

## **L'apport cognitif des graphiques**

Nous commencerons par montrer que le graphique peut être considéré comme un langage ayant des propriétés distinctes de celles du langage verbal. Ceci nous amènera à légitimer l'utilisation des graphiques d'un point de vue cognitif. Ce raisonnement sera développé en mettant l'accent sur le rôle des graphiques tout au long du processus de traitement de l'information.

Un grand nombre de qualités est reconnu aux graphiques, notamment par Latour (1985), qui considère que ceux-ci possèdent les propriétés d'être « mobiles, immuables, présentables, lisibles et combinables » (Latour, 1985, p. 11). Cette analyse repose sur des recherches historiques, sémiologiques et anthropologiques (Ferguson, 1985 ; Ivins, 1985 [1938] ; Latour, 1985 ; Lynch, 1985). Goody (1977 ; 1994 [1993]) montre pour sa part les effets cognitifs produits par la disposition de mots sur un papier. Un agencement de

symboles sous forme de listes, de tableaux ou de formules – mathématiques, logiques, etc. – permet de nouveaux types de raisonnements par rapport à une situation impliquant uniquement un discours oral.

## **A. Langage graphique et langage verbal**

*« Au XVIIème siècle parut l'expression graphique des idées créée par le génie de Descartes. Bientôt, cette méthode servit à représenter des variations diverses, à faciliter la comparaison de certains phénomènes d'économie politique et sociale (...) la physique et la chimie recoururent à ce mode de représentation. Depuis lors, la méthode graphique est définitivement formée. Aujourd'hui, elle tend à élargir son domaine et à s'appliquer à toutes sortes d'objets, portant partout avec elle l'exactitude, la concision et la clarté » (Marey, 1885, p. iv).*

La représentation graphique peut être entendue comme une représentation de concepts et de liens entre ces concepts dans un espace plan, sans contrainte littéraire entre ceux-ci, telle qu'une disposition sous forme de phrases et donc un respect de règles de syntaxe. En adoptant cette conception, nous nous affranchissons des règles séquentielles de la langue et nous faisons ainsi cohabiter des éléments aux significations différentes.

La représentation graphique permet de se libérer des règles du discours. Goody (1977 ; 1994 [1993]) a analysé plusieurs formes de représentations – listes, tableaux et formules – pour présenter les possibilités d'un langage écrit même rudimentaire – c'est-à-dire non organisé selon des règles de syntaxe – par rapport au discours oral. Il prend l'exemple des premières formes d'écriture qui se présentent essentiellement sous forme de listes, ainsi que celui des tableaux représentant des résultats d'anthropologues. En inscrivant des termes dans une liste ou un tableau, nous établissons de nouvelles relations entre les termes. En prenant l'exemple du tableau établi par Durkheim à propos de la symbolique sous-jacente au système culturel de la société Zuni, Goody (1977) met en évidence le niveau d'abstraction nouveau qui est établi, d'une part en inscrivant des éléments dans une même colonne et en les concevant comme similaires et d'autre part en

en consignant d'autres dans une autre colonne et en les considérant comme opposés aux précédents. Goody (1977) montre que la relation entre ces termes est différente de celle établie au sein d'une phrase, à savoir que les concepts sont décontextualisés et se trouvent dans une relation moins précise. En effet, toutes les relations au sein d'une colonne sont censées être de même nature, alors que l'utilisation d'un terme pour définir la relation entre deux concepts aurait pu permettre de spécifier que tous les éléments d'une même colonne ne sont pas dans une même relation de « similarité ».

Il est possible de supprimer les contraintes séquentielles qui sont liées à la linéarité de la forme verbale. En effet, une expérimentation de Cohen (1973) a montré qu'il était possible d'analyser d'une à trois ou quatre composante(s) d'une image sans que cela ne fasse varier la durée de traitement de l'information. Dans le cas où les mêmes informations se présentent sous forme verbale, la durée de traitement de l'information est une fonction linéaire positive par rapport au montant d'information. Ceci suggère que les représentations verbales suggèrent un traitement séquentiel de l'information, tandis que des représentations graphiques permettent un traitement parallèle de cette dernière. Les mêmes conclusions sont émises par Sadoski, Paivio et Goetz (1991). Ceci les amène par ailleurs à considérer la complémentarité entre ces deux formes d'information :

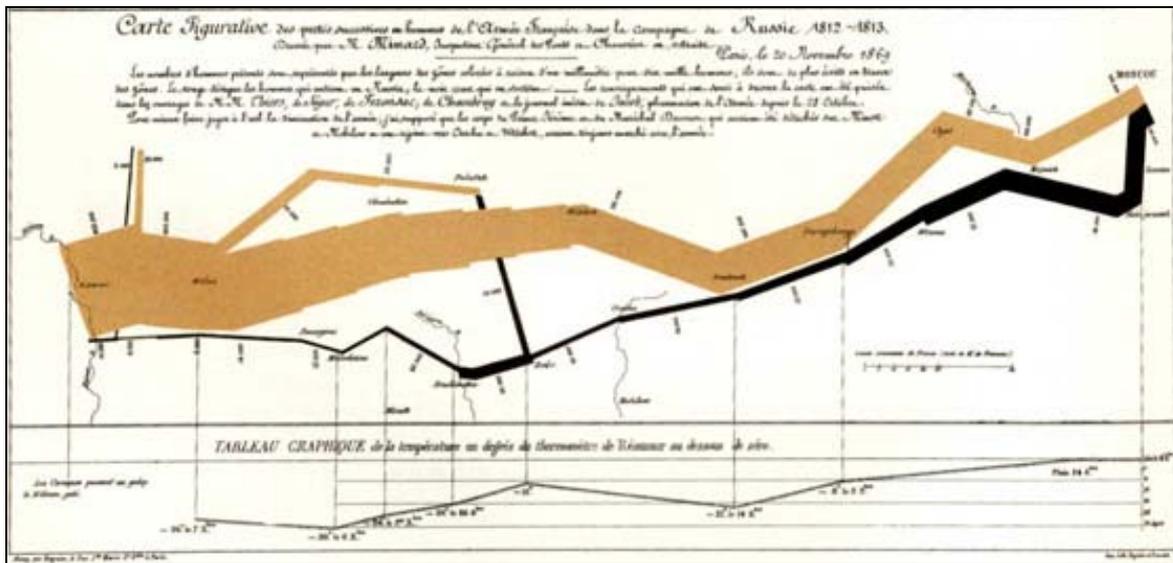
*« Information in the verbal system is organized in a way that favors sequential, syntactic processing, whereas nonverbal information (especially in the visual modality) is organized more in the form of holistic nested sets with information available for processing in a synchronous or parallel manner. Interconnections between the systems allow for great variety in cognitive activity »* (Sadoski et al., 1991, p. 473).

Ce traitement distinct de l'information provient d'une utilisation différente de l'espace. Le graphique permet en effet un traitement différent de l'espace et du temps par rapport au langage verbal. Un cas extrême concerne le traitement simultané des différentes dimensions liées au temps et à l'espace. Ainsi, ce dessin de Minard (voir carte n° 1) illustre le chemin parcouru par les troupes françaises depuis le fleuve Niémen en Biélorussie jusqu'à Moscou, ainsi que le chemin retour. On y voit également les quantités d'hommes en vie ainsi que la température et la chronologie du trajet retour. En outre, chaque donnée du plan est multidimensionnelle. Lui sont affectés la taille de l'armée, une localisation

géographique selon les deux dimensions, la direction de l'armée et enfin la température à différentes dates, reportée dans une troisième courbe. Tufte (1983) parle à propos de ce type de représentation de graphique narratif. On y retrouve « *une riche, cohérente histoire avec (la) donnée multivariée, beaucoup plus éclairante que juste un simple chiffre sur une échelle temporelle* » (Tufte, 1983, p. 40). Tufte considère d'ailleurs que ce graphique « *est peut-être le meilleur graphique statistique jamais dessiné* » (Tufte, 1983, p. 40). L'explication d'un tel engouement provient d'une conception de l'« excellence graphique », comme la capacité à « *donner à l'observateur le plus grand nombre d'idées dans un temps le plus réduit possible avec la plus faible quantité d'encre dans l'espace le plus petit* » (Tufte, 1983, p. 51). Autrement dit, « *l'excellence graphique consiste à exprimer des idées complexes avec clarté, précision et efficacité* » (Tufte, 1983, p. 51). Nous constatons ainsi que le langage graphique a d'autres contraintes que celles imposées par le langage verbal et qu'il s'avère être une ressource soit substituable soit complémentaire par rapport à ce dernier.

Un autre graphique présent dans l'ouvrage de Tufte, *The visual display of quantitative information* (1983) et montrant le cycle de vie du scarabée japonais utilise les deux axes pour montrer des données spatiales, l'emplacement du scarabée par rapport au niveau du sol ainsi que des données temporelles - à savoir les mois de l'année. Ainsi, ces deux dimensions peuvent être prises en compte de manière simultanée, ce qui n'aurait pas été possible avec le langage écrit.

## Carte n° 1 : « Carte figurative des pertes successives en hommes de l'armée française dans la campagne de Russie 1812-1813 »



Source : Tufte (1983) reprenant un dessin de Minard, datant de 1869, et reproduit dans l'ouvrage de E.J. Marey, *La méthode graphique* (Paris, 1885)

Le graphique permet d'exprimer des idées qui sont difficiles à expliciter verbalement. Il en est ainsi des connaissances mécaniques qui ont été transmises à travers le temps et les frontières nationales, à l'aide de carnets d'ingénieurs puis, à partir de la Renaissance, d'ouvrages généraux représentant des configurations d'assemblages de pièces. Cette évolution est due aux avantages que présentent les dessins : d'une part celui-ci donne une meilleure idée des contours et des configurations qu'une description verbale et d'autre part il nécessite *a priori* peu de connaissances pour être compris (Ferguson, 1985).

De manière générale, les graphiques peuvent permettre d'exprimer des émotions, des sentiments. Ils « fonctionnent comme des catalyseurs, aidant (les individus) à articuler les sensations qui ont été implicites et qui ont été difficiles à définir » (Zuboff, 1988: 141, cité par Meyer, 1991). Meyer (1991) reprend ainsi un exemple paru dans le *Wall Street Journal*, dans lequel il était demandé à un cadre supérieur de représenter l'entreprise au sein de laquelle il travaillait sous forme de voiture de course. L'expression des sensations était d'autant plus facilitée que cette représentation permettait de créer un nouveau contexte dans lequel les émotions étaient facilement exprimées, à savoir la course automobile.

Enfin, la représentation graphique peut suggérer plus que ce qu'elle ne montre : ce qui est absent du graphique peut parfois être mentalement retrouvé, comme l'explique l'architecte Tabouret qui préfère l'usage du graphique à la symbolique mathématique :

*« Plutôt qu'une description mathématique complexe de l'objet dans ses différentes parties et cas de charge, nous avons matérialisé un ensemble où il est possible de « dominer » simultanément la finalité du système, son montage et les critères d'évaluation en service. Il y a eu, du fait même de la figuration modélisante, un choix entre ce qui était principal et ce qui est secondaire : il y a structuration d'un certain point de vue (lié à la finalité retenue). Mais cette structuration est apparente, affichée par la figuration elle-même ; cette situation paraît moins dangereuse que le traitement formalisé, même s'il se veut peu réducteur et se trouve du coup très complexe. Dans la figure, tout ce qui n'a pas été retenu (simplification des assemblages par exemple, situation dans les angles des ouvertures, etc.) est apparent : c'est ce qui n'est pas dessiné. Rien n'est perdu, noyé ; à tout instant, l'examen critique de la figure permet de reprendre tel ou tel facteur initialement retenu comme secondaire. C'est dans ce paradoxe de la présence du non-figuré que réside, en fait, la grande sécurité du travail en représentation graphique quand il est fruit d'une pratique personnelle confirmée » (Tabouret, 1975, p. 12).*

## **B. Les multiples fonctions du graphique**

Les graphiques peuvent avoir des fonctions multiples. En architecture, le graphique joue un rôle crucial (Boudon, 1974 ; Tabouret, 1975) à savoir un rôle d'heuristique, en considérant les deux sens que lui donne Tabouret (1975), à savoir :

- « - l'heuristique au sens strict de « procédure de sélection conduisant à la découverte de faits »,*
- l'heuristique au sens large de « conditions de travail qui favorisent l'émergence d'un produit » » (Tabouret, 1975, p. 29) .*

Tabouret (1975) affirme ainsi que le graphique peut servir d'heuristique de douze manières différentes.

**Liste n° 2 : les douze fonctions heuristiques pour les graphiques en architecture  
(Tabouret, 1975)**

H1	comparer des objets différents avec un point de vue commun ;
H2	décrire des phénomènes dont des modèles externes (a priori) proposent le modèle de réduction ;
H3	effectuer des montages avec des objets-figurés qui renvoient à leur structure d'origine ;
H4	intégrer des travaux divers en une pratique unique ;
H5	permettre de saisir un ensemble de valeurs dans leurs interactions spatiales ou temporelles, dans cet ensemble, repérer les facteurs, les points, les moments qui « font la décision », donc permettre de localiser la réflexion et constituer des moments au sein d'un processus continu de conception : proposition – évaluation – transformation, choisir des points de vue et des critères de décision différents suivant les parties d'ouvrage ;
H6	passer d'une saisie synchronique à une imagination diachronique ;
H7	constituer un modèle réduit, rendant la vision globale plus libre dans la mesure où la réduction est affichée ;
H8	faire apparaître des hypothèses réductrices et des hypothèses structurantes, permettre la remise en question, à tout moment du processus ;
H9	permettre de dégager des facteurs de généralisation ;
H10	avoir, d'une forme établie pour transcrire un des aspects d'une situation, une autre lecture renvoyant à un autre modèle ;
H11	constituer des cartes d'informations qui visualisent leurs variations, variations spatiales dans une synchronie ou temporelles sur un groupe de points, opérer des produits de variations temporelles et de variations spatiales faisant fonction de modèle analogique ;
H12	être le lieu de la première proposition.

Dans le cadre de notre analyse des graphiques, nous retiendrons un nombre plus restreint de fonctions qui seront liées à la présence d'un graphique dans un article publié et non à sa présence au sein d'une activité en train de se dérouler. Dès lors, il est impossible de déterminer certains rôles qu'aurait pu jouer le graphique dans la création d'une théorie élaborée par l'auteur dudit article.

En partant du processus de traitement de l'information, nous pouvons considérer que le graphique sert de moyen de mémorisation, de compréhension et de communication (Bertin, 1973 [1967]). Ces différents rôles ne sont généralement pas compatibles au sein d'un même graphique (Bertin, 1973 [1967]). En effet, si celui-ci sert à stocker des informations générales pour combler les lacunes de la mémoire individuelle, comme un plan de métro selon Bertin, il ne constitue pas le mode le plus commode pour décider en fonction d'une tâche particulière, comme un trajet spécifique. La complétude de notre carte de métro devient un facteur limitant dans le rôle de facilitation de la prise de décision. Il aurait été souhaitable de n'avoir que les lignes les plus directes entre les deux points définissant le départ et l'arrivée. Pour calculer le temps mis, de la même manière, il ne faudrait indiquer que les stations par lesquelles nous passons afin de pouvoir plus aisément se faire une idée du temps que nous allons mettre. De manière générale, un graphique ne peut pas être dédié à plusieurs tâches différentes. Il existera toujours un graphique plus adapté si le graphique a été conçu pour une autre tâche que celle effective. Cette idée est notamment défendue par Kosslyn :

*« It is common to see display types divided into two general classes, those used for communication and those used for analysis; either type of display can also be used to store information. Depending on the intended use of the display, one would take care to make a pretty display or a crude one, would place a premium on ease of immediate comprehension or on completeness, and so on » (Kosslyn, 1985, p. 509).*

Les fonctions qui seront retenues dans le cadre de notre analyse sont celles relatives à la présence d'un graphique se trouvant à côté d'un texte. En effet, nous excluons par exemple une fonction de signalisation du graphique, comme cela a été mis en évidence par Denis (1989) et qui vise à une action à court terme sur la base d'informations ponctuelles. Dans le cadre de cette fonction, nous pouvons inscrire les représentations de la signalisation routière ou encore les pictogrammes présents dans un aéroport.

Nous retiendrons cinq fonctions en faisant référence d'une part aux quatre fonctions de Macdonald-Ross (1977) relatives aux graphiques scientifiques ou techniques présents sur un support physique avec du texte et d'autre part aux sept fonctions de Denis (1989) concernant une utilisation des graphiques suivant une problématique liée au temps. Les objectifs des graphiques scientifiques et techniques sont au nombre de quatre, qui ne sont pas exclusifs les uns par rapport aux autres, selon Macdonald-Ross (1977, p. 70) :

« *Iconic purpose*. Here the purpose is to show what an object looks like, and to identify and label key parts.

*Data display purpose*. Here the purpose is to display the results of empirical observations.

*Explanatory purpose*. Here the purpose is to show the logical relationships between key ideas.

*Operational purpose*. Here the purpose is to help the reader to perform some well-specified task. »

Denis (1989) attribue sept fonctions au graphique selon la relation au temps qui est montrée. Il existe deux fonctions relatives au passé : celle de conservation d'une information appelée à se dégrader et celle liée à l'évocation d'une représentation emblématique ou métaphorique. Relativement au présent, l'auteur distingue quatre fonctions : deux fonctions de clarification – explicitation d'informations concrètes mais non directement accessibles et explicitation d'informations abstraites ou fonction heuristique du graphique –, une fonction de classement – représentation visuelle d'un corpus – et enfin une fonction de guidage – signalisation, associée à la communication d'une information ponctuelle à but directement utilitaire. Il existe une relation associée au long terme, à savoir le guidage à long terme, l'orientation, le pilotage, la planification d'un ensemble d'actions.

Bertin (1973 [1967]) propose trois catégories de graphiques selon la fonction concernée : les dessins d'inventaire, les dessins simplifiés – ou « messages » – et les dessins de traitement. Les dessins d'inventaire, comme leur nom l'indique, servent à enregistrer l'information. Ils poursuivent alors un objectif d'exhaustivité. Les dessins simplifiés ont quant à eux une fonction de communication. Les données contenues sont

agencées de manière à rendre visible l'information qui doit être retenue. Ce type de graphique ne met pas sur le même plan toutes les données : certaines sont plus visibles du fait d'un tracé plus épais ou d'autres méthodes visuelles. Les dessins de traitement, enfin, conservent pour leur part une objectivité par rapport aux données présentées. Ils doivent servir à traiter l'information et il n'existe donc pas de solution déjà trouvée comme c'est le cas du dessin simplifié, qui communique la solution.

Nous nous intéressons aux graphiques présents dans une revue de gestion, laquelle vise en partie un public de praticiens et donc s'inscrit dans un objectif d'action. Nous retiendrons donc dans ce cadre les cinq fonctions suivantes :

- **une fonction d'explication spécifique ou générale.** Le graphique sert d'explication spécifique lorsqu'il fait référence à la représentation d'un problème ou d'une solution dans un contexte particulier. Dans le cadre de notre étude, il s'agira de la référence à une entreprise particulière. Le graphique aura une fonction d'explication générale quand il montrera des liens logiques en adoptant une certaine abstraction par rapport au contexte. Dans notre cas seront exclues les références à une entreprise particulière par le biais de noms propres.

- **une fonction d'inventaire,** qui consiste à cartographier un domaine de connaissance ou à montrer des alternatives. Le graphique généralement associé à ce type de fonction est l'arborescence. Nous pouvons par exemple citer le cas d'un graphique montrant toutes les variables qui ont une influence sur la fixation d'un prix. Celui-ci n'est pas lié à un contexte ; il sert à recenser toutes les variables, a un rôle de liste et vise l'exhaustivité.

- **une fonction opérationnelle ou de guidage,** qui vise à donner un outil guidant l'action dans le temps. Cette fonction est directement liée au processus de décision, et montre l'utilisation du graphique comme aide concrète à un séquençage du processus de décision. Elle peut être plus ou moins importante selon que les phases sont définies ou selon qu'elles sont caractérisées par des questionnements ou des variables à prendre en compte.

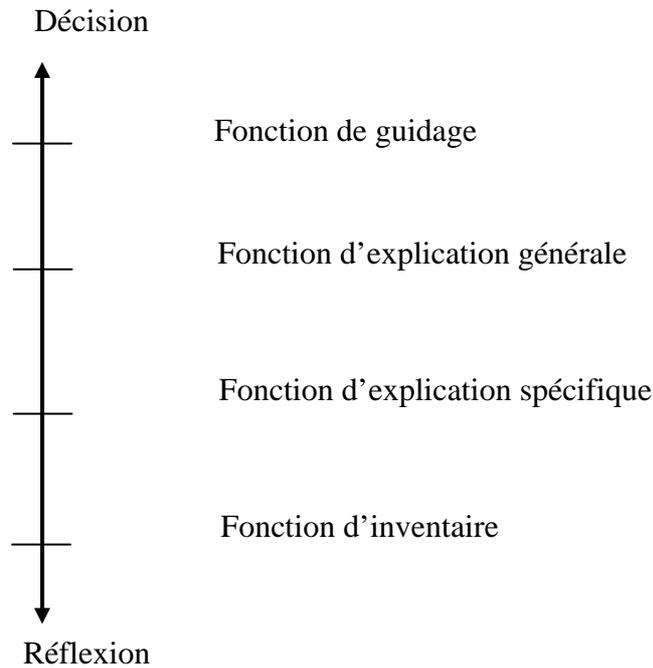
- **une fonction de représentation des données quantitatives**, qui fait référence aux diagrammes.

- **une fonction iconographique**, qui consiste à représenter un objet avec une certaine échelle.

Seules les trois premières fonctions s'appliquent aux schémas. La quatrième concerne exclusivement les diagrammes. En effet, si les schémas peuvent contenir des chiffres, ils servent l'explication mais ne constituent pas en soi l'ensemble de l'argumentation. La cinquième et dernière fonction concerne des représentations fidèles à la réalité ; ce qui n'est pas l'objectif d'un schéma, lequel constitue par définition une simplification de la réalité. Nous nous situons alors dans ce cas dans le domaine de la carte ou d'un dessin qui consiste en une coupe de l'objet représenté (voir classe 7 dans l'échelle de Moles).

Les trois premières fonctions permettent de délimiter le rôle du schéma par rapport à la décision. Elles recourent les trois catégories de Bertin. Les fonctions d'explication spécifique et générale sont relatives aux dessins de traitement. Elles ne cherchent pas à être exhaustives, mais à proposer une solution possible ou à exposer une présentation du problème. La fonction de guidage est proche de la fonction du dessin simplifié. Celles-ci sont basées sur une méthodologie qui doit simplifier la prise de décision et donc montrer un cheminement unique de résolution du problème. La fonction d'inventaire fait quant à elle explicitement référence au dessin d'inventaire. Elle consiste à fournir l'ensemble de la connaissance nécessaire à la réflexion sur un thème, un type de problème, mais elle n'amène pas à prendre une décision aisément. Le schéma constitue ainsi davantage une sorte de liste permettant de ne rien oublier et à partir de là d'élaborer une réflexion qui ne soit pas biaisée. En revanche, le graphique ne comprend pas de critère favorisant la décision.

### Schéma n° 3 : Hiérarchie des fonctions selon l'axe réflexion-décision



#### C. Les étapes du processus de traitement de l'information graphique

*« Si nous suivons la méthode – graphique – à travers ses applications variées, nous rencontrerons des cas où elle n'est plus seulement un guide pour l'esprit, une aide pour la mémoire, mais où elle mène à des conceptions qui étaient autrefois entièrement inaccessibles. De cet ordre sont les graphiques des météorologues, grâce auxquels est exprimé l'état de l'atmosphère à un même moment sur toute l'étendue du monde civilisé. Chaque pays envoie son contingent d'éléments pour construire ce tableau d'ensemble : temps pluvieux ou serein, pression du baromètre, température, direction du vent, etc., et l'on pointe sur la carte les renseignements fournis par chaque observation. Les dépêches arrivent de toute part, les documents s'accumulent, s'amoncellent. Ne craignez pas que la confusion se produise ; loin de là, plus les éléments sont complexes, plus l'ensemble paraîtra simple. D'innombrables points se réduisent en quelques lignes, et celles-ci se dégagent d'autant plus clairement que leurs éléments sont plus nombreux » (Marey, 1885, pp. vii-viii).*

Nous chercherons à montrer le rôle joué par les graphiques tout au long du processus de traitement de l'information à l'aide de la revue de littérature. Nous verrons qu'ils servent de moyen de mémorisation, de compréhension et de communication.

## 1. La perception graphique : un autre regard

*« Dégagée du préjugé de l'infaillibilité des sens et tenue en continuelle défiance contre les renseignements qu'ils fournissent, la science a cherché d'autres auxiliaires pour la conquête de la vérité ; elle les a trouvés dans les instruments de précision. Depuis longtemps elle possédait les moyens de mesurer avec exactitude les dimensions, le poids, la composition, en un mot l'état statique des corps de la nature ; elle commence à étudier les forces dans leur état dynamique. Mouvements, courants électriques, variations de la pesanteur ou de la température, tel est le champ à explorer. Dans cette nouvelle entreprise, nos sens, à perceptions trop lentes et trop confuses, ne peuvent plus nous guider, mais la méthode graphique supplée à leur insuffisance ; dans ce chaos, elle révèle un monde inconnu » (Marey, 1885, p. iii).*

Nous pouvons tout d'abord remarquer que la perception des relations entre des concepts est plus aisée avec un graphique qu'avec un texte, comme l'évoquent Cossette et Tessier dans leur définition de la notion de graphe, à savoir une « *représentation visuelle d'une structure plus explicite qu'un énoncé verbal* » (Cossette et Tessier, 1974, p. 42).

Dans le même registre, Macdonald-Ross (1977), à travers une revue de littérature, montre que si la perception des valeurs absolues représente une activité cognitive difficile pour les individus, « *notre système de perception est bien adapté pour effectuer des comparaisons et des distinctions* » (Macdonald-Ross, 1977, p. 54). Le graphique possède alors une utilité certaine dans la mesure où il permet d'explicitier des relations entre variables, comme le montrent les conclusions d'Otto Neurath citées par Macdonald-Ross :

*« 1. All visual communication is based on comparisons.*

*2. A visual statement is an explicit visual comparison.*

*3. A visual argument is a set of comparisons selected to make a teaching point »*

(Macdonald-Ross, 1977, p. 55).

Ces auteurs soulignent l'accent mis sur les relations entre variables, et en particulier sur les comparaisons incluses dans un ouvrage et visant à montrer l'utilité des graphiques et leur bon emploi lors de présentations de données chiffrées en entreprise. Zelazny (1989 [1985]) structure son ouvrage sur la présentation de chiffres à travers des diagrammes

autour de la notion de comparaison et de ce qu'il considère comme entrant dans le cadre de ses différentes catégories, à savoir la décomposition, la position, l'évolution, la répartition et la corrélation.

Selon Ivins (1985 [1938]), la grande révolution scientifique intervenue au cours de la Renaissance ne provient pas d'un changement d'état d'esprit ou de philosophie mais de la vue. « *La science et la technologie ont progressé en relation directe avec la capacité de l'homme à inventer des méthodes grâce auxquelles des phénomènes qu'on ne pourrait sans cela connaître que par les sens du toucher, du goût et de l'odorat, ont pu être visuellement reconnus et mesurés* » (Ivins, 1985 [1938], p. 36). L'auteur évoque la « rationalisation du regard » intervenue au moment de la Renaissance avec la découverte de la perspective. Si celle-ci était déjà présente avant cette période, elle ne permettait toutefois pas de conserver les propriétés internes de l'objet. Selon son emplacement dans la représentation graphique, ce dernier n'avait plus les mêmes proportions. Or la nouvelle perspective représentée à la Renaissance permet de conserver ces propriétés et donc de déplacer à loisir l'objet dans la représentation. Ceci permet d'observer l'objet sous différents angles, en évitant l'inconvénient qui consiste à repenser les proportions. La rationalisation du regard évoquée par Ivins s'apparente à la découverte d'un langage graphique qui permette de tenir compte de l'« intuition visuelle » :

« *Le système de perspective conçu par Alberti en 1435-1436 marqua le véritable début du remplacement de la conscience tactile de l'espace (qui provient d'Euclide) par une conscience visuelle, car son nouveau procédé de projection et de section centrales non seulement fit se rejoindre automatiquement en des points de fuite logiquement déterminables les droites parallèles, mais fournit une base à la grammaire ou aux règles jusque-là manquantes qui devaient établir à la fois des relations logiques au sein du système de symboles utilisé et une correspondance métrique réciproque ou à double sens entre les représentations par l'image des objets et leurs formes tels qu'ils sont situés dans l'espace* » (Ivins, 1985 [1938], p. 35).

Cette géométrie de la perspective a ensuite reçu une justification mathématique, avec Desargues dans les années 1630 ; ce qui vint achever la conception de ce langage graphique qui sera ensuite enseignée sous le nom de « *géométrie descriptive* » avec

notamment Monge, à l'Ecole Polytechnique. La vue a pris une telle importance dans le développement des sciences et des techniques à partir de la Renaissance. Selon Ivins cela résulte du fait qu'avec la perspective est apparu un réel langage, articulé autour de symboles reproductibles et d'une grammaire régissant leur utilisation ; langage qui a permis de mettre en place des relations logiques et donc de faire reposer l'intuition visuelle sur des règles scientifiques. Il en résulte ainsi des intuitions visuelles dotées d'une valeur scientifique.

Le deuxième argument en faveur de l'accroissement du recours à la vue provient du fait que les processus de perception ont comme propriétés d'être « *directs, automatiques, inconscients, et efficaces* » (Zhang et al., 1995, p. 291). Dès lors, la perception fournit des informations directement utiles à la prise de décision, sans avoir besoin d'un recours à la création de représentations internes, qui sont « *les représentations dans l'esprit, comme les propositions, les productions, les schémas, les images mentales, les réseaux neuronaux, ou d'autres formes* » (Zhang et al., 1995, pp. 279-280) et qui mobilisent la mémoire de travail. En ayant recours à la perception plutôt qu'à la recherche d'informations en mémoire, la contrainte de saturation de la mémoire de travail est ainsi repoussée.

Un courant de recherche, qui a associé dans un premier temps des chercheurs en psychologie cognitive et des statisticiens puis qui a donné lieu à des développements en système d'information et en comptabilité, a discerné les différentes composantes de graphiques tels que les diagrammes en barres, les courbes, les nuages de points et les diagrammes circulaires – camemberts ; ceci afin d'étudier l'interaction entre ces représentations et le processus de traitement de l'information sur la prise de décision (Cleveland et McGill, 1984 ; Hollands, Tanaka et Dyre, 2002 ; Kosslyn, 1985 ; Spence, 1990 ; Stevens, 1975). Sont ainsi recherchés les graphiques efficaces selon le processus de traitement de l'information : « *A display will be effective when it takes advantage of the capabilities of our perceptual, memory, and conceptual abilities* » (Kosslyn, 1985, p. 501).

En revanche, la question de la contingence de l'efficacité du graphique par rapport à la tâche n'est pas toujours prise en compte, comme le déplore Kosslyn (1985). Est ainsi mis en évidence le processus de traitement de l'information, et sont ainsi soulevées différentes questions : celle de l'image qui est perçue, celle du traitement de celle-ci par la

mémoire à court terme, celle de la rétention dans la mémoire à long terme et enfin celle de l'influence de cette dernière dans la reconnaissance des images. Dans cette partie, nous nous concentrerons sur la question des propriétés visuelles des graphiques, sans évoquer les spécificités du lien entre les mémoires à court terme et à long terme avec le traitement de l'image. Nous en resterons ainsi au stade de la perception de l'image. Dans ce cadre, nous nous situerons au niveau d'un « *processus pré-sémantique* » (Kosslyn, 1985), ce que révèlent d'une part le faible temps de réponse accordé aux sujets dans le cadre des expérimentations – de l'ordre de trois à cinq secondes –, et d'autre part la simple exigence d'ordonner ou d'évaluer des graphiques sans titre, sans légende et parfois sans chiffres.

Les questions abordées sont celles de la capacité à discriminer les éléments présents dans le graphique, des différentes dimensions présentes dans le graphique et de l'information qu'elles fournissent, de l'ordre de traitement des différents éléments du graphique et enfin des problèmes de distorsion liés aux différentes dimensions et à leurs interactions (Kosslyn, 1985). La question de la discrimination des éléments d'un graphique à ce stade du processus ne fait intervenir que la quantité d'encre, la couleur, la forme et l'épaisseur des traits. Quant à celle des formes distinguées et retenues – étudiées en particulier par la théorie de la forme (*Gestalt*) –, elle intervient dans le traitement de l'information au niveau de la mémoire de travail – ou mémoire à court terme. Il est ainsi question d'une épaisseur minimale (2 mm pour Bertin (1977)) et de la nécessité ou non de présenter une variation simultanée de plusieurs de ces éléments pour pouvoir distinguer différents éléments d'un graphique (Fisher, 1982 ; Tufte, 1983).

Un graphique possède généralement plusieurs dimensions. Par « dimension » il convient d'entendre l'une des catégories de la perception visuelle présentes dans les graphiques, telles que la taille, la surface, l'angle, la couleur et sa nuance, l'orientation ou la longueur. Ainsi, un élément du graphique, à l'instar d'une barre dans un diagramme du même nom, peut varier selon ces différentes dimensions et peut offrir par conséquent un grand nombre d'informations : la barre peut changer de couleur, d'angle, de longueur, etc. La capacité d'un graphique à transmettre une l'information est ainsi très importante. L'ordre de traitement de cette dernière dépend alors de la taille de chaque élément, ou encore de l'intensité de la couleur – un trait foncé va être perçu plus facilement qu'un trait

plus clair, ce qui incite à dessiner les lignes horizontales d'un diagramme de manière plus claire que le tracé de la relation entre les variables etc.

Schmid (1983, p. 15) avance le principe de contraste : « *the visual importance and distinction assigned to the various elements of a chart should be commensurate with the intellectual significance of the ideas being presented* ». Tufte (1983) propose quant à lui un autre critère qui est celui de minimiser la quantité d'encre pour présenter des données (« *data ink* ») et qui consiste à éviter toute forme de redondance dans la forme graphique par rapport au sens fourni. Il prend l'exemple d'une barre d'un diagramme du même nom qui est noircie et qui comporte un chiffre inscrit au-dessus. Elle comporte six éléments qui fournissent la même information : (1) la hauteur du segment gauche, (2) la nuance de noir, (3) la hauteur du segment droit, (4) la position du segment horizontal, (5) la position du chiffre – comme il est à une distance normalisée de la barre, il va dépendre de la hauteur de celle-ci, (6) le nombre lui-même.

Tufte (1983) cite également l'exemple des visages de Chernoff. Ces derniers étant symétriques, une moitié du visage n'est pas nécessaire. Les seules exceptions acceptées à ce principe proviennent de la volonté de donner des informations sur le contexte et de montrer la complexité d'un phénomène : « *In cyclical time-series, for example, parts of the cycle should be repeated so that the eye can track any part of the cycle without having to jump back to the beginning* » (Tufte, 1983, p. 98).

La notion de contexte fait référence aux données qui entourent celles qui sont prises en compte. Par exemple, dans les rapports annuels, nous retrouvons des graphiques dans une partie généralement dénommée « *chiffre clefs* ». L'une des critiques faites à l'encontre d'un grand nombre de ces graphiques est de retenir une période jugée trop courte, ce qui ne rend non pertinente une estimation de la tendance (*trend*) pour les analystes financiers.

Par ailleurs, une hiérarchie de l'apport de ces différentes dimensions a été effectuée par Cleveland et McGill (1984). Elle permet de déterminer quelles sont les dimensions à favoriser lorsque nous souhaitons présenter plusieurs types de données. Ainsi, la projection sur les axes et la longueur permet d'obtenir une meilleure estimation des valeurs que les angles, et ces derniers fournissent une meilleure estimation que la variation d'intensité

d'une couleur. D'autres auteurs ont étudié certaines dimensions en prenant en compte la tâche à effectuer. Elles montrent ainsi que pour estimer une valeur particulière, il est préférable de présenter un diagramme en barres, en raison de la barre horizontale qui favorise la projection sur l'axe des ordonnées. En revanche, pour évaluer une tendance, il est préférable d'utiliser une courbe. Enfin, pour estimer à la fois des proportions et une échelle, il convient plutôt d'employer des diagrammes circulaires plutôt qu'un diagramme avec des barres scindées.

## **2. Mémoires et processus de traitement de l'information graphique**

Les représentations graphiques sont importantes pour le processus cognitif en raison notamment des contraintes liées à la mémoire. Les informations selon leur forme vont être gardées dans des mémoires différentes, à savoir qu'elles ne sont pas stockées de la même façon, ne sont pas soumises aux mêmes contraintes et ne sont pas récupérées de la même façon. L'alternative à la mémoire verbale fait l'objet de nombreux débats. De nombreux auteurs sont d'accord pour considérer qu'il n'existe pas qu'un stockage de l'information sous forme de propositions tandis que d'autres refusent la mémorisation sous cette dernière forme pour lui préférer une représentation spatiale. Par ailleurs, les notions mobilisées sont différentes : image mentale, modèle mental ou schéma-image. L'approche de la représentation graphique sur un support s'avère ainsi riche de possibilités en raison de ses possibilités de mémorisation mais elle représente également une mémoire externe permettant d'accroître la capacité cognitive.

### ***a. Deux mémoires individuelles aux rôles et contraintes différents***

La mémoire à court terme – ou mémoire de travail – représente une contrainte importante dans le processus de traitement de l'information. En effet, seule une faible quantité d'information peut passer à la fois et de manière transitoire dans la mémoire à court terme – quatre groupes de données peuvent être mémorisés à la fois (Ericsson, Chase et Faloan, 1980). En revanche, l'autre type de mémoire permet un stockage permanent d'un grand nombre d'informations. Les problèmes liés à cette dernière sont plutôt dus à une incapacité à reconnaître et à donner un sens à certains éléments du graphique (label ou

symbole) ou à effectuer des inférences à partir de l'agencement de ces différents éléments. Ainsi, les contraintes imposées par ces deux mémoires sur le processus de traitement de l'information ne sont pas du même ordre. Si la mémoire à court terme représente un goulet d'étranglement au niveau du traitement du graphique ; au niveau de la mémoire à long terme, il est question de problèmes de compréhension.

En raison de la capacité limitée de la mémoire à court terme, il est nécessaire de tenir compte de la quantité d'informations représentées dans un graphique. Ceci nous amène à nous interroger sur le nombre de variables qui doivent être représentées. Bertin (1967) considère que seules trois variables peuvent être indiquées dans un diagramme ou sur une carte : d'une part la position d'un point selon les coordonnées X et Y et d'autre part un élément visuel pour le point, à savoir une couleur, une dimension ou une forme.

Au niveau des contraintes imposées par la mémoire à long terme, il est question d'une représentation dont les labels et les symboles ne sont pas ambigus et d'une représentation qui soit en accord avec la tâche à effectuer, afin de ne pas induire des inférences erronées. En effet, un graphique stimule des connaissances stockées en mémoire et la manière de représenter des données incite à mettre en œuvre des raisonnements déjà effectués sur ce type de représentation.

### ***b. Extension de la mémoire verbale et image mentale***

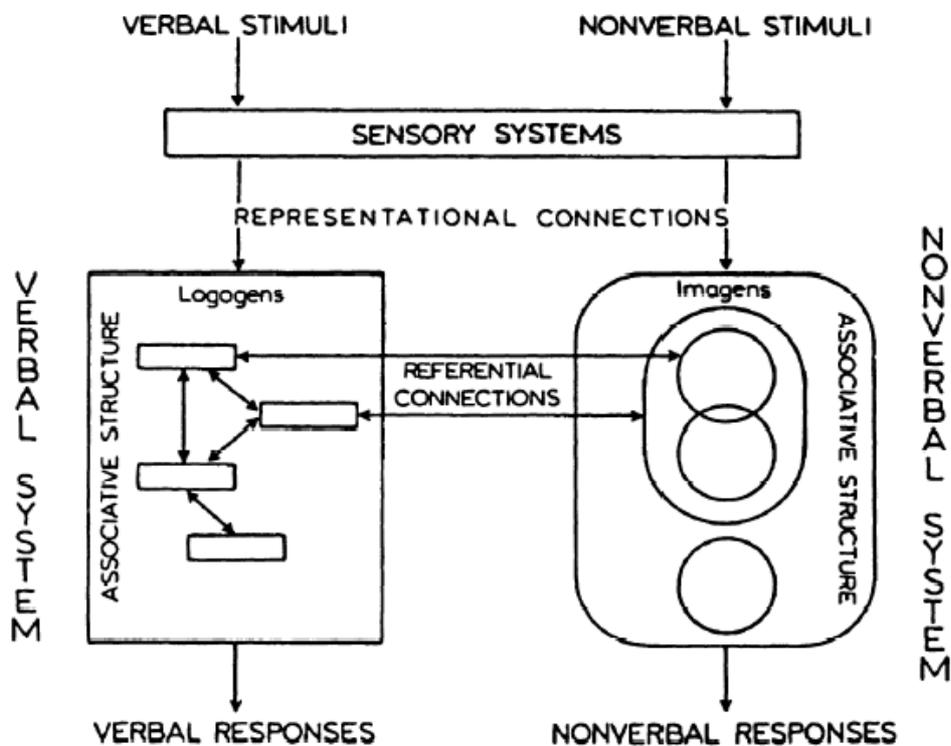
L'absence d'éléments écrits en certaines situations de prise de parole a amené à développer des moyens mnémotechniques pour pallier les problèmes de mémoire. Aussi, n'est-il pas étonnant de retrouver cet exercice de mémoire dans les cinq éléments de la rhétorique décrits par Aristote (1967). Dans les situations où nous pouvons disposer de supports écrits, les dessins peuvent faciliter la mémorisation d'éléments textuels. Ceci a été testé en psychologie, notamment en montrant l'apport d'illustrations dans la mémorisation de données spatiales ou procédurales contenues dans un texte (Gyselinck, 1996). Ce sont alors réciproquement une carte et un schéma qui aident à la mémorisation des informations.

En étudiant la quantité d'informations provenant d'un graphique qui est mémorisée, il a été montré que celle-ci dépend du processus de perception des informations et de la tâche assignée à l'individu (Marks, 1991). Selon le type de tâche à effectuer, nous n'utilisons pas la même stratégie de perception, et les informations retenues ne sont pas les mêmes. Ainsi, les individus mettent en place des stratégies adaptées à la représentation graphique et qui permettent de retenir les informations pertinentes pour une tâche donnée.

Paivio (1986) a mis en évidence l'existence d'un double codage, verbal et non verbal, des données au niveau cognitif, qui mettent en œuvre des processus différents de traitement de l'information. En effet, l'une des principales propositions de la théorie du double codage est relative à l'existence de deux sous-systèmes de traitement de l'information : l'un étant relatif à l'information verbale et l'autre concernant l'information non-verbale. Ces deux types d'informations font ainsi appel à des capacités cognitives autonomes :

*« The idea of separate subsystems means that the two systems are assumed to be structurally and functionally distinct. Structurally, they differ in the nature of representational units and the way the units are organized into higher order structures. Functionally, they are independent in the sense that either system can be active without the other or both can be active in parallel. At the same time, they are functionally interconnected so that activity in one system can initiate activity in the other » (Paivio, 1986, p. 54).*

**Schéma n° 4 : Théorie du double codage, systèmes de représentation verbale et non verbale**



Source : Sadoski, Paivio et Goetz (1991), reprenant un graphique de Paivio (1986)

A partir de ces travaux, Kulhavy et ses collaborateurs (Kulhavy, Stock, Peterson, Pridemore et Klein, 1992 ; Kulhavy, Stock, Woodard et Haygood, 1993) ont décrit l'apport du graphique à la mémorisation d'un texte. Ils présentent un double codage, avec d'un côté un stockage verbal provenant du texte sous forme de propositions linguistiques et d'un autre côté un stockage non verbal sous forme d'image mentale. Nous comprenons ainsi l'apport de l'illustration à la mémorisation d'un texte, dans la mesure où les deux systèmes de codage sont interconnectés. L'activation d'un système de codage se diffuse dans le second système de codage. Par ailleurs, de la forme du stockage dépend le processus de récupération de l'information. Les représentations de propositions linguistiques, dénommées *logogens*, sont stockées dans une structure séquentielle et hiérarchisée ; tandis que les représentations d'éléments non verbaux, dénommées *imagens*, sont organisées de façon holistique et emboîtée (Sadoski et al., 1991). Dès lors, si dans le cas de propositions linguistiques, la récupération se fait de manière séquentielle, dans le cas d'éléments non verbaux les informations sont récupérées simultanément et de manière moins coûteuse

d'un point de vue cognitif, ce qui permet de libérer de la mémoire de travail. Ceci représente un apport essentiel des illustrations.

D'autres auteurs vont plus loin en montrant que les graphiques peuvent jouer un rôle plus important dans la structuration des connaissances dans la mémoire, en raison de l'agencement spatial des connaissances au sein de celle-ci (Schank et Abelson, 1977). L'organisation des connaissances en mémoire peut prendre plusieurs formes. Schank et Abelson (1977) montrent qu'une organisation hiérarchique des connaissances n'est pas concevable pour toutes les formes de connaissance. Cette organisation est liée à une mémoire sémantique, à savoir une mémoire dans laquelle le plus petit élément stocké est le mot. La structure en mémoire est ainsi similaire à celle du langage, pour lequel il existe des liens d'inclusion entre les termes :

*« Other proposals for memory organization have stressed the more scholastic notion of semantic memory. Briefly, semantic memory is a memory of words that is organized in a hierarchical fashion using class membership as the basic link. For example, 'canary' is linked to 'bird' and 'bird' to 'animal' in a hierarchical tree.*

*We can see at once that such an organization will not work for verbs, not for nouns that are abstract not for nouns that do not submit easily to standard categories (such as 'teletype'). Even if other semantic link besides class membership are used, such an organization implies that propositions are stored by linking them to the words with which they are expressed. This is not possible in the conceptual, non-word-oriented system that we have described. We could overcome this difficulty by organizing concepts in networks but the complexity of the possible combination of elemental concepts makes this extremely cumbersome. There are other difficulties as well.*

*An episodic memory, on the other hand, is organized around propositions linked together by their occurrence in the same event or time span. Objects are most commonly defined by their place in a sequence of propositions describing the events associated with an object for an individual. A trip is stored in memory as a sequence of the conceptualizations describing what happened on the trip. Some of the conceptualizations will be marked as salient and some will have been forgotten altogether.*

*Nominal concepts (concrete nouns) fit in this view with a two-part definition. The first and primary part is a functional definition that attempts to generalize the salient events over particular episodes in which the noun has occurred. The complete functional definition of a given noun lists all distinguishable occurrences of that noun present in memory. The second part is a physical description of one particular member of the class that is being defined » (Schank et al., 1977, p. 18).*

De même, Anderson (1983) met en avant la pluralité des formes de représentation au sein de la mémoire individuelle pour résoudre des problèmes :

*« Despite all the wonderful arguments for the sufficiency of propositional representations, they often proved quite cumbersome. In later years, as I became more eclectic, I found that non propositional representations could work well in a production system framework (...) It is not that different representations are needed for different applications but rather, for different aspects of the same application. The generation of geometry proofs (...) is a good example. One needs linear structures to represent the order of statements in a proof; spatial structures to represent the diagram; and propositional structures to represent the logical interpretations of postulates » (Anderson, 1983, p. 45).*

Rosch, Mervis, Gray, Johnson et Boyes-Braem (1976) ont montré que le niveau de catégorisation le plus souvent utilisé par les adultes, qui est aussi le premier niveau de catégorisation appris par les enfants et qui est le plus rapide pour catégoriser, est un niveau qui donne lieu à une représentation graphique aisée. Minsky (1975) évoque une représentation de la connaissance alternative à la proposition pour la connaissance nécessaire à la vie quotidienne. Il s'agit du « cadre » (« *frame* ») qui est une « *structure de connaissances qui contient une information structurelle fixe* ». Celui-ci permet d'obtenir une représentation fixe de ce qu'est par exemple une salle, de la mettre à jour en fonction du contexte dans lequel nous nous situons et de s'étonner de variations par rapport à ce qui constitue pour nous une pièce – par exemple, un toit, des murs, etc. – (Brewer, 1999, p. 729). Johnson (1987) va dans le sens de cette diversité des formes de représentation en mémoire, en remettant en cause la présence de seules formes propositionnelles. Il défend l'idée d'un « *schéma image* » : « *An image schema is a recurring, dynamic pattern of our perceptual interactions and motor programs that gives coherence and structure to our*

*experience* » (Johnson, 1987, p. xiv). Mandler explicite cette définition : « *image-schemas can be defined as dynamic analog representations of spatial relations and movements in space. They are analog in that they are spatially structured representations* » (Mandler, 1992, p. 591). Cette notion permet d'expliquer la formation des premiers concepts chez le nouveau-né (Mandler, 1992). La première reconnaissance de catégories chez ce dernier repose en effet sur son apprentissage de l'espace. Il fait appel à des schémas image comme le chemin pour définir un animal : « *ces choses qui bougent dans un sens avec un départ qui leur est propre* » (Mandler, 1992, p. 590). L'enfant a ainsi, sous forme schématique, une représentation d'un point de départ et d'un chemin. La fabrication d'une telle notion peut reposer sur la faible distinction visuelle des éléments et sur la reconnaissance d'une forme vague qui quitte seule un point de départ pour se diriger vers un autre point (Mandler, 1992). Mandler explique les travaux qui contredisent l'analyse de Piaget sur le début d'une conceptualisation n'intervenant qu'à partir de l'âge d'un an et demie à partir du concept de Johnson. L'enfant catégorise ainsi à partir d'approches schématiques provenant de sa perception de l'espace : le chemin, le haut et le bas, la force, la partie et le tout et le lien. Ces schémas image peuvent ainsi être présents en mémoire sous la forme de représentations non linguistiques, non pas comme des images fidèles de la réalité, mais comme des images mentales qui constituent une interprétation de la réalité à partir du vécu de la personne et qui se présentent sous une forme beaucoup plus abstraite qu'une photographie de la réalité. Cette représentation n'a pas les caractéristiques d'une proposition sous la forme d'un syllogisme, lequel vise à établir la présence d'un élément pour supposer la présence d'un second élément. La nature du schéma image invite ainsi à réfléchir à des représentations mentales visuelles.

La notion de modèle mental développé par Johnson-Laird (1980 ; 1999) va dans le sens du schéma image décrit par Johnson. Ainsi, nous n'avons pas en mémoire une image particulière mais un modèle plus général, dans le cadre duquel l'image mentale constitue l'un des moyens de création du modèle mental puis « *un instrument d'instanciation du modèle* » (Gyselinck, 1996, p. 500). Le modèle mental s'apparente à une représentation spatiale abstraite qui met en relation des individus, des objets et des événements. Il constitue une représentation alternative à une approche qui considère que « *le raisonnement déductif dépend de règles formelles d'inférence proche de celles d'un calcul logique* » (Johnson-Laird, 1999, p. 526). Morrow, Greenspan et Bower (1987) ont ainsi

repris le modèle que nous avons en tête lorsque nous avons mémorisé une carte et que nous devons ensuite nous la remémorer, dans le cadre de la lecture d'un texte dans lequel le protagoniste se déplace sur cette carte. Selon les auteurs, ce modèle ne correspond pas à une image mentale, à savoir une reproduction de la carte, qui est d'autant plus fiable que les objets sont prêts du protagoniste. Le souvenir de l'emplacement des objets est lié au but à atteindre, à savoir ici : arriver à une pièce précise. Ce sont les objets de cette dernière pièce qui font l'objet d'un souvenir plus intense. Il s'agit ainsi d'une représentation dynamique dans laquelle la carte est mise à jour à partir d'informations du texte et dans laquelle une attention sélective est accordée aux objets de celle-ci, en fonction de notre utilisation à venir de ces éléments en tant que moyens d'atteindre notre but. De même, Franklin et Tversky (1990) vont dans le sens de Johnson-Laird en montrant que le lecteur s'est créé un modèle spatial qui change selon l'orientation qu'il lui est demandée d'adopter par rapport à des objets. Ceux que le lecteur est censé imaginer face à lui sont plus faciles à se remémorer que ceux qui sont positionnés derrière lui ou sur les côtés, lorsqu'il lui est demandé de les imaginer sous un angle différent. Nous retrouvons cette propriété. L'observateur ne dispose ainsi pas d'une image mentale abstraite sans connexion avec son approche physique de l'espace. Il possède un modèle mental dans le cadre duquel il se positionne par rapport à ces objets.

Ainsi, le rôle des graphiques dans la mémorisation des informations est important en raison de la nature différente du codage de ces données et de la récupération de celles-ci. En revanche, nous ne pouvons supposer une mémorisation à l'identique d'un graphique sous forme d'image mentale. Si le graphique permet une instanciation du modèle mental, à savoir une mise à jour de celui-ci avec la prise en compte d'un nouveau contexte, de nouvelles variables à prendre en compte, etc., la mémorisation et la récupération de l'information contenue dans ce graphique dépend du modèle mental de la personne, à savoir de son expérience, de sa perception de la tâche à effectuer.

### ***c. Extension de la mémoire : une mémoire externe***

Bertin (1973 [1967]) distingue trois fonctions de la représentation, à savoir l'enregistrement de l'information, la communication de l'information et le traitement de l'information. Au sujet de la première fonction, il montre bien le lien entre le graphique et

le besoin d'une mémoire extérieure à l'individu ayant sa propre cohérence et n'ayant pas les contraintes de la mémoire à court terme :

*« La représentation graphique peut avoir comme fonction de fournir un inventaire commode et exhaustif de l'information. Le plan et les signaux visuels sont utilisés pour noter toutes les correspondances d'un ensemble informationnel donné, afin de créer une mémoire artificielle qui évite l'effort de mémorisation »* (Bertin, 1973 [1967], p. 160).

Toutes les représentations graphiques n'ont pas ce rôle de mémoire. Sa définition montre que la priorité est donnée à l'exhaustivité par rapport au côté opérationnel ; le fait que la représentation ne soit pas mémorisable ne constitue pas un critère pertinent. La complexité n'est pas exclue, bien au contraire : *« Cette fonction autorise donc la construction de figurations complexes, à images multiples, limitées seulement par des règles de lisibilité »* (Bertin, 1973 [1967], p. 160). Bertin cite un exemple de représentation graphique ayant cette fonction, à savoir celui du plan du métropolitain. Néanmoins, toute carte géographique joue également ce rôle. Nous pouvons remarquer que ce plan ne présente pas les mêmes spécifications qu'une carte routière, dans la mesure où le critère relatif au respect des distances est assujéti à la possibilité de tracer des lignes droites. Dès lors, nous retrouvons ce critère de commodité qui peut être assimilé à un critère de lisibilité.

Les dessins représentent un moyen d'accumuler des connaissances qui s'affranchit de plusieurs contraintes. Nous venons d'évoquer la suppression de la contrainte de verbalisation des idées. Une autre contrainte qui disparaît avec le dessin est relative au fait de disposer des objets que nous souhaitons étudier. Ferguson (1985) fait référence aux croquis de Léonard de Vinci, qui lui ont permis d'associer mentalement plusieurs pièces et d'imaginer de nouvelles techniques, sans avoir à concevoir dans un premier temps un prototype.

De plus, les dessins constituent une forme de mémorisation des idées qui s'avère particulièrement utile pour les techniques, ce que montre Ferguson (1985) dans son étude de l'accumulation de connaissances techniques lors de la Renaissance. La connaissance des principales pièces mécaniques remonte certes à l'Antiquité grecque et romaine – le treuil

(roue et essieu), le levier, la poulie, le coin et la vis datent de cette période – ; en outre, les dessins sont déjà présents dans des carnets d'ingénieur. Néanmoins, la Renaissance, avec l'invention de l'imprimerie, a non seulement permis d'accroître la diffusion des idées et l'apparition de nouvelles conceptions d'assemblages de pièces ; elle a en outre rendu possible une « uniformité » des dessins, essentielle à la fabrication de machines en des lieux et à des moments différents. Ferguson (1985) fait référence à ce point en citant Ivins (1953) :

*« les reproductions imprimées de dessins furent particulièrement importantes parce qu'elles multiplièrent les « énoncés graphiques exactement reproductibles » des idées articulées par les dessins. On peut copier et recopier un texte à la main avec une assez grande exactitude, mais les copies manuscrites de dessins techniques sont inévitablement et rapidement altérées, surtout si le copiste ne connaît pas les machines ou les systèmes qu'il transcrit. Ivins situait les énoncés graphiques exactement reproductibles « parmi les instruments les plus importants et les plus puissants de la vie et de la pensée modernes » » (Ferguson, 1985, p. 185).*

Ainsi, les dessins ne s'apparentent pas seulement à une forme écrite qui permet de se dispenser d'une mémoire des concepts visant à être utilisée dans une argumentation ; ils représentent également des éléments qui permettent d'accroître la mémoire des techniques découvertes et d'assurer une véritable transmission des idées, à savoir une connaissance des techniques non altérée.

### 3. Un raisonnement facilité et étendu

Les représentations graphiques sont des structures de données qui expriment une connaissance (Larkin et Simon, 1987). Dès lors, elles peuvent faciliter la résolution de problèmes et la découverte de solutions, en fournissant une structure efficace pour exprimer les données. L'efficacité cognitive provient du remplacement de traitements et de comparaisons cognitives coûteuses par des inférences cognitives qui le sont moins (Larkin et al., 1987 ; Lohse et al., 1994). Si, en revanche, la représentation graphique n'est pas adaptée au problème, cet avantage s'estompe. Plus de temps est ainsi nécessaire à la résolution de la tâche (Jarvenpaa, 1989).

Certains auteurs vont plus loin dans l'aide que représente le graphique pour la résolution de tâches. Ainsi, Zhang, dans son article *The Nature of External Representations in Problem Solving* (1997), montre que les représentations externes, à savoir celles qui sont présentes sur un support matériel, par opposition aux représentations internes qui sont celles présentes dans notre cerveau, ne sont pas seulement des données (« *inputs* ») et des *stimuli* pour notre cerveau :

« *the external representations are not simply inputs and stimuli to the internal mind; rather, they are so intrinsic to many cognitive tasks that they guide, constrain, and even determine cognitive behavior* » (Zhang, 1997, p. 180).

Deux positions antagonistes sont ainsi définies. La première, notamment partagée par l'intelligence artificielle, consiste à considérer que toute représentation externe doit faire l'objet d'une représentation interne pour avoir une influence sur le processus de prise de décision. Les opérations cognitives n'ont ainsi lieu qu'au niveau des représentations internes. Se démarque ainsi un processus qui commence par l'encodage des données provenant de la représentation externe dans des symboles, ces derniers étant traités mentalement et donnant lieu à un décodage lors de la réponse apportée au problème provenant de l'environnement. A l'autre extrême se trouve un point de vue notamment défendu par Gibson (1966 ; 1979) et présenté par Zhang (1997), qui considère que la perception et l'action sont possibles à partir des seules informations disponibles dans l'environnement. Il n'est pas nécessaire d'avoir recours à la mémoire ou à l'inférence pour saisir des informations provenant de ce dernier.

Larkin et Simon (1987) développent également cette problématique de la relation entre représentation interne et représentation externe. Ils partent d'une définition de la représentation qui met en avant la relation entre un support externe et un raisonnement interne à l'individu :

*« A representation consists of both data structures and programs operating on them to make inferences (...) Actions modify data structures, that is, they make and record inferences. Although the data structures we shall postulate are stored externally, on paper, the productions that operate on them are in the problem solver's memory »* (Larkin et al., 1987, p. 67).

De même, Macdonald-Ross parle de « système de représentation » pour désigner l'ensemble constitué par la représentation physique et les représentations mentales :

*« The phrase system of representation refers to the context and rules of procedure associated with a graphic format: not just the marks on paper, but also the rules for construction and interpretation (whether explicit or implicit). Such rules include ways to decide whether a particular subject matter can be represented legitimately by a particular format »* (Macdonald-Ross, 1977, p. 50).

Pour un type de problème, il faut ainsi disposer de certaines connaissances et de certaines règles. Celles-ci se trouvent soit dans le cerveau soit sur le support physique. Larkin et Simon (1987) partent de deux exemples mettant en œuvre des données de physique et de géométrie pour montrer qu'il existe une économie dans la recherche et dans la reconnaissance d'informations avec un diagramme. Cette économie est de nature cognitive : le fait d'avoir à notre disposition un diagramme permet d'éviter de devoir reconstituer mentalement cette représentation ou de devoir garder en mémoire un ensemble de règles et de données. Les auteurs utilisent la notion de « *computational efficiency* » pour mettre l'accent sur le fait que le diagramme possède d'autres propriétés par rapport aux phrases que celle de fournir une information plus riche. Ceci fait référence à la notion d'efficacité informationnelle, laquelle nous renvoie à la facilité et à la rapidité des inférences à partir des données disponibles et qui est fonction de l'agencement spatial des informations. Les auteurs insistent ainsi sur la nécessité de traiter différemment les données selon qu'il s'agit d'une présentation verbale ou d'un diagramme. En effet, alors

que ce dernier suffit à montrer de nombreuses relations entre variables, une présentation verbale du problème nécessite de mettre en évidence de nombreuses règles en vertu desquelles les résultats de certaines vont être les données entrantes des autres. Cette interdépendance nécessite un traitement cognitif important, articulé autour des idées suivantes : garder en mémoire des valeurs, savoir à quel moment les réutiliser, etc. Dès lors, une double contrainte pèse sur la verbale mais pas sur l'expression graphique : d'une part un besoin d'explicitation de tous les éléments du problème et de la démarche à suivre et d'autre part la nécessité d'adopter une approche séquentielle de la résolution du problème.

Bauer et Johnson-Laird (1993) considèrent que le rôle des graphiques est plus important que celui qui leur est dévolu par Larkin et Simon. Ces derniers considèrent en effet que les graphiques n'améliorent pas la qualité de la réponse dans la phase d'inférence par rapport à une formulation verbale du problème. Selon eux, le raisonnement déductif reste le même. Bauer et Johnson-Laird, en proposant la théorie des modèles mentaux pour analyser l'apport des graphiques à l'activité cognitive, mettent en avant le rôle de ces derniers dans le raisonnement logique. Ils considèrent en effet que les graphiques constituent un moyen de conserver à l'esprit un plus grand nombre d'états du monde alternatifs, à savoir des solutions mutuellement exclusives résultant de la formulation du problème, par rapport à une simple formulation sous forme d'un syllogisme, à savoir une liste de propositions. Le graphique a ainsi pour vertu de rendre explicite un certain nombre d'états du monde qui résultent des propositions logiques et ainsi de permettre le choix de la solution adéquate. En effet, selon les auteurs, les erreurs de jugement proviennent principalement de l'absence de prise en compte de l'ensemble des solutions possibles, plutôt que d'une erreur dans le choix de la bonne solution entre les différentes solutions possibles. Par ailleurs, en rendant le contenu des propositions logiques et leur conséquence plus explicites que la forme verbale, le graphique réduit les erreurs qui viennent contredire les propositions. Deux exemples peuvent être évoqués pour montrer dans quelle mesure le choix d'un langage graphique conditionne le raisonnement. Le premier exemple porte sur la représentation des chiffres au cours du temps et le second concerne la capacité à prendre en compte l'évolution simultanée de plusieurs variables.

### ***Exemple des choix graphiques de représentation des chiffres***

Zhang et Norman (1995) ont montré les impacts cognitifs des choix graphiques qui ont été faits en matière de représentation des chiffres. Cet article présente l'intérêt d'évoquer l'interaction entre différentes dimensions du graphique et le processus cognitif. Quatre niveaux de choix sont mis en évidence en matière de représentation. Ils ont un impact sur l'activité cognitive : le nombre de dimensions graphiques utilisées – de 1 à 3 dimensions, le type de représentations utilisées pour chaque dimension – quantité, position et forme, la base mathématique utilisée – base 10 pour le système de chiffres arabes et base 60 pour le système babylonien – et enfin la forme symbolique utilisée pour représenter chaque élément. Les auteurs proposent plusieurs critères pour évaluer l'apport graphique dans le processus cognitif de calcul. Le premier d'entre eux est relatif à la part des informations recherchées dans la représentation externe par rapport à celles qui sont visées dans les représentations internes. Il est préférable d'avoir recours à la perception plutôt qu'à la recherche d'informations en mémoire, en raison de la contrainte de saturation de la mémoire de travail.

### ***Exemple des visages de Chernoff***

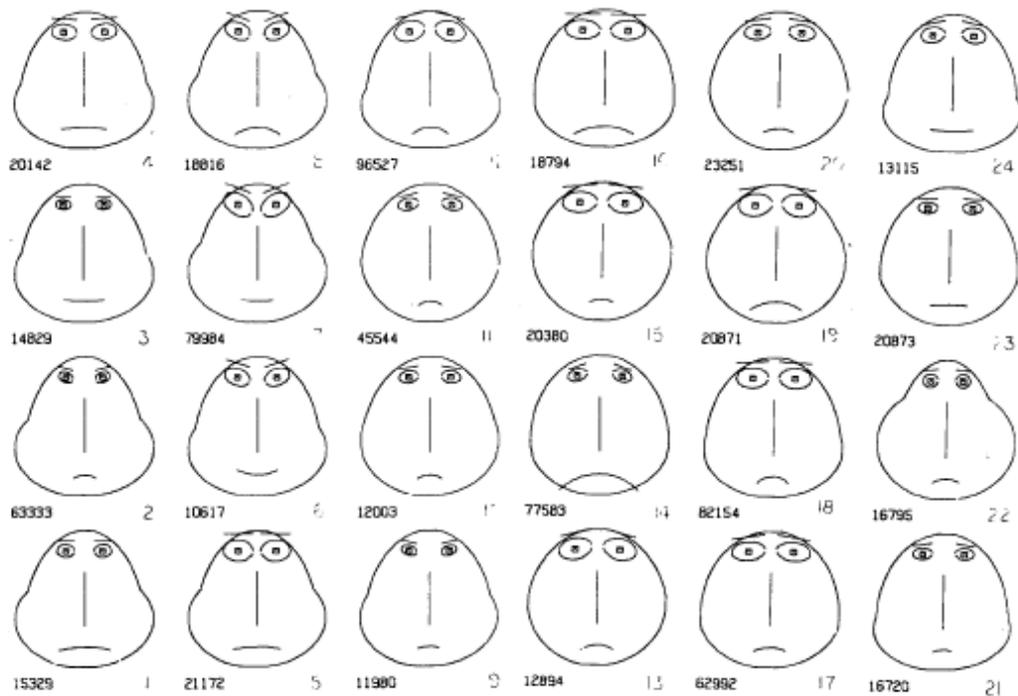
Chernoff (1973) évoque quatre usages des graphiques : « (1) améliorer la capacité des utilisateurs à détecter et à comprendre les phénomènes importants, (2) servir de moyen mnémotechnique pour retenir les conclusions majeures, (3) communiquer ces conclusions majeures aux autres, (4) permettre des calculs informels relativement précis » (Chernoff, 1973, p. 363). Les visages de Chernoff répondent aux deux premiers usages selon son auteur. Ils permettent de représenter plusieurs dimensions d'une même variable à l'aide des différents éléments d'un visage – courbure de la bouche, grandeur et forme des yeux, forme des sourcils, etc. Chernoff (1973) a ainsi représenté 18 dimensions à l'aide d'un visage. Une suite de visages – un exemple est donné avec le Graphique n° 2 – permet de représenter une série chronologique pour un processus stochastique multi varié et de faciliter la découverte de points de rupture.

Ces visages facilitent la détection et la compréhension des phénomènes importants dans la mesure où ils représentent un élément familier pour chaque individu et où chacun est habitué à discerner ses différentes caractéristiques. Par ailleurs, ils entraînent des

réactions émotionnelles qui font d'eux un moyen mnémotechnique. Selon l'auteur, les visages ne peuvent que faiblement servir aux deux derniers usages. Ils présentent une faible utilité en tant que moyens de communication et ne fournissent que des estimations assez grossières. Ils nous permettent néanmoins de nous rendre compte des calculs nécessaires en mettant l'accent sur les dimensions essentielles.

Ces visages ont trouvé une application en marketing et en finance. Dans la première discipline, les résultats sur l'impact cognitif des images de marque, de magasin et de produit sur les choix des consommateurs ont conduit à des interrogations sur la présentation visuelle des résultats de recherche, afin que le chercheur analysant le comportement des consommateurs n'analyse plus seulement les données empiriques attribut par attribut mais ait au contraire une vision d'ensemble (Golden et Sirdesai, 1992). Nous retrouvons ainsi la théorie de la forme (*Gestalt*) appliquée à l'analyse de données (Huff, Mahajan et Black, 1981) et à la compréhension de ce qui fait la différence dans la perception que les consommateurs ont d'un magasin par rapport à un autre – dans le cas de l'article de Golden et Sirdesai – (1992). Quant à la finance, les visages de Chernoff ont notamment été utilisés pour représenter la situation financière d'une entreprise. Ils ont également été employés afin de comparer la capacité des individus à distinguer les entreprises en bonne situation financière par rapport à celles qui se dirigent vers la banqueroute. Cette étude a été réalisée sur la base de l'évolution de 13 indicateurs financiers sur six ans, présentés sous forme graphique avec les visages de Chernoff, sous forme de tableau comptable ou de tableau d'indicateurs de ratios (Moriarity, 1979). L'expérimentation de Moriarity auprès d'étudiants et de comptables a montré que les visages donnent de meilleurs résultats que les différents tableaux – comptable et de ratios financiers – au niveau du temps et de l'exactitude de la réponse.

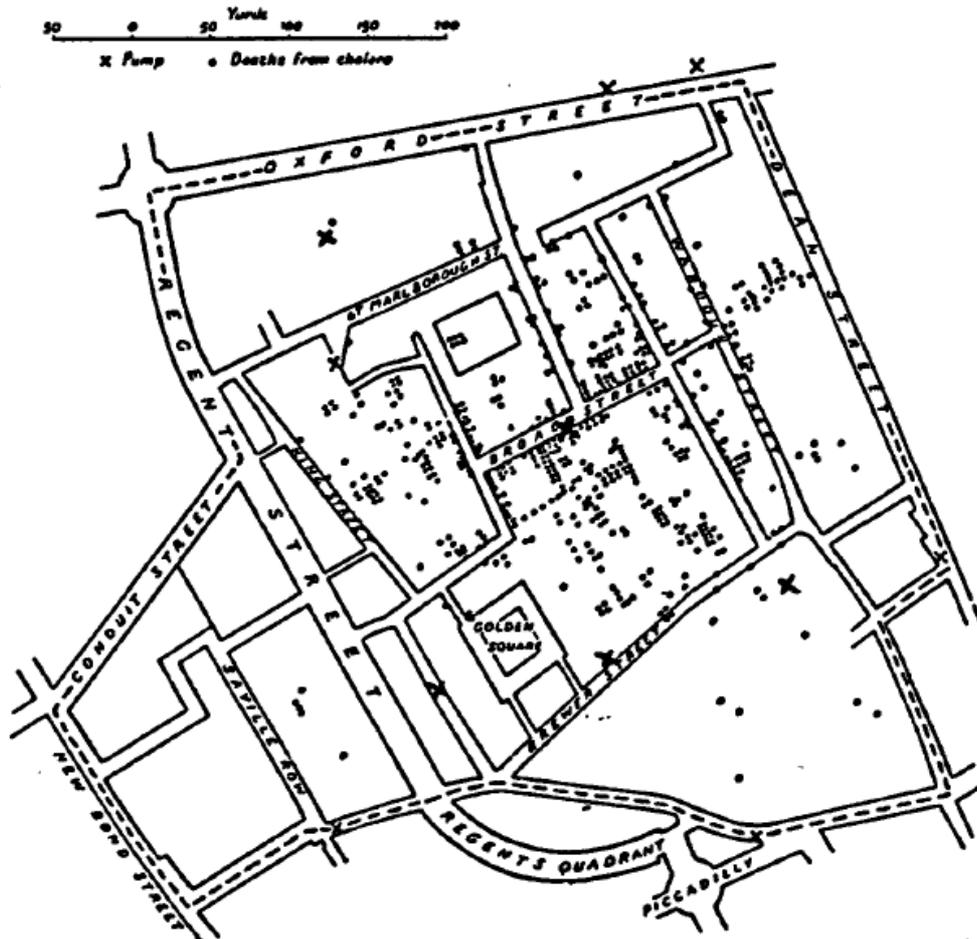
### Diagramme n° 3 : Représentation de données quantitatives à l'aide de visages



Source : Chernoff (1973)

S'il est établi que le graphique peut être préférable au texte dans le cadre de certaines tâches, celui-ci peut également s'avérer préférable aux calculs. Ceci est montré par Tufte (1983), qui cite l'exemple de la carte des cas de choléras de Snow (voir le graphique 3). Durant l'hiver 1854, une épidémie de choléra a affecté la ville de Londres. Un médecin du nom de John Snow a décidé de dessiner une carte du quartier où se situaient les cas de cette maladie ; il y a représenté les rues, les points d'eau et les cas de choléra. Cette carte sous-tendait le point de vue défendu par Snow, donnant lieu à débat car considérant que la cause de la contamination était l'infection de sources d'eau. Avec cette carte, Snow a pu montrer que tous les cas se situaient autour de la même source et le remplacement de la pompe infectée a permis de mettre fin à l'épidémie. Tufte en a déduit concernant cet exemple que « *l'analyse graphique sert plus efficacement les données que le calcul* » (Tufte, 1983, p. 24).

## Carte n° 2 : La carte des sources d'eau et des cas de choléra du docteur Snow



Source : Meyer (1991) reprenant le dessin du docteur Snow, cité par Tufte (1983, p. 24)

Cheng (2002) développe également

équations dans certaines situations, en prenant l'exemple d'une schématisation imaginée par ses propres soins afin de représenter des lois et des règles en matière d'électricité. Ainsi, en plus de la schématisation répandue des circuits électriques, il propose d'utiliser une représentation géométrique, dans le cadre de laquelle les solutions à un problème posé peuvent être directement visualisées. Il apparaît par exemple que les étudiants qui utilisent les graphiques géométriques apprennent davantage et sont plus aptes à résoudre des problèmes complexes et des questions avec des contraintes multiples que ceux qui travaillent sur des équations. Cela s'explique notamment par la réduction des étapes du raisonnement, laquelle avait également été démontrée par Larkin et Simon (Larkin et al., 1987) au sujet d'un problème physique.

#### 4. Une abstraction accrue

Les graphiques incitent à une certaine abstraction en oubliant des détails pour définir une vue d'ensemble généralisable, ce qui est caractéristique de la démarche scientifique (Smith, Best, Stubbs, Johnston et Archibad, 2000). Ils permettent d'éviter d'être noyé par les données et de dégager de grandes tendances. Ils facilitent le traitement des données en rendant plus claires les classifications et les comparaisons pertinentes (Bertin, 1977).

Cheng (2002) montre que la conception d'un graphique géométrique, en permettant un niveau d'abstraction plus important que la simple représentation d'un circuit électrique, facilite la résolution d'un ensemble de problèmes électriques. De même, Hankins (1999) fait référence à un auteur du nom de Gibbs qui s'est intéressé au rôle des graphiques dans l'étude de la thermodynamique des fluides. Cet auteur considère que cet outil a permis de conceptualiser et de visualiser les relations entre des variables abstraites en thermodynamique.

Cette abstraction se retrouve dans le passage d'objets réels à une représentation graphique de ceux-ci et de leurs interactions :

*« Faire ce montage de boutons et ficelles, c'est discrétiser en éléments simples une réalité continue et complexe. Mais dans ce travail même, c'est-à-dire, dans la diachronie de la figuration, il peut y avoir passage d'une discrétisation grossière à une discrétisation fine rétablissant une quasi-continuité. Le modèle (M), – modèle de représentation – peut alors fonctionner, malgré l'extrême réduction structurale dont il résulte, comme un modèle analogique. La structure, considérée comme structure matérielle et constituée d'un assemblage d'objets ayant une forme (les barres, éléments discrets), peut, grâce à sa relative simplicité, être aussi considérée comme structure abstraite d'interactions faciles à affiner pour entraîner un « modelage » de la poutre et des contraintes » (Tabouret, 1975, p. 12).*

## 5. Des vertus scientifiques

*« La science a devant elle deux obstacles qui entravent sa marche : c'est d'abord la défectuosité de nos sens pour découvrir les vérités, et puis l'insuffisance du langage pour exprimer et pour transmettre celle que nous avons acquises. L'objet des méthodes scientifiques est d'écartier ces obstacles ; la Méthode graphique atteint mieux que toute autre ce double but. En effet, dans les recherches délicates, elle saisit des nuances qui échapperaient aux autres moyens d'observation ; s'agit-il d'exposer la marche d'un phénomène, elle en traduit les phases avec une clarté que le langage ne possède pas » (Marey, 1885, p. i).*

En évoquant la conception de listes et de hiérarchies (arbres), Goody (1977) montre qu'en passant d'un discours oral à une représentation graphique nous nous trouvons dans la nécessité d'effectuer une classification des concepts employés. Nous inscrivons des concepts dans des colonnes. Avec ce processus de formalisation, nous sommes amenés à nous interroger sur les relations et la catégorisation des concepts. Par ailleurs, le développement d'une science passe par un effort de classification afin de baliser le champ de recherche ; et à ce titre les listes, tableaux ou arbres de classification jouent un rôle de formalisation des connaissances scientifiques (Dagognet, 1999) :

*« la classification, où qu'elle opère, constitue une opération trop importante pour qu'elle puisse être réglée aisément. La découverte d'un ordre, d'une architectonique, la possibilité de tout enregistrer et styliser, le rappel immédiat de ce large ensemble, la mise en évidence de corrélations ou de rappels, cette systématisation ne peut pas s'effectuer en un tour de main. Rappelons encore qu'elle conditionne toute invention, quand elle n'est pas l'invention en elle-même (en chimie, à partir de Mendeleïev, on ne classe plus ce qu'on connaît mais le savoir découle de la classification). N'importe quel travail, scientifique ou littéraire, traverse une bibliographie, suppose le répertoire ordonné et rigoureux de ce qui a été établi jusqu'alors et de ce qui ne l'a pas été » (Dagognet, 1999, p. 242)*

Dans l'accroissement des connaissances scientifiques, le graphique joue un rôle tout aussi important que la classification. Ainsi, Hankins (1999) décrit les origines d'un graphique chiffré, le nomogramme, et l'utilisation qui en est faite par un scientifique du nom de Henderson, qui effectue ses recherches à Harvard et a étudié le sang comme une

« substance physico-chimique ». Le nomogramme lui a permis de décrire le système chimique du sang, qui est un système compliqué. Ce graphique permet de formaliser un grand nombre de relations qui serait difficilement représentable sous une autre forme. Il joue ainsi un rôle de cartographie qui permet d'accéder à des connaissances objectives et ainsi de développer certains raisonnements :

*« For the first time in history Henderson's nomogram of the blood enables us to get a specific functioning living organic process before us in explicitly, detailed, unified terms.... It is no longer necessary to take one bit of information concerning life from here, and another bit from there and run the risk of begging the question concerning philosophical implication, in the manner in which one fits the details together. We can begin with an objectively presented graph of a biological system, with its major chemical constituents specified and organized as nature has actually compounded them... Such is the significance of Henderson's nomogram of the blood for the philosophy of the organism »* (Northrop, 1931, pp. 172, 175-176, cité par Hankins, 1999).

Les bénéfices des graphiques chiffrés d'un point de vue scientifique sont explicités par Hankins, qui remarque que ceux-ci donnent : *« les graphiques permettent d'observer des régularités et des anomalies dans les données qui sont très difficiles à détecter dans un tableau de chiffres (...) Pour Humboldt l'avantage des graphiques est leur capacité à lisser l'aléa des mesures provenant de la terre, des océans, et de l'atmosphère. Ils lui permettent de montrer les régularités qui résident derrière les variations chaotiques de ses mesures et par conséquent de créer une véritable physique de la terre. Pour les ingénieurs du Corps des Ponts et Chaussées l'avantage des graphiques réside dans le calcul rapide qu'ils rendent possible. Calculer le coût des coupures et du remplissage pour le système ferroviaire français aurait été une tâche décourageante qui n'aurait pas été effectuée dans les temps sans les méthodes graphiques »* (Hankins, 1999, p. 78).

Enfin, le point de départ d'une nouvelle discipline ou d'un nouveau paradigme en science peut passer par la formulation de nouveaux graphiques qui définissent une nouvelle vision des données disponibles et donnent ainsi accès à des informations différentes :

*« Playfair and Marey probably claimed more for their graphs than was justified, and yet tables and graphs have often provided insights that the scientists employing*

*them had not expected. For example, Gibbs began his work in thermodynamics with the stated purpose of creating a better graph. He thought graphically and sought a graphical solution to the problems of his scienc (...). Gibbs saw his first task as making a better graph, which then allowed him to mathematize and transform the entire science of thermodynamics in a profound way. Likewise, Dmitrii Mendeleev first created his periodic table because he was writing a textbook and needed a straightforward way to organize the disparate parts of chemistry for his students. In the process he saw that began as a purely descriptive table would allow him to make important predictions about atomic weights and the existence of other undiscovered elements » (Hankins, 1999, pp. 78-79).*

#### **D. Une communication aux possibilités accrues**

Après avoir remarqué que la fonction d'enregistrement de l'information des représentations graphiques constitue « le premier stade de la communication », Bertin évoque la deuxième fonction du graphique qui est de « communiquer l'information ». Les dessins correspondant à cette deuxième catégorie sont « des dessins simplifiés ou « messages » » par opposition aux « dessins d'inventaire ». Cette opposition avec la première fonction est liée au rôle dévolu à la mémoire. Alors que le dessin d'inventaire pallie la mémoire individuelle en créant une mémoire externe, les dessins simplifiés s'adaptent aux capacités de la mémoire : « *la représentation graphique doit fournir les moyens de retenir une information à l'aide de la mémoire visuelle. Le plan et les signaux visuels sont utilisés pour communiquer une information, pour créer une image mémorisable qui inscrive l'ensemble de l'information dans le champ des connaissances acquises* » (Bertin, 1977 [1967], p. 162).

Ivins (1985) et Ferguson (1985 [1938]) ont mis l'accent sur un aspect essentiel du graphique en tant qu'élément de diffusion de théories ou de techniques, à savoir la possibilité de dupliquer un graphique sans en modifier les éléments. Un graphique doit conserver sa cohérence interne et ses caractéristiques formelles lorsqu'il est diffusé, afin que son interprétation soit la même pour tous. Il a pu ainsi devenir un outil de communication de plus en plus scientifique :

*« Les caractéristiques les plus marquantes de la représentation par l'image en Europe depuis le XIV<sup>ème</sup> siècle ont été d'une part son naturalisme toujours grandissant et d'autre part ses prolongements purement schématiques et logiques. J'estime que ces deux caractéristiques sont dues pour une grande part au développement et à la diffusion des méthodes qui ont fourni à la fois des symboles répétables sous une forme invariable pour la représentation des perceptions visuelles et une grammaire de la perspective qui permet d'établir des relations logiques non seulement au sein du système de symboles, mais entre ce système et la forme ou la position des objets qu'il symbolise » (Ivins, 1985 [1988], p. 36).*

La communication par le biais des graphiques est également simplifiée du fait que ceux-ci exigent un besoin de connaître un domaine pour prendre certaines décisions qui est moindre par rapport au cas d'un texte ou d'un tableau. La schématisation limite en effet l'utilisation de termes techniques et permet de se focaliser sur la cohérence du graphique. Elle donne à voir ce qui ne peut être exprimé verbalement, comme cela a été dit précédemment. Elle permet en outre de faire comprendre une situation sans que cela ne nécessite la connaissance préalable de certains termes techniques. Elle joue ainsi un rôle pour les deux parties prenantes de la communication. En effet, Moriarity (1991) a montré que des étudiants sans connaissance comptable préalable prennent des décisions financières plus justes avec des visages de Chernoff, où il n'y a pas de notions comptables sur le dessin mais dans la légende, par rapport à une situation impliquant des tableaux de ratios financiers. Les possibilités de communication sont enfin accrues grâce aux graphiques, selon Meyer (1999), dans la mesure où ils offrent souvent des informations en quantité plus abondante et de manière plus significative que ne le fait la forme verbale. Il est cependant nécessaire de prendre conscience d'un certain nombre de limites liées à leur emploi.

### **III. Les restrictions à l'emploi des graphiques**

Si les représentations graphiques possèdent de nombreuses propriétés qui en font des outils utiles pour le processus cognitif, il existe un certain nombre de contraintes à prendre en compte. Celles-ci sont de deux sortes. Elles sont liées à la représentation de la réalité qu'elles offrent et au processus d'interprétation qu'elles induisent. Dans la première catégorie, son niveau de simplification et son statut de preuve sont ainsi discutés. Dans la deuxième catégorie, se sont les connaissances nécessaires à leur utilisation, son influence sur les interprétations possibles et les limites liées à la perception qui font l'objet d'analyses.

#### **A. La détermination des interprétations possibles**

Plusieurs articles montrent que la présence d'un graphique incite à mettre en œuvre certains types de raisonnements cognitifs au détriment d'autres qui peuvent être plus adaptés à la situation (Goody, 1977 ; Zhang, 1997). En particulier, deux courants de recherche mettent en évidence ce phénomène : l'un en anthropologie et l'autre en psychologie cognitive.

En anthropologie, Goody (1977) montre les effets néfastes des tableaux ou des listes dans l'interprétation d'une culture. A cette fin, il reprend des tableaux et des listes qui ont permis à des anthropologues de montrer le système symbolique sous-jacent à certaines cultures. Or, d'après Goody (1977), nous ne pouvons pas considérer que les liens implicites ou explicites établis par les tableaux ou les listes entre les différents concepts – opposition si colonne différente et similarité si même colonne – sont vrais dans n'importe quelle situation. Cette généralisation n'est pas possible si nous reprenons les discours oraux des personnes appartenant à une culture donnée. Ceux-ci montrent que les éléments qu'ils considèrent comme s'opposant ou s'accordant dans certaines situations n'est plus valable dans d'autres. Cette nuance est perdue dans le cas d'un écrit plus abstrait, comme le tableau ou la liste :

*« One the features of the graphic mode is the tendency to arrange terms in (linear) rows and (hierarchical) columns in such a way that each term is allocated a simple*

*position, where it stands in a definite, permanent, and unambiguous relationship to the others. Assign a position, for example, to “black” and it then acquires a specific relationship to all the other elements in the “scheme of symbolic classification » (Goody, 1977, p. 68).*

Olson (1977) s'intéresse, tout comme Goody (1996), à l'apport de l'écrit pour un langage au préalable uniquement oral. Il montre que la structure de la forme écrite du langage - qu'il nomme script - exerce une influence sur ce qui est perçu et analysé. Ce que ne montre pas le script au niveau de la syntaxe ou de la sémantique ne devient pas conscient pour ceux qui l'utilisent : *« the models provided by our script tend to blind us toward other features of language which are equally important to human communication but for which the script provides no adequate model » (Olson, 1977, p. 100).*

En psychologie cognitive, ce biais de restriction des interprétations provenant de graphiques et amenant à des choix erronés dans certaines situations est montré par le biais d'expérimentations. Selon la forme sous laquelle se présente le problème, la stratégie de résolution du problème n'est pas la même (Novick et al., 1999). Novick, Hurley et Francis (1999) partent de l'absence de neutralité de la forme graphique dans la résolution d'un problème pour poser la question de la capacité des individus à choisir le bon graphique selon le type de problème en cause. Le problème est présenté sous forme verbale et le sujet possède le choix entre plusieurs graphiques pour le résoudre – matrice, réseau et hiérarchie. Un seul de ces graphiques est particulièrement adapté au problème dans chaque cas. Les auteurs montrent que le bon graphique est plus souvent choisi si les graphiques ont été précédemment appliqués à des catégorisations générales de problèmes plutôt qu'à des exemples concrets de problèmes (Novick et al., 1999).

Zhang (1997) parle de déterminisme représentationnel (*« representational determinism »*) pour évoquer le cheminement cognitif biaisé qui est induit par la forme graphique sous laquelle se présente un problème. Ce biais intervient à plusieurs niveaux :

*« for novel and discovery tasks, whose abstract structures are not known, the format of a representation can determine what information can be perceived, what processes can be activated, and what structures can be discovered from the specific representation. This is called representational determinism. Without the change of*

*representational forms, some portion of the task space may never be explored and some structures of the task may never be discovered, due to various constraints such as the complexity of the environment and the limitations of the mind » (Zhang, 1997, p. 213).*

Ce questionnement autour des biais induits par une représentation graphique non faussée en comptabilité réapparaît avec l'application de graphiques à des tâches d'évaluation et de comparaison de la situation financière de différentes entreprises (Beattie et Jones, 2002 ; Payne, 1982). En reprenant le modèle de Payne (1989), lequel montre que le choix d'une stratégie se fait en fonction d'un arbitrage coût/bénéfice, Jarvenpaa (1985) affirme que le processus de résolution d'un problème comprend deux étapes qui s'adaptent à cette volonté d'arbitrage entre d'une part le fait d'économiser l'effort cognitif et d'autre part celui d'obtenir un résultat comportant un minimum d'erreurs. Les sujets de l'expérimentation montrent que s'il existe une incohérence entre la forme graphique et la tâche demandée, un changement de stratégie entre l'acquisition d'informations et l'évaluation des informations pour prendre la décision est mis en œuvre. En effet, si les comparaisons au sein de chaque graphique ne permettent pas d'établir les choix nécessaires à la décision, la phase d'acquisition des informations tient compte de ces comparaisons et la phase d'évaluation s'adapte à la tâche. Ceci permet de procéder à l'arbitrage coût/bénéfice au niveau de chaque phase.

Jarvenpaa relativise ce qui a été dit au sujet de la représentation déterministe dans le cas de représentations de données simplifiées, à savoir des diagrammes en barres. Si le processus cognitif est modifié pour s'adapter à la forme sous laquelle sont présentées les données, le résultat n'en est pas pour autant biaisé dans la mesure où toutes les données nécessaires sont présentes. En effet, l'expérimentation effectuée ne montre pas une baisse de la qualité de la réponse, mais simplement une augmentation du temps de réponse lorsque le graphique n'est pas adapté à la tâche, par rapport à une situation dans laquelle le graphique est cohérent avec cette dernière.

## **B. Un objet susceptible d'être faussé : un élément de preuve contestable**

Bastide (1985) fournit un exemple d'analyse de sémiologie graphique appliqué à un article scientifique. Il considère que l'ensemble des composantes d'un article constitue un « dispositif de visualisation ». Il convient ainsi de s'intéresser à l'interaction entre le graphique et le texte : « *nous concluons que dans le double mouvement des illustrations au texte et du texte aux illustrations, la photographie joue le rôle de garantie, et assure l'enchaînement des différentes étapes du dispositif de visualisation, de sorte que celui-ci apparaisse linéaire et homogène. Elle joue ainsi un rôle de mémoire, pour le malheur des suspects de fraude et d'erreur* » (Bastide, 1985, p. 137). Ce rôle de preuve ne peut en revanche être joué par un graphique, autre que la photo, en raison de son côté manipulable : « *Tableaux et graphiques sont des constructions des auteurs, ils n'ont pas le caractère d'authenticité de la photographie d'un enregistrement fourni par un appareil automatique qui offre au lecteur une garantie contre l'intervention de l'auteur* » (Bastide, 1985, p. 141).

## **C. Une réduction excessive de la complexité de l'objet étudié**

Trois grandes catégories de limites peuvent être évoquées. Une première limite provient de la disposition des termes de manière permanente, qui invite à établir des relations générales alors que celles-ci ont une raison d'être qui dépend d'un certain contexte :

« *One the features of the graphic mode is the tendency to arrange terms in (linear) rows and (hierarchical) columns in such a way that each term is allocated a simple position, where it stands in a definite, permanent, and unambiguous relationship to the others. Assign a position, for example, to "black" and it then acquires a specific relationship to all the other elements in the "scheme of symbolic classification" »* (Goody, 1977, p. 68).

Pour évoquer cette limite, Goody (1977) utilise le terme de sur-spécialisation :

« *The process at work here could be called one of over-specialisation, and one can see quite clearly how it operates. In an oral discourse it is perfectly possible to*

*treat 'dew' as a thing of the earth in one context and a thing of the sky in another (...) The very fact that it is placed in a list which is abstracted from the context of ordinary speech gives the result of this choice a generality which it would not otherwise have had; the possibility of choice is now radically reduced because the item is placed in a prestigious list which may be 'authorised' by political and religious forces » (Goody, 1977, pp. 105-106).*

Une seconde limite est liée aux relations non nuancées entre les concepts. Dans le cas de la liste, nous ne retrouvons que des relations binaires : soit les éléments de la liste se trouvent dans une relation d'opposition, soit ils sont dans une relation de similarité :

*« The construction of a Table of Opposites reduces oral complexity to graphic simplicity, aggregating different forms of relationship between "pairs" into an all-embracing unity. The contradictions in this situation are realised and exploited by Aristotle, as Lloyd points out in his excellent analysis of Greek forms of argument. Aristotle discussed the problem of the isolation of elements by the Platonic method of Division and brought out the complexities of the relationship of "similarity" and "opposition" ("same", "like", "other", "different", "contrary" and "contradictory"), thus clarifying logical procedures. In other words, while these tables neglected to differentiate between the various kinds of opposites that existed in oral discourse, they led Aristotle to formulate these distinctions which in turn laid the basis of the Square of Opposition and hence of the Law of Contradiction and the Law of Excluded Middle (...) Lloyd rightly notes that "the extent to which present-day primitive peoples themselves consciously formulate the system that underlies their dualist beliefs is often difficult to determine from the reports of the anthropologists. Neat Tables of Opposites... generally represent the fieldworker's own analysis of a complex series of beliefs and practices, rather than a verbatim report of the notions entertained by a particular member of the society investigated" (1966: 63). Certainly, as manifest models of communicative acts these tables leave much to be desired, more particularly when they take a purely binary form. I would go further and ask whether such systems do not "overlay" rather than "underlie", noting that in a number of cases the "fieldworker" are in fact commenting on published material about a language, a semantic system, that is unknown to them (as indeed to me) » (Goody, 1977, pp. 70-71).*

Le graphique peut ainsi amener à une généralisation excessive des savoirs et à perdre certaines nuances dans les relations entre les concepts. La troisième catégorie de limites est liée à la réflexion à partir d'un plan à deux dimensions. Ferguson (1985) évoque les limites inhérentes au graphique et qui rendent le modèle, dans le sens de prototype, plus efficace dans la compréhension du fonctionnement d'une machine. La représentation d'un objet technique pâtit de la nécessité de représenter un objet en trois dimensions avec seulement deux d'entre elles. Pour Ferguson (1999 [1990]), cela laisse subsister un doute sur l'interprétation des rapports dans l'espace des différentes pièces qui composent l'objet technique. Cette réduction des dimensions de l'objet oblige l'observateur à adopter une interprétation de ce qui est - interprétation également sur les mouvements possibles de la machine. Une autre limite soulevée du dessin par rapport au prototype est le côté statique de ce premier.

Nous nous demanderons ainsi quel est le degré d'opérationnalisation qu'offre le schéma, en montrant s'il sert de dispositif « fermé ». Nous emploierons à cette fin la terminologie de Le Moigne (1999 [1990] ; 1999). Il donne deux sens à ce terme, à savoir celle d'une représentation de phénomènes à partir d'« *un très petit nombre de dimensions commensurables – taille ou longueur, durée, poids ou volumes, débits* » (Le Moigne, 1999 [1990], p. 20) ou à travers la présence d'une forme fermée délimitant le contour du graphique – cercle, triangle, rectangle, ellipse etc. Dans ce deuxième sens, il y a l'idée d'une forme qui n'invite pas à introduire de nouvelles relations ou de nouveaux concepts. Le graphique donne une impression de complétude qui n'incite pas à le discuter et l'enrichir. Nous noterons que la forme en triangle est très répandue en science car elle correspond à une disposition des éléments sous forme d'arborescence. En ce qui concerne les représentations faisant apparaître un faible nombre de dimensions, nous remarquerons qu'elles sont déjà partiellement prises en compte lorsque nous distinguons les diagrammes, les réseaux et les cartes des schémas. Ces derniers peuvent s'adapter plus aisément à la prise en compte d'un grand nombre de dimensions en raison de l'absence de contrainte dans la représentation. Nous considérerons qu'un schéma est fermé lorsqu'il a une forme géométrique ou plus généralement lorsqu'il ne propose pas de relation vers des éléments indéfinis, vers un espace sans concepts. Un exemple de schéma fermé est le graphique

« input / ouput » qui représente l'organisation comme une boîte noire avec des flux entrants et sortants. Il permet d'imaginer toutes sortes d'éléments entrants ou sortants.

<b>Variables :</b> schéma fermé / schéma ouvert
---

#### **D. Des connaissances nécessaires à la conception et à la compréhension des graphiques**

Pour pouvoir représenter un objet et comprendre un dessin, des connaissances sont nécessaires. Certaines d'entre elles concernent l'objet qui est représenté, alors que d'autres sont relatives à la manière de représenter l'objet. En ce qui concerne le premier domaine de connaissances, certains auteurs comme Lohse, Biolsi, Walker et Rueter (1994) mettent en avant le problème de la perception des informations contenues dans le graphique si l'objet est inconnu. Des novices dans un domaine risquent de ne pas savoir « *identifier les zones spécifiques de la représentation qui contient des informations critiques* » (Ferguson, 1985, p. 47). En ce qui concerne le deuxième domaine de connaissances, Ferguson (1985) évoque la nécessité de connaître les « *conventions utilisées dans cet art* » (Ivins, 1985 [1938], p. 191) et Ivins (1985 [1938]) fait référence à la nécessité de connaître un système de symboles et une grammaire qui les relie afin de pouvoir utiliser un graphique. « *Faute de tels symboles ou d'une telle grammaire, la réflexion devient une tâche trop lourde pour pouvoir être menée bien loin* » (Ivins, 1985 [1938], p. 31).

Il est ainsi nécessaire de posséder des connaissances dans les deux domaines décrits pour que le graphique fournisse une signification utile à l'observateur, comme l'affirme Ivins : « *Les mots comme les symboles n'ont d'autre sens que ceux qu'ils tirent d'une convention générale ou d'un accord spécifique associés à des reconnaissances nées de l'expérience concrète ; ils sont donc incapables de transmettre une information sur un objet à des gens qui ne connaissent pas d'abord les caractéristiques de cet objet* » (Ivins, 1985, p. 32).

Les visages de Chernoff (1973) constituent des outils graphiques qui facilitent l'analyse de données dans la mesure où ils s'apparentent à une forme graphique qui fait

appel à notre connaissance commune des caractéristiques du visage et des variations de leurs différents éléments, que ce soit par la vue directe ou par l'image que nous en avons via les caricatures ou bandes dessinées. Une forme même très schématisée du visage suffit dès lors à induire des réactions émotionnelles et donc à faciliter la détection des variations importantes des données : « *people grow up studying and reacting to faces all of the time (...) Experience with caricatures and cartoons would seem to indicate that the need for realistic faces on pictures is not great and that lack of realism is compensated for, at least in part, by the ability to caricaturize* » (Chernoff, 1973, p. 363).

L'architecte Tabouret montre qu'une expérience en matière d'utilisation de matériaux et de formes particulières et des représentations graphiques est nécessaire au métier d'architecte:

*« Le montage ne peut être défini par une recette plus ou moins formalisée. C'est le résultat d'un travail « de la main de l'auteur », rendu possible parce que le bricoleur a une pratique personnelle. Il a « manié et démonté » des structures triangulées, expérimenté et représenté le fonctionnement des barres et surtout de leurs assemblages. Pour les structures massives, même si des méthodes plus classiques – calculs analytiques – étaient suffisantes, il a, chaque fois que possible, opéré une confrontation des modèles (M) et (M2). Massifs de fondation, parois de silos, raidisseurs de murs de soutènement ou contreventements de bâtiment ont chaque fois fait, de ma part, l'objet d'une figuration graphique modélisante. Butons et ficelles figurés me sont connus et du fait de leurs relations intra-structurales d'origine, et du fait de leur réemploi comme éléments de divers montages. On retrouve l'indication de Lévi-Strauss qu'il n'y a pas de bricolage sans pratique du bricoleur. La figuration graphique en est ici le lieu et la condition de mémorisation » (Tabouret, 1975, p. 10).*

## **E. Des limites liées à la perception qui conditionnent l'interprétation**

S'il existe une limite en termes de groupes de données qui peuvent être mémorisés, les graphiques permettent de regrouper différemment les informations et de constituer des groupes plus importants que ceux provenant d'un langage verbal. La façon de regrouper les

données a été développée par la théorie psychologique de la forme (*Gestalt*), qui a notamment défini un certain nombre de propriétés graphiques qui incitent à regrouper des éléments entre eux – la proximité, la continuité, la similarité et l’orientation. Par ailleurs, il existe d’autres propriétés qui incitent à une vision homogène d’éléments graphiques. Peuvent ainsi être distinguées des dimensions « séparables » et des dimensions « intégrables » (Kosslyn, 1985). La hauteur et la largeur constituent des dimensions intégrables (Hollands, 2003) et nous observons parfois une variation concomitante de ces deux dimensions pour représenter la variation d’une seule donnée.

La question des dimensions séparables et intégrables pose en outre le problème de la confusion visuelle qui peut résulter du choix de dimensions intégrables pour représenter des catégories de données très distinctes. C’est ce qu’a montré Hollands en comparant la performance de diagrammes en barres et de diagrammes de secteurs<sup>1</sup> lorsqu’il s’agit de comparer des proportions et des échelles au sein d’une série temporelle. Dès lors, nous observons à la fois une représentation de proportions (section d’une barre ou d’un diagramme de secteurs) et une représentation d’une échelle (hauteur et surface d’une barre ou surface d’un secteur). Il s’avère qu’il est plus facile de comparer à la fois des proportions et des échelles avec des camemberts de volume différent plutôt qu’avec un diagramme exposant des barres de longueur différente. Ceci s’explique par la possibilité d’utiliser des dimensions séparables du graphique dans le premier cas – angle et volume – et non dans le second où les dimensions sont intégrables – longueur et volume.

En présentant les avantages et les limites cognitives des graphiques, nous avons montré certains enjeux généraux des graphiques pour le lecteur. Nous venons également de proposer un ensemble de variables qui permettront d’avoir une codification de l’ensemble des graphiques rencontrés dans la *HBR* et de les analyser dans une perspective historique.

---

<sup>1</sup> Ils sont également dénommés diagrammes circulaire ou camemberts.

