technique, et le domaine de la cartographie « traditionnelle » qui n'a pas encore su tirer parti des nouveaux outils, mais dont les apports sont importants. Cette dichotomie s'explique aussi par le fait que la recherche théorique en cartographie est très faible en France ; il n'existe pas, par exemple, de DEA de cartographie théorique. Des voix s'élèvent donc pour une meilleure intégration des différents courants, et pour proposer des « démarches scientifiques », des cadres conceptuels nouveaux capables d'intégrer les deux approches.

Enfin, il semble que la diversité des cartes produites en archéologie soit très faible. Malgré une collecte d'informations spatiales importante (l'organisation de cette école pour la gérer en est la preuve), les représentations produites sont peu variées. On peut donc faire l'hypothèse que des développements importants restent à réaliser pour une cartographie archéologique.

Deux références bibliographiques didactiques :

BEGUIN Michèle et PUMAIN Denise, *La représentation des données géographiques*, A. Colin, 1994.

BLIN Eric et BORD J.Paul, *Initiation géo-graphique*, Sedes, 1993.

Pour donner des idées aux archéologues :

BRUNET Roger, *La carte mode d'emploi*, Fayard/Reclus, Montpellier, 1987.

Sur les débats actuels en cartographie :

BULLETIN DU COMITE FRANÇAIS DE CARTOGRAPHIE n°156, « Actes du colloque « 30 ans de sémiologie graphique », Comite Français de Cartographie, Paris, 1998.