

Une approche cognitive et classificatoire des graphiques

« The heart of all major discoveries in the physical sciences is the discovery of novel methods of representation, and so of fresh techniques by which inferences can be drawn – and drawn in ways which fit the phenomena under investigation »

(Toulmin, 1953, p. xxx, cité par Macdonald-Ross, 1977)

Notre analyse des graphiques se situe dans la perspective de l'étude d'un langage sous forme écrite qui possède des avantages par rapport à un langage purement oral. Premièrement, la représentation graphique peut être considérée comme un langage, si l'on considère comme langage tout système de représentation utilisant d'une part une sémantique – à savoir une mise en relation univoque de signifiants et de signifiés – et d'autre part une syntaxe – c'est-à-dire un ensemble de règles de construction de nouveaux signifiés par l'agencement de signifiants. En effet, Bertin (1973 [1967]) a défini des règles pour une partie des graphiques, qu'il nomme « la graphique » et qui correspond aux représentations pour lesquelles toutes les coordonnées sur un plan sont définies mathématiquement; ces représentations étant également appelées représentations cartésiennes, diagrammes, réseaux ou cartes.

Deuxièmement, des études anthropologiques (Goody, 1977, 1994 [1993]) et linguistiques (Gelb, 1973 [1952] ; Harris, 1986, 1989) ont montré que les langages verbal et écrit ne possèdent pas les mêmes propriétés cognitives. Le langage écrit possède des propriétés supplémentaires qui proviennent de la forme et de la disposition des mots sur une feuille. Certains auteurs ont remis en cause le principe de neutralité de l'aspect graphique dans le raisonnement cognitif. Est ainsi remise en cause l'affirmation d'Aristote selon laquelle : « *Les mots parlés sont les symboles de l'expérience mentale et les mots écrits sont les symboles des mots parlés* » (Aristote, dans le chapitre introductif de *De Interpretatione*, cité par Gelb (1952, p. 13)). Ce changement est intervenu avec l'accent mis sur l'étude des signes et la tentative de définir les lois qui les régissent (objectif de la sémiologie) : « *I agree entirely with the linguists who believe that fully developed writing*

became a device for expressing linguistic elements by means of visible marks » (Gelb, 1952, p. 13).

A ainsi été étudiée par des linguistes comme Gelb (1973 [1952]) l'évolution des formes d'écriture depuis les pictogrammes, qui sont considérés comme les « avant-courriers de l'écriture » (Gelb, 1973 [1952], p. 29) jusqu'au langage moderne, qui est plus abstrait et se rapproche davantage du langage oral. Ce dernier présente en effet une décomposition croissante du langage en des éléments évoquant une sonorité différente, avec le passage successif par des systèmes logo-syllabiques, des écritures syllabiques puis des systèmes d'écriture faisant appel à un alphabet, compris comme un « système de signes exprimant les sons isolés de la langue » (Gelb, 1973 [1952], p. 185). Gelb, en retraçant les liens entre ces diverses langues diachroniques à partir de leurs systèmes d'écriture, expose les principes selon lesquels ils ont évolué. Ces systèmes de signes ont tendance à évoluer selon des principes d'efficacité cognitive, comprennent notamment des signes de plus en plus facilement mémorisables et offrant des possibilités accrues de combinaisons sans avoir à en créer de nouveaux. L'auteur nomme l'étude de ces systèmes de signes la « *grammatologie* ».

L'écrit ne constitue ainsi pas un élément accessoire par rapport au langage oral, comme nous le montrent également Zhang et Norman (1995) en utilisant la représentation des chiffres dans plusieurs civilisations. Cet exemple témoigne du fait que les capacités cognitives nécessaires et le mode de raisonnement ne sont pas les mêmes selon le mode de représentation. La décision d'adopter un système particulier de représentation des chiffres impose de nombreux choix qui ont des conséquences différentes sur le processus cognitif. Ceux-ci concernent le nombre de dimensions choisies pour représenter les chiffres : si pour toute incrémentation d'un nombre donné d'un chiffre égal à un nous ajoutons une barre à la représentation, alors nous n'obtenons qu'une dimension. Nous choisissons ensuite les catégories de perception permettant de représenter ces dimensions – dans l'exemple précédent nous avons sélectionné la quantité mais il est également possible de choisir la position ou la forme du chiffre. Puis nous choisissons une base. Le système hindou-arabe que nous utilisons actuellement repose sur une base 10, le système babylonien sur une base 60. Enfin, nous choisissons les symboles – une barre dans l'exemple précédent. Ces différents choix auront un impact sur le processus cognitif en raison de la quantité de

connaissance nécessaire. Cette dernière dépend de la quantité de symboles utilisés, de la perception d'agencements simples des chiffres pour des calculs et du nombre plus ou élevé de la base choisie.

Dans ce chapitre, nous établirons dans un premier temps des classifications de graphiques faisant référence soit à la forme et à la structure des graphiques soit à leur fonction. Cette première partie permettra également de définir les variables retenues dans le cadre de notre analyse quantitative des graphiques parus dans la *HBR* (I). Dans un second temps, les aspects bénéfiques du graphique sur le processus cognitif et les contraintes liées à leur utilisation seront exposés. Ceci nous permettra de mieux comprendre les enjeux de l'utilisation des graphiques (II).

I. Une approche structurelle du graphique

Dans le cadre de notre analyse, nous partirons d'une analyse sémiologique des graphiques, à savoir la « *science qui étudie les systèmes de signes* », d'après *Le petit Robert* (2003). Ceci permettra de s'intéresser au langage graphique (A) puis d'avancer certaines classifications. Ces dernières seront ensuite distinguées selon qu'elles font référence à la structure des graphiques, à savoir leur forme et leurs composantes, ou aux différentes fonctions qui leur sont dévolues (B). Notre démarche nous conduira ainsi à faire référence aux différentes classifications des graphiques qui ont été opérées en explicitant les choix effectués. Ceci nous permettra d'explicitier les critères retenus pour notre analyse des graphiques ; critères à la fois relatifs à leur forme et aux fonctions¹ (C). Enfin, nous nous intéresserons à l'évolution des formes graphiques (D).

¹ Les variables retenues pour l'analyse quantitative des graphiques seront indiquées dans des encadrés.

A. La spécification du langage graphique

Il convient dans un premier temps de catégoriser les graphiques en tenant compte des différents signes visuels qui peuvent être utilisés, de leur signification et de leur syntaxe entre deux. Il sera ainsi fait référence au langage graphique et à son rapport à une référence externe : un objet. Cela permettra de souligner la distinction entre deux catégories de graphiques : ceux relevant de la graphique et ceux relevant du graphisme. Enfin, nous nous intéresserons plus particulièrement aux schémas.

1. La notion de signe et le rapport aux objets

La notion de graphique¹ possède plusieurs synonymes comme ceux d'image ou de dessin. Le géographe et sémiologue Bertin (1977) donne une définition de l'image comme ensemble de signes perçus simultanément :

« On constate que dans certaines constructions l'œil est capable d'englober toutes les correspondances définies par toute identification d'entrée dans un « seul coup d'œil », dans un seul instant de perception. Les correspondances se voient en une seule forme visuelle. Nous appellerons image la forme significative perceptible dans l'instant minimum de vision » (Bertin, 1977, p. 142).

Cette définition met ainsi l'accent sur les séparations et les regroupements de signes qui interviennent au niveau de la perception. Les associations de signes se font selon des règles notamment décrites par la théorie de la forme (*Gestalt*), comme la continuité, la ressemblance ou la proximité. Cette définition de la notion d'image est très large dans la mesure où un mot peut être considéré comme une image. Nous pouvons ainsi distinguer chaque mot grâce à la présence d'espaces. Nous retrouvons cette considération pour le mot sous sa forme écrite, graphique chez certains linguistes et anthropologues (Gelb, 1973 [1952] ; Goody, 1977, 1994 [1993] ; Harris, 1986, 1989).

Le fait d'aborder les graphiques comme des ensembles de signes présente un intérêt, puisqu'il nous incite à nous interroger sur la signification attribuée à chaque signe,

¹ Nous faisons référence au nom masculin. Nous verrons la distinction avec la graphique.

sur la syntaxe entre les signes et sur la référence à des éléments externes. Nous reviendrons dans la partie suivante sur les deux premiers points. Concernant la référence à des éléments externes, le graphique peut être perçu comme plus ou moins iconique, à savoir qu'il peut représenter des objets avec une fidélité plus ou moins grande.

Ainsi, si nous nous référons à l'étymologie du mot *image*, une idée de ressemblance avec un élément externe est présente. Ce terme provient du latin *imaginem*, accusatif de *imago*, qui signifie « représentation, image, copie, comparaison » (*Dictionnaire de l'Académie Française*, 1998). La notion d'iconicité qui fait référence à cette ressemblance est ainsi définie par Moles : il s'agit de la « *grandeur opposée à l'abstraction, (qui) serait, pour ainsi dire, la quantité de réalisme, la vertu iconale, la quantité d'imagerie immédiate, contenue ou retenue dans le schéma. C'est la proportion de concret conservée dans le schéma. L'objet, tel qu'il est, posséderait une iconicité totale, le mot qui le désigne (« le mot chien ne mord pas », dit Saussure) possède par contre une iconicité nulle : telles sont les deux extrémités de l'échelle* » (Moles, 1981, p. 102).

Le graphique se distingue ainsi du langage verbal par un degré d'iconicité plus important. En effet, le mot est une forme importante d'abstraction, qui ne possède plus aucune référence visuelle avec l'objet qu'il désigne. La question de l'existence d'un langage graphique se pose en relation avec ce degré d'iconicité. Par exemple, Paivio (1986), un psychologue qui s'est servi des représentations physiques pour analyser les propriétés des représentations mentales, considère que la « *distinction la plus évidente est que certaines représentations physiques sont du type image et d'autres sont du type langage* » (Paivio, 1986, p. 16). Il catégorise ainsi différentes formes de représentations et explique sa distinction en se référant notamment à la notion d'iconicité :

« Picture-like representations include photographs, drawings, maps, and diagrams. Language-like representations include natural human languages as well as such formal systems as mathematics, symbolic logic, and computer languages. Representational theorists have tried to identify the features that distinguish these two classes of representation. Picture-like representations are variously described as having analogue, iconic, continuous, and referentially isomorphic properties, whereas language-like representations are characterized as being non-analogue,

noniconic, digital or discrete (as opposed to continuous), referentially arbitrary, and propositional or Fregean » (Paivio, 1986, p. 16).

Ainsi, « *la dimension fondamentale de distinction est le degré d'arbitraire de la relation de représentation entre la forme de la représentation et la forme du monde représenté* » (Paivio, 1986, p.17). Moles (1981) propose une classification des graphiques selon cette dimension (voir Tableau n° 1) avec aux deux extrémités l'objet et l'écriture verbale.

Tableau n° 1 : Echelle d'iconicité décroissante de Moles (1981) avec rajout d'une colonne exemples en gestion

Classe	Echelle d'iconicité décroissante			Exemples en gestion
	Définition	Critère	Exemples variés	
12	L'objet lui-même pour se désigner en tant qu'espèce	Mise éventuelle entre parenthèses au sens de Husserl	L'objet dans la vitrine du magasin, l'exposition. Le thème du langage naturel de Swifà Laputa	
11	Modèle bi ou tridimensionnel à l'échelle	Couleurs et matériaux arbitraires	Etalages factices	Représentation d'un outil de production à l'échelle et selon une certaine perspective
10	Schéma bi ou tridimensionnel réduit ou augmenté. Représentation anamorphosée	Couleurs ou matériaux choisis selon des critères logiques	Cartes à 3 dimensions: globe terrestre, carte géologique	
9	La photographie ou projection réaliste sur un plan	Projection perspective rigoureuse, demi-teintes, ombres	Catalogues illustrés, affiches	Photographie d'un bureau
8	Dessin ou photographie dits « détourés » (opération visuelle de l'universel aristotélicien). Profils en dessin	Critères de continuité du contour et de fermeture de la forme	Affiches, catalogues, prospectus, photographies techniques	Représentation d'un bureau en dessinant le contour des personnes présentes et des meubles
7	Schéma anatomique ou de construction	Ouverture du carter ou de l'enveloppe. Respect de la topographie. Arbitraire des valeurs, quantification des éléments et simplification	Coupe anatomique - Coupe d'un moteur à explosion. Plan de câblage d'un récepteur de radio. Carte géographique	Carte de localisation des consommateurs dans un pays, coupe d'un outil de production

6	Vue « éclatée »	Disposition perspective artificielle des pièces selon leurs réactions de voisinage topologique	Objets techniques dans des manuels d'assemblage ou de réparation	
5	Schéma de principe (électrique ou électronique).	Remplacement des éléments par des symboles normalisés. Passage de la topographie à la topologie. Géométrisation	Plan schématisé du métro de Londres. Plan de câblage d'un récepteur de TV ou d'une partie de radar. Schéma unifilaire en électro technique	Représentation de flux (de monnaie, de biens, de personnes et/ou d'information) entre entités
4	Organigramme ou Block schéma.	Les éléments sont des boîtes noires fonctionnelles, reliées par des connexions logiques: analyse des fonctions logiques.	Organigramme d'une entreprise, flow chart d'un programme d'ordinateur. Série d'opérations chimiques.	Organigramme de l'organisation, schéma d'algorithme (ordinogramme), schéma de processus (avec des étapes définies), schéma du type Plan Do Check Act
3	Schéma de formulation.	Relation logique et non topologique dans un espace non géométrique entre éléments abstraits. Les liaisons sont symboliques, tous les éléments sont visibles.	Formules chimiques développées. Sociogrammes.	Diagramme de Venn, arbre de décision, diagramme PERT
2	Schéma en espaces complexes.	Combinaison dans un même espace de représentation d'éléments schématiques (flèche, droite, plan, objet) appartenant à des systèmes différents.	Forces et positions géométriques sur une structure métallique: schémas de statique graphique, polygone de Crémone, représentations sonographiques.	Schéma Plan Do Check Act représenté comme une roue qui descend ou monte une pente
1	Schéma de vecteurs dans les espaces purement abstraits	Représentation graphique dans un espace métrique abstrait, de relations entre grandeurs vectorielles.	Graphiques vectoriels en électrotechnique: triangle de Kapp, Polygone de Blondel pour un moteur de Maxwell, triangle des voyelles.	Courbes de salaire, diagrammes en barres de bénéfices
0	Description en mots normalisés ou en formules algébriques.	Signes purement abstraits sans connexion imaginable avec le signifié.	Equations et formules. Textes.	

Source : Moles (1981)

Cette classification permet ainsi de s'interroger sur le moment de l'apparition d'un véritable langage graphique, avec une syntaxe et une sémantique. Selon Moles, ce langage apparaît au niveau 5, moment où le degré d'iconicité diminue fortement et où la syntaxe entre les différents signes n'est pas directement conditionnée par l'objet représenté. Cette classification nous permettra d'établir une distinction dans le degré d'iconicité des graphiques rencontrés dans la *HBR*. Ainsi, une variable sera définie pour prendre en compte ces différents niveaux. Dans le tableau figurant ci-dessus sont indiqués des exemples provenant de la gestion afin de montrer la codification relativement aisée à l'aide de cette échelle.

Variable : iconicité avec 13 modalités selon l'échelle de Moles
--

2. La graphique, le graphisme et la question du langage graphique

Il convient ici de revenir sur les deux premiers points de l'étude des images comme ensembles de signes et qui ont été laissés de côté précédemment, à savoir la signification des signes et la syntaxe utilisée. Deux catégories de graphiques sont généralement distinguées : la première concerne ce que Bertin nomme « la graphique » et comprend les diagrammes, réseaux et cartes (Bertin, 1973 [1967]) et la seconde, relative au graphisme (Bertin, 1973 [1967] ; Cossette, 1982), comprend ce que nous appelons généralement les schémas. Le critère de distinction est lié à l'interprétation qui peut être faite du signe (Bertin, 1973 [1967]). Dans la première catégorie, ce dernier donne lieu à une seule signification possible (monosémie), ce qui n'est pas le cas pour la seconde catégorie de graphiques (polysémie).

En effet, Moles (1981) distingue les schémas des diagrammes, réseaux et cartes en montrant que la fonction n'est pas la même et que celle-ci induit un mode de représentation ne respectant pas les mêmes principes :

« Il est nécessaire de distinguer nettement les schémas proprement dits des graphiques ou diagrammes à deux ou trois dimensions que nous proposons les systèmes de coordonnées : les graphiques cartésiens en O, x, y , les graphiques économiques, les lignes de courant d'écoulement en hydrodynamique, les lignes

équipotentielles d'un champ dynamique, n'entrent pas dans la catégorie des schémas : ils représentent des grandeurs dans des espaces abstraits ; ils ne prétendent pas, au moins au premier abord, le « schématiser », ils visent à l'exactitude et non à la simplification, au réalisme et non à l'abstraction. Par contre, les pictogrammes, quelques basés eux-mêmes sur des représentations graphiques, entrent dans la catégorie des schémas, puisqu'ils modifient, par l'abstraction ou le symbole, les relations de l'individu avec le réel » (Moles, 1981, p. 103).

De même, pour Cossette, les images appartenant à la graphique sont scientifiques, dans le sens où ces images ont un « *contenu sémantique (qui) est contrôlé de façon absolue* » (Cossette, 1982, p. 71).

Avant les caractérisations de Moles et Cossette, Bertin (1973 [1967]) avait explicité ce principe d'exactitude pour les diagrammes, réseaux et cartes en montrant leur détermination mathématique. En effet, il est possible de produire ces représentations à partir de tableaux à double entrée contenant des données chiffrées. C'est ce qu'il nomme « *la théorie matricielle de la graphique* ». Les rapports de proportion sont alors respectés dans ces graphiques et chaque signe du graphique possède une signification unique préalablement définie par convention ou par une légende. Ces graphiques appartiennent ainsi au langage monosémique. Dès lors, il n'est pas nécessaire d'appréhender l'ensemble du graphique pour comprendre chaque élément de celui-ci. Dans la mesure où chaque signe est connu, l'interprétation du graphique ne porte que sur la relation entre ces différents signes. L'auteur nomme cette catégorie de graphiques : « *la graphique* » ou « *la représentation graphique* » :

« La représentation graphique fait partie des systèmes de signes que l'homme a construit pour retenir, comprendre et communiquer les observations qui lui sont nécessaires. « Langage » destiné à l'œil, elle bénéficie des propriétés d'ubiquité de la perception visuelle. Système monosémique, elle constitue la partie rationnelle du monde des images. Pour l'analyser avec précision, il convient d'en écarter les écritures musicales, verbales et mathématiques (liées à la linéarité temporelle, la symbolique) essentiellement polysémique, et l'image animée (dominée par les lois du temps cinématographique) » (Bertin, 1973 [1967], p. 6).

Bertin considère ainsi que « *dans ses limites strictes, « la graphique » recouvre l'univers des réseaux, celui des diagrammes, et l'univers des cartes, qui s'échelonne de la reconstitution atomique à la transcription des galaxies, en traversant le monde des plans et de la cartographie* » (Bertin, 1973 [1967], p. 6).

Nous appellerons ainsi « diagramme » toute représentation comprenant plusieurs axes. Au sein de cette catégorie nous retrouvons ainsi les histogrammes, les courbes, les diagrammes en barres, les diagrammes circulaires (ou « camemberts »), les diagrammes avec plus de deux axes non orthogonaux (ou radars ou « toiles d'araignée »), les nuages de points, etc.

Le réseau se distingue du diagramme par le fait qu'il n'établit pas de relation entre deux ensembles d'éléments mais des relations entre des éléments d'un même ensemble (Bertin, 1977). Nous distinguons les « réseaux ordonnables » et les « réseaux ordonnés » (Bertin, 1977). Les premiers offrent la possibilité d'agencer de différentes manières des « ronds ». Un exemple de réseau ordonnable est l'organigramme qui peut être formulé de plusieurs façons. La hiérarchie (ou arbre) appartient à cette catégorie. Le principe de construction de ce type de représentation est la recherche du plus petit nombre d'intersections entre les segments reliant les ronds (Bertin, 1973 [1967]). Une certaine latitude de représentation est possible dans la mesure où la position des différents éléments n'est pas totalement conditionnée par des chiffres. Quant aux cartes et aux topographies ce sont des réseaux ordonnés. La disposition des éléments est totalement conditionnée par les valeurs définies pour chaque élément. La topographie « *est (ainsi) le calque, à l'échelle près, de la disposition naturelle de certains éléments d'un objet* » (Bertin, 1977, p. 139). La notion d'objet est prise dans un sens large par Bertin : « *cet objet peut être l'espace géographique, le ciel, un être vivant, un meuble, une machine, etc.* » (Bertin, 1977, p. 139).

Bertin (1973 [1967]), afin de faire de la graphique un « *outil rationnel et efficace* », qui pourra servir de « *mémoire artificielle et d'instrument de recherche* » (Bertin, 1973 [1967], p. 6), définit un certain nombre de principes relatifs à la construction et à la lecture du graphique, qu'il nomme « *les lois naturelles* ». Ces dernières concernent l'utilisation des différentes dimensions du graphique, de la permutation et du classement pour faire apparaître des relations de ressemblance, d'ordre et de proportionnalité. A partir de ces lois

générales et d'exemples de graphiques peu lisibles, l'auteur propose des règles de second ordre comme par exemple la « *loi de visibilité* » : « *tout élément non discriminant est inutile et réduit la visibilité de l'image* ». Ces lois régissent ce que nous pouvons appeler la syntaxe du graphique, à savoir la combinaison des différents signes.

Par opposition à la graphique se situe le graphisme, pour lequel le langage est polysémique et le sens donné à chaque signe visuel s'appuie sur l'analyse de l'ensemble de l'image. Bertin évoque la fonction du graphisme comme étant celui de « *définir un ensemble ou un concept* » (Bertin, 1977, p. 176). Le graphisme, contrairement à la graphique, n'est pas une science mais un art (Bertin, 1973 [1967]). Avec lui apparaît l'introduction de « *critères empiriques-intuitifs* » (Cossette, 1982, p. 71). Le choix des signes visuels est plus large ; il dépend, par exemple, des qualités artistiques de chacun et du choix de degré d'iconicité. Pour ce type d'image, il peut être utile d'adopter un signe conventionnel, qui respecte des constantes physiques liées à la pesanteur, à la morphologie, aux couleurs de la nature, à des constantes physiologiques et/ou des habitudes socioculturelles (Bertin, 1977).

Ainsi, deux grandes catégories de graphiques sont à distinguer : la première est celle au sein de laquelle la signification du plus petit élément de sens, le signe, a un sens univoque ; tandis que la seconde regroupe des graphiques avec des signes polysémiques. En raison de la présence de ces derniers, cette première catégorie de graphiques permet de se concentrer sur les relations entre signes et de découvrir des ressemblances, un ordre ou une proportionnalité. Cette catégorie de dessins repose sur une détermination par les chiffres et le respect de « lois naturelles » pour déterminer la position des éléments et les relations que ces derniers entretiennent entre eux. Sur un diagramme, les courbes vont être placées les unes par rapport aux autres, selon la définition de l'échelle sur les axes et selon le respect de la proportionnalité qui empêche de faire croiser des courbes à un autre endroit que celui de leur origine. Au contraire, dans la seconde catégorie de graphiques, les chiffres occupent peu de place dans leur conception. Ce sont alors notamment des conventions ou le sens artistique de l'auteur qui peuvent notamment expliquer le graphique créé. Il n'existe pas réellement de syntaxe générale pour ces graphiques. Ainsi, si l'existence d'un langage graphique est évidente pour la première catégorie évoquée, il n'en est pas de même pour la seconde. Les images provenant de la photographie possèdent un

statut particulier. Cossette (1982) considère par exemple qu'elles appartiennent au graphisme, mais lorsqu'elles respectent la réalité à une certaine échelle, elles pourraient être considérées comme déterminées numériquement donc comme appartenant à la graphique. En revanche, les signes inclus dans ces images ne sont pas monosémiques.

Par ailleurs, cette détermination par les chiffres est particulièrement prégnante pour notre analyse. Comme nous le verrons dans le second chapitre, la quantification est importante dans le processus de rationalisation et dans les développements du management scientifique. Ainsi, les diagrammes seront distingués en précisant s'ils sont chiffrés ou non ; et il en sera de même pour les réseaux. En revanche, cette catégorie dépasse le cadre de notre étude. En gestion, nous pouvons ainsi citer pour cette catégorie les exemples suivants : des arbres de décision, des organigrammes, des « diagrammes PERT », des réseaux de communication ou des réseaux sociaux. Par ailleurs, comme nous nous intéressons à l'aspect chiffré, nous considérons les réseaux non chiffrés (ordonnables) comme des schémas. Ceci permettra de distinguer d'une part les graphiques dont l'emplacement et les relations entre signes sont pleinement déterminés par les chiffres, tels que les diagrammes chiffrés, les cartes, les images photographiques à l'échelle d'objets et/ou de personnes ou des dessins industriels, et d'autre part les autres représentations qui relèvent du schéma dans la mesure où elles supportent une certaine indétermination. Nous caractériserons cette dernière représentation afin de disposer de quelques clefs de lecture lorsque nous en étudierons.

Variables : distinction entre les diagrammes, cartes, représentations d'objets à l'échelle et les schémas, chiffrés et non chiffrés

3. Les schémas

La notion de *schéma* vient du latin « *schema* », qui vient lui-même du mot grec « *skhêma* », qui signifie « *manière d'être, figure* » (Le nouveau petit Robert, 2003). « *Ce terme (grec) était dérivé de « ekhein », être dans un certain état ; le verbe « skematizein » signifiait donner une figure, une forme* » (Adam, 1999, p. 27). Selon *Le nouveau petit Robert*, le terme schéma a pris plusieurs sens au fil du temps : au milieu du XVIII^{ème} siècle,

il évoque la figure de rhétorique et au milieu du XIX^{ème} siècle il devient synonyme de figure géométrique. Par le biais de cette étymologie du terme *schéma*, nous comprenons le lien que ce terme entretient avec l'idée de représentation et la connotation technique qu'il cache, qu'il s'agisse d'une technique littéraire ou d'une technique liée à la science.

Adam (1999) distingue trois catégories de sens qui peuvent définir le mot « schéma ». Le premier peut être résumé ainsi : il s'agit d'une « *figure donnant une représentation simplifiée et fonctionnelle (d'un objet, d'un mouvement, d'un processus)* » (Le Nouveau Petit Robert, 1994), « *exécutée en faisant abstraction de certaines particularités de formes, de volumes ou de rapports* » (Dictionnaire encyclopédique Quillet, 1986), qui « *insiste sur les interrelations entre les parties de la réalité représentée* » (Cossette, 1982)¹.

Le deuxième sens est plus récent. Il date du XIX^{ème} siècle et est relatif à « *la description structurée, (au) plan d'un projet, d'un travail, d'un dossier* » (Adam, 1999, p. 28). Nous pouvons citer à titre d'exemple la notion de « *schéma directeur* ». Il constitue un « *document administratif à caractère prospectif, utilisé en matière d'urbanisme et d'aménagement du territoire. En France, la formule des schémas directeurs a été inaugurée en 1965 par le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région parisienne. La formule fut reprise par d'autres grandes villes avant d'être généralisée par la loi d'orientation foncière du 30 décembre 1967 dont elle constitue l'un des apports les plus importants* » (Chapuisat, 2005). Le terme « *schéma* » devient alors également synonyme de cadre général de réflexion et d'action articulé autour d'un certain nombre de règles formalisées.

Le troisième et dernier sens est relatif à « *celui du schéma corporel ou représentation mentale subjective qu'un individu se construit de son propre corps. Il est en fait plus proche du concept de « schème »* » (Adam, 1999, p. 28). Le « *schéma corporel* »

¹ Ce premier sens provient des trois définitions suivantes (dont la deuxième a été reprise par Adam (1999)) : « *figure donnant une représentation simplifiée et fonctionnelle (d'un objet, d'un mouvement, d'un processus)* » (Le nouveau petit Robert, 1994), « *figure utilisée pour démontrer la disposition générale d'un organe, d'un appareil, afin d'expliquer son fonctionnement, dans divers arts et sciences. Elle est exécutée en faisant abstraction de certaines particularités de formes, de volumes ou de rapports* » (Dictionnaire Quillet en 10 volumes, 1983). « *Les "schémas" sont des images fonctionnelles qui insistent sur les interrelations entre les parties de la réalité représentée. Les schémas servent à faire ressortir les caractères propres à l'objet représenté; les pictogrammes, les dessins anatomiques ou les plans à main levée sont des exemples de schémas* » (Cossette, 1982).

est en effet une « *représentation que chacun se fait de son corps et qui lui permet de se repérer dans l'espace. Fondée sur des données sensorielles multiples proprioceptives et extéroceptives, cette représentation schématique est nécessaire à la vie normale et se trouve atteinte dans les lésions du lobe pariétal* » (définition de Piéron reprise par Postel, 2005). Cette définition met l'accent sur le schéma comme représentation spatiale.

De ces trois sens, la première catégorie de définitions est celle qui s'applique le mieux à notre conception des graphiques ; les deux autres nous interpellent sur l'aspect planification du schéma et sur le lien avec nos représentations mentales. Par ailleurs, en reprenant la distinction évoquée précédemment de Moles (1981) entre schémas et diagrammes, les premiers doivent évaluer selon un critère d'abstraction et de simplification et non selon des principes d'exactitude et de réalisme. A partir d'une analyse quantitative sur des graphiques, nous pouvons observer ce degré de simplification par le biais du nombre d'ensembles mis en relations (« ronds ») et par celui du nombre de relations entre ces ensembles (« flèches »). Plus exactement, nous pouvons ainsi mesurer le degré de complexité des schémas. Par ailleurs, le mot « complexe », vient du latin « *plexus* » qui signifie entrelacement et qui fait ainsi référence à la présence de nombreuses relations entre des éléments. D'autres indicateurs de complexité peuvent être définis, à l'instar de la présence de boucles qui vient rompre une lecture linéaire du graphique.

Mesure de la complexité d'un schéma

Variables : nombre d'ensembles et nombre de relations, nombre de boucles

Enfin, comme nous l'avons vu précédemment à propos de l'échelle d'iconicité, le langage graphique peut être considéré comme opposé au principe de ressemblance avec la réalité, dans la mesure où plus l'iconicité du graphique est faible, plus celui-ci fait appel à une logique interne pour transmettre une information. Cette échelle de Moles nous servira ainsi à nous interroger sur le développement d'un langage graphique dans la *HBR*.

Variable : présence d'un langage graphique si graphique classé de 1 à 5. La catégorie 1 correspond aux diagrammes.

B. Des classifications structurelles de graphiques

Nous avons évoqué une première classification correspondant à l'échelle d'iconicité de Moles. Le choix de la classification pose la question du critère de classification retenu. Par exemple, celui-ci est-il lié à la forme et aux composantes du graphique ou à la fonction de ce dernier ? Moles se pose ainsi la question de la catégorisation des graphiques :

« Comment décrire de façon adéquate le monde des schémas ? C'est le problème de la « dimensionalisation » du système schématique : existe-t-il des grandeurs caractéristiques, de caractère métrique, indépendantes les unes des autres, qui permettent de décrire tout l'ensemble des schémas ? Ce sera la tâche du sémiologue d'essayer de les dégager » (Moles, 1981, p. 100).

Il commence par définir une échelle d'iconicité pour montrer des degrés d'abstraction dans la schématisation. En effet, *« le degré d'abstraction du schéma reste certainement un des caractères généraux que l'on puisse dégager à son sujet : schématiser est presque synonyme d'abstraire par le graphique » (Moles, 1981, p. 103).*

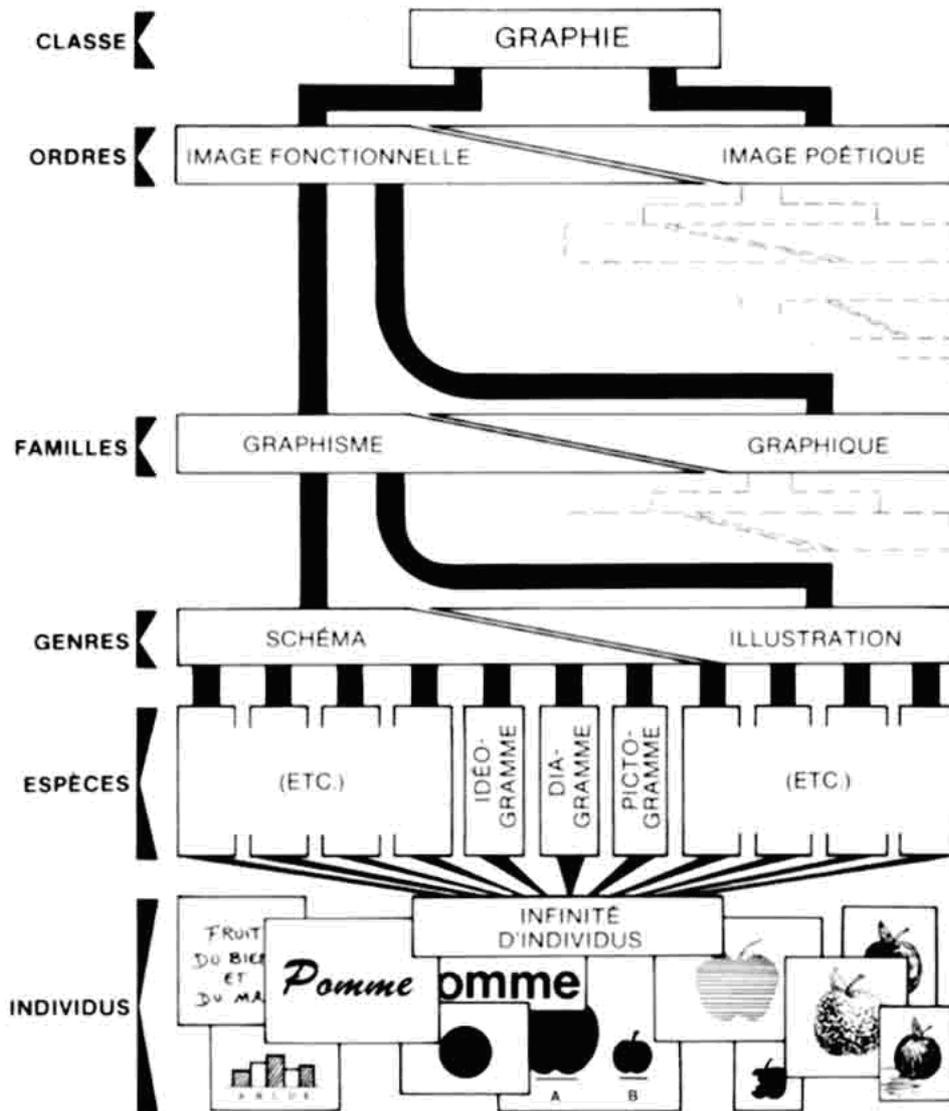
Nous retiendrons ainsi une approche de la classification qui est différente de celle de Durkheim et Mauss (1903) pour qui *« classer, ce n'est pas seulement constituer des groupes (c'est disposer ces groupes suivant des relations très spéciales). Nous nous les représentons comme coordonnés ou subordonnés les uns aux autres, nous disons que ceux-ci (les espèces) sont inclus dans ceux-là (les genres), que les seconds subsument les premiers. Il en est qui dominent, d'autres qui sont dominés, d'autres qui sont indépendants les uns des autres. Toute classification implique un ordre hiérarchique dont ni le monde sensible ni notre conscience ne nous offrent le modèle » (Durkheim et al., 1903).*

Nous nous situons au niveau d'une classification des éléments perceptibles. La difficulté de la classification des graphiques peut en effet résider dans la multiplicité des fonctions d'un graphique. Tabouret (1975) explique la difficulté de catégoriser les graphiques en architecture dans une seule de ces deux catégories dans la mesure où les représentations ne servent pas seulement à représenter une réalité future mais deviennent un instrument pour tester des théories. La classification par rapport aux éléments constituant le graphique est à ce propos plus aisée.

Il existe un nombre assez limité d'articles s'interrogeant sur la manière de catégoriser les différentes formes graphiques. Un article en particulier propose une classification des graphiques selon leur structure de façon explicite, à savoir en montrant la méthodologie adoptée (Lohse, Biolsi, Walker et Rueter, 1994). Les ouvrages de Craig (2000) et de Simeray (1971), bien qu'ils ne proposent pas de démarche scientifique de classification des graphiques, sont intéressants dans la mesure où ils montrent le lien entre les classifications fonctionnelles et structurelles dans le cas des schématisations de gestion. Par classification fonctionnelle il convient d'entendre une classification selon le but du graphique et par classification structurelle une catégorisation selon la structure du graphique, à savoir sa forme, ses composantes et son orientation.

Les fonctions générales du graphique seront étudiées dans la deuxième grande partie de ce chapitre qui concerne l'apport cognitif des graphiques. Après avoir montré les composantes et l'orientation possible de ces derniers, nous montrerons dans une troisième partie certains liens entre structure du graphique et fonctions managériales, évoqués notamment par Craig (2000). Par ailleurs, la classification peut se faire à la fois par rapport à des aspects fonctionnels et structurels du graphique. Il en est ainsi de la classification de Cossette (1982) (voir schéma ci-dessous), qui a été conçue comme une analyse sémiologique mettant en relation le signe, son objet et l'interprétant qui est une loi d'interprétation du signe.

Schéma n° 1 : Taxonomie de Cossette



Source : Cossette (1982)

L'auteur reprend la terminologie de Linné, qui est l'un des théoriciens de la taxonomie avec Buffon (Desrosières, 2000), à savoir la classe, l'ordre, la famille, le genre, l'espèce et l'individu. Le premier niveau de classification distingue les fonctions du graphique. L'image poétique est relative à l'art qui « répond à un besoin de manifester, d'extérioriser les sentiments esthétiques » (Cossette, 1982, p. 67). L'image fonctionnelle est conçue « dans l'intention de communiquer une information déterminée » (Cossette, 1982, p. 67). Comme nous l'avons vu, le niveau le graphisme / la graphique correspond à une distinction selon la signification que nous pouvons attribuer aux signes (monosémie / polysémie). Le troisième niveau est relatif au niveau d'iconicité. Les illustrations sont pour

Cossette (1982) des représentations fortement analogiques comme « *un portrait photographique, un dessin de page couverture pour un roman de collection populaire (ou) une image d'objet dans un catalogue technique* » (Cossette, 1982).

1. Une analyse des composantes du graphique

Lohse, Biolsi, Walker et Rueter (1994) proposent une catégorisation structurelle des graphiques selon dix dimensions. Ceux-ci appartiennent à plusieurs champs disciplinaires. On y retrouve aussi bien une carte géographique qu'un dessin d'un microscope détaillant ses différentes parties ou un diagramme de Gantt. Ces auteurs distinguent deux catégories de classifications des graphiques : une première fondée sur l'aspect fonctionnel du graphique et une seconde sur son aspect structurel. D'après eux, « *une classification fonctionnelle ne reflète ni la structure physique d'une image, ni n'est supposée correspondre à une représentation sous-jacente en mémoire* » (Lohse et al., 1994, p. 36).

Ils adoptent une classification structurelle et distinguent dix dimensions : spatial / non spatial, non temporel / temporel, difficile à comprendre / facile à comprendre, concret / abstrait, continu / discret, attractif / non attractif, met l'accent sur l'ensemble / met l'accent sur les parties, non numérique / numérique, structure statique / structure dynamique, communique beaucoup d'informations / peu d'informations.

Ces dix dimensions proviennent de d'une précédente expérimentation. Les auteurs ont demandé aux sujets de classer des graphiques qui leur étaient montrés puis de définir verbalement les groupes de graphiques. Il en est ressorti des explications relatives aux dimensions citées. Dans l'article de 1994, ces dimensions sont données aux sujets pour qu'ils classent des graphiques. Il leur est demandé de regrouper les graphiques de façon à arriver par un processus itératif à un seul groupe. A partir des résultats obtenus, les auteurs ont constitué un arbre de classification. Par ailleurs, par comparaison entre les deux expérimentations, ils en concluent qu'il existe un lien statistique fort entre une classification reposant sur la notation des graphiques selon les dix axes et celle effectuée par les sujets de la précédente expérimentation.

Ainsi, nous chercherons à caractériser ces dimensions relatives au graphique dans la mesure où elles sont effectivement utilisées par le spectateur pour catégoriser les graphiques. Cependant, les auteurs ne précisent pas de critère afin de déterminer ces différentes dimensions. Seuls sont présentés des exemples de graphiques classés selon ces dernières. Il est ainsi difficile d'opérationnaliser certaines dimensions telles que « attractif » / « non attractif » ou « difficile à comprendre » / « facile à comprendre ». Cette dernière dimension sera étudiée à travers la notion de complexité. La dimension « spatial » / « non spatial » peut être étudiée en employant comme critère le fait que tout point dans l'espace est défini selon des données chiffrées ou non. Ainsi, dans notre conception de cette dimension, les diagrammes seront généralement dotés d'une dimension spatiale, alors que ce ne sera pas le cas pour les schémas. De manière générale, les diagrammes chiffrés, les cartes et les représentations à l'échelle d'objets ou de personnes seront considérés comme des représentations spatiales.

De même, la dimension « discret » / « continu » sera définie par rapport au critère lié à la mise en évidence ou non des « ronds » et des « flèches ». Les schémas n'ayant pas cette propriété peuvent montrer des éléments qui ne sont pas en relation ou peuvent indiquer une forme de relation différente du segment, comme ce que montre par exemple un diagramme de Venn. Lohse, Biolsi, Walker et Rueter (1994) fournissent des exemples de graphiques discrets tels que plusieurs panneaux signalétiques côte à côte ou un menu avec des icônes dans un programme informatique. De manière générale, les représentations graphiques connaissent l'influence de l'approche système et ont donc tendance à présenter des éléments en relation (Laufer, 2000 ; Le Moigne, 1994 [1977]). Une autre tendance est celle de représenter des structures (organigrammes) et des processus (flux de biens, processus de transformation d'un bien, relations client – fournisseur). Nous nous attendons ainsi à observer peu de schémas sans « ronds » et « flèches », à moins qu'une convention graphique n'incite à placer les éléments côte à côte pour représenter un processus. Nous pouvons citer l'exemple de la chaîne de valeur de Porter (1985) qui sera considérée comme une représentation discrète même si la notion de processus est présente dans ce schéma. La dimension « met l'accent sur l'ensemble » / « met l'accent sur les parties » sera considérée selon le même critère que pour « discret » / « continu ». Dans la classification de Lohse, Biolsi, Walker et Rueter (1994), concernant la dimension « met l'accent sur l'ensemble », nous retrouvons une carte géographique et des

diagrammes. En ce qui concerne la dimension « met l'accent sur les parties » sont représentés une liste, un tableau et la nomenclature pour les différents éléments chimiques. Les deux premières représentations ne sont pas considérées comme des graphiques dans notre recherche. Nous n'avons ainsi pas trouvé de critère qui puisse convenir à cette classification. En revanche, les concepts « met l'accent sur l'ensemble » et « met l'accent sur les parties » semblent plus porteurs de sens pour une interprétation des graphiques que les termes « discret » et « continu ». Pour reprendre l'exemple de la chaîne de valeur de Porter, l'accent de « flèches » reliant les cases semble inviter à étudier principalement ce que contiennent les cases. Cette interprétation est renforcée par les nombreuses représentations de la chaîne de valeur présentes dans l'ouvrage *Competitive advantage* (Porter, 1985) qui se différencient par des listes différentes au sein des différentes cases.

La dimension « temporel » / « non temporel » sera étudiée en fonction du critère lié à la présence ou à l'absence de données chiffrées relatives au temps, que ces dernières soient liées à une durée ou une date. Les diagrammes PERT seront ainsi considérés comme des graphiques temporels. Au sujet de la dimension « concret » / « abstrait », Lohse, Biolsi, Walker et Rueter (1994) ne donnent pas d'exemple. Le critère retenu se rapporte à la présence ou à l'absence de nom(s) propre(s) sur le graphique. Celui-ci nous est apparu comme le critère le moins contestable pour évaluer une certaine abstraction : le graphique est-il présenté comme étant relatif à une situation particulière ou comme un modèle d'application générale ?

Enfin, la dimension « structure statique » / « structure dynamique » ne sera pas étudiée en soi. En revanche, l'aspect dynamique ou statique du graphique sera inhérent à certaines catégories étudiées par le biais de la classification que nous proposons¹. En effet, un organigramme peut être considéré comme statique, alors qu'un schéma de processus ou de séquence est dynamique.

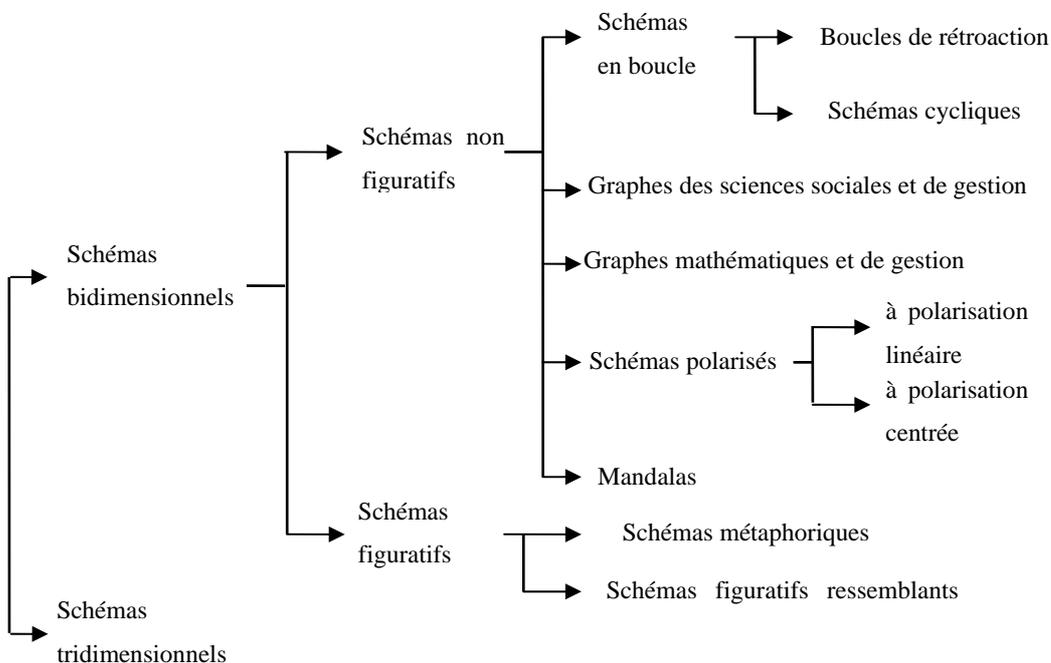
Variables retenues : « concret » / « abstrait », « temporel » / « non temporel », « met l'accent sur l'ensemble (continu) » / « met l'accent sur les parties (discret) »

¹ Voir le I, B, 3.

2. Une analyse selon l'orientation du graphique

Adam (1999) propose une classification structurale des schémas (voir schéma ci-dessous) que nous pouvons critiquer en raison des critères de catégorisation qui sont de nature hétérogène et non exclusive. Il considère que seuls les schémas non figuratifs sont orientés – ce qui est critiquable – et que les schémas en boucle constituent une catégorie très hétérogène qui se subdivise selon des critères peu clairs. En effet, se distinguent d'une part une catégorie « graphes des sciences sociales et de gestion », qui sont des « représentation(s) des interactions dans un processus complexe » (Adam, 1999, p. 103) et d'autre part une catégorie « graphes mathématiques et de gestion », qui sont des « représentation(s) de flux et de trafic (d'information, de matière et/ou d'énergie) » (Adam, 1999, p. 108). A côté de ces deux catégories qui mériteraient d'être davantage délimitées en raison de leur forte hétérogénéité, se démarque le schéma cyclique qui est une représentation usuelle en gestion dont le plus célèbre exemple est la roue de Deming ou schéma Plan, Do, Check, Act (PDCA).

Schéma n° 2 : Classification des schémas par leurs formes Adam (1999)



Nous retiendrons de la catégorisation d'Adam les différentes possibilités d'orientation du graphique et l'aspect métaphorique de certains schémas. Nous pourrions ainsi rencontrer des graphiques qui sont orientés selon un ou plusieurs axe(s) linéaire(s), que chaque axe soit horizontal, vertical ou transversal (polarisation linéaire). D'autres représentations peuvent être orientées selon un centre et une périphérie (polarisation centrée) ou selon une boucle unique et une direction circulaire (schéma cyclique), comme le schéma PDCA. La boucle de rétroaction ne comporte que deux éléments en relations circulaires. Les schémas en boucles constituent les graphiques non orientés. Un schéma est dit « en boucles » s'il ne comporte pas uniquement une polarisation linéaire ou centrée, ou dès lors qu'il n'est pas un schéma cyclique ou une boucle de rétroaction. Par ailleurs, les graphiques se prêtent particulièrement à la métaphore en raison de la possibilité de jouer sur deux niveaux du graphique, de son caractère dénotatif, de ce qu'elle représente concrètement et de son aspect connotatif qui fait référence à notre culture (Barthes, 1964). L'interprétation du graphique comme métaphore peut également provenir du titre du graphique, qui suggère une interprétation qui ne soit pas seulement dénotative. Le recours au graphique pour représenter des métaphores –et non seulement une phrase – peut se justifier par l'importance de l'aspect spatial dans celles-ci – avec une polarisation selon les dimensions suivantes : haut et bas, centre et périphérie – (Lakoff et Johnson, 1985 [1980]).

Variables : graphique métaphorique ou non, orientation du graphique : linéaire, centrée, schéma cyclique, boucle de rétroaction, schéma en boucles)
--

3. Liens entre structure du graphique et certaines de ses fonctions managériales

La classification de Craig (2000) distingue différents graphiques : ceux qui servent à cartographier les affaires, les graphiques de relation et d'influence ; les graphiques de contrôle dans les affaires et enfin ceux qui permettent de penser la causalité, le changement et les flux. Dans ces différentes catégories, certaines formes graphiques sont spécifiques, à l'instar des graphiques en arêtes de poisson qui servent à penser la causalité (voir Tableau ci-dessous). Les graphiques non spécifiques à une catégorie fonctionnelle sont ceux de la forme « ronds » et « flèches ». Les représentations de ce type rencontrés dans l'ouvrage de Craig (2000) offrent une certaine latitude d'interprétation. Les flèches représentent une simple relation d'influence.

Tableau n° 2 : Croisement de la catégorisation fonctionnelle et structurelle des graphiques, d'après Craig (2000)

fonctions des graphiques	graphiques spécifiques	graphiques non spécifiques
cartographier les affaires	graphiques d'ensembles	graphiques « ronds » et « flèches »
montrer les relations et influences	graphique de hiérarchie (arbres d'objectifs, arbres des défauts, arbres logiques, organigrammes), organigrammes avec flèches	graphiques « ronds » et « flèches »
évoquer le contrôle dans les affaires	graphiques d'input-output, graphiques de contrôle	
penser la causalité	graphiques en arêtes de poisson, graphiques « ronds » et « flèches » avec des signes	graphiques « ronds » et « flèches »
penser le changement	graphiques des forces du secteur, matrices	
penser les flux	graphique d'algorithme, graphique circulaire	graphiques « ronds » et « flèches »

C. Les catégories de notre première classification

Après avoir montré différents éléments du graphique qui peuvent être mis en évidence afin d'étudier des évolutions historiques et le rôle cognitif des graphiques, il convient de définir les catégories appartenant à la première classification qui a été élaborée. Celle-ci vise à se faire une première idée des évolutions des graphiques. Les résultats empiriques de cette étude quantitative exploratoire sont exposés au début de la partie quantitative. Ces catégories proviennent des ouvrages de Craig (2000), d'Adam (1999) et de la classification de Lohse, Biolsi, Walker et Rueter (1994) – voir liste 1.

Liste n° 1 : Définition des catégories retenues pour l'analyse exploratoire

Graphique de réseau :

Graphique mettant en relation des concepts abstraits ou concrets sans que soit précisé sur le graphique la nature de la relation.

Graphique d'échelle :

Graphique qui établit une échelle entre différents concepts ou pour un concept.

Graphique input-output :

Graphique qui montre des inputs, une boîte noire et des outputs.

Graphique d'algorithme :

Graphique qui utilise les relations logiques si et alors ainsi qu'une symbolique – losange, carré – pour spécifier les actions et les résultats.

Diagramme :

Représentation de relations entre plusieurs éléments à l'aide d'axes chiffrés ou non.

Arbre (ou hiérarchie) :

représentation hiérarchique qui montre une classification ou des critères de choix selon une décomposition progressive de « ronds » modélisée par des segments partant des ronds, la forme générale fait penser au feuillage d'un arbre.

Organigramme :

Représentation hiérarchique montrant des relations de pouvoir au sein d'une organisation.

Pyramide :

Représentation dont l'allure générale est un triangle.

Graphique cyclique :

Représentation montrant une relation circulaire incorporant plusieurs concepts.

Graphique d'ensembles :

Graphique qui consiste à superposer partiellement ou à placer à proximité des figures géométriques.

Cartes et objets :

Représentation d'un territoire ou d'objet à l'échelle.

Graphiques de flux :

Représentation mettant en évidence le type de flux échangés, qu'ils soient relatifs à des biens, de la monnaie, de l'information ou des personnes.

Graphique de séquence :

Représentation qui montre l'aspect séquentiel d'actions – graphique de procédure, de prise de décision.

Graphique PERT :

Diagramme chiffré et très schématique d'actions séquentielles à base de ronds et de segments.

Cette classification permet de mettre en évidence les différentes fonctions – et notamment les fonctions cognitives - du graphique. Le graphique de réseau laisse subsister une certaine ambiguïté sur les relations entre concepts. Le graphique de flux possède quant à lui des vertus descriptives qui jouent sur l'espace plan pour montrer des relations spatiales non chiffrées, à savoir des éléments séparés qui communiquent en respectant des contraintes physiques. La graphique de séquence permet d'établir une procédure plus ou moins abstraite ; l'arbre est un moyen de classifier les éléments, ou encore d'établir des critères de décision ; le graphique d'ensembles permet quant à lui d'activer des capacités cognitives liées à la théorie des ensembles.

Après une première catégorisation de l'ensemble des graphiques de la *HBR* et devant la difficulté de classifier certains graphiques, nous avons préféré retenir une nouvelle classification. Par exemple, le fait que le graphique représente un algorithme, que l'on nomme également un ordigramme, ne l'empêche pas d'être un schéma de

processus, tout comme le graphique cyclique. Dès lors, nous avons conservé les catégories génériques évoquées ci-dessous (voir Tableau n° 3), en admettant que certains graphiques puissent appartenir à plusieurs catégories. Le problème lié au schéma cyclique est d'une autre nature : il est relatif à l'orientation du graphique. Nous avons choisi d'adopter une catégorie très large, à savoir celle des schémas d'influence, qui montrent des relations entre des concepts qui ne sont pas de l'ordre des flux ou de causalités clairement définies. Il n'existe pas non plus d'étapes clairement définies, ce qui les distingue des schémas de processus.

Tableau n° 3 : La classification retenue

Catégorie	Type de schémas
1	organigrammes
2	schémas de relations fonctionnelles
3	schémas de flux
4	schémas de réseaux opérationnels
5	arbre (ou hiérarchie)
6	schéma de processus
7	cartes et objets à l'échelle
8	diagramme de Venn
9	schéma d'influence
10	hiérarchie
11	schéma de causalité
12	schéma mathématique
13	diagramme de Gantt

Nous reviendrons par la suite sur cette classification, dans le cadre des développements relatifs au recueil des données quantitatives.

D. L'évolution des formes graphiques

Afin d'étudier le lien entre les différentes formes de représentation graphique et l'histoire des théories en gestion, il est nécessaire de prendre en compte le moment où sont

apparues certaines représentations graphiques. En effet, il existe plusieurs contraintes portant sur les graphiques, qui tiennent aux supports disponibles et à l'évolution dans l'utilisation des formes de représentation. En ce qui concerne la première catégorie de contraintes, nous constatons que le graphique, en l'absence d'un système informatique, peut jouer un rôle important en tant que mémoire externe. Celui-ci devient un moyen de rétention de l'information qui va faciliter un grand nombre de calculs. Il en est ainsi de l'abaque. Quant à la seconde catégorie de contraintes, nous pouvons remarquer que le diagramme n'a été découvert qu'au XIX^{ème} siècle, tout comme le nomogramme (voir encadrés 1 et 2 et graphique).

Plus récemment, nous pouvons évoquer le cas de l'algorithme, qui date dans sa conception actuelle des années 1960 :

« The term algorithm is used in two different but related senses: the ordinary language (OL) algorithm, and the computer algorithm. OL algorithms show rules, regulations, procedures, and instructions in non continuous prose – usually as flowcharts, sometimes in list format. The source is usually a rule or regulation in prose linked by the words if, then, unless. This leads to complex nested subclauses that are extremely difficult – often impossible – to retain and sort out in the mind. The object of an OL algorithm is to break up this prose into its constituent parts and arrange it on the page so that the reader has to deal with only one thing at time. If the reader is asked one question at a time in simple, active voice, the language can be understood by a much larger target population. Lewis and Wason are the co-originators of OL algorithms, and their papers are well worth reading (...) in mathematics and computer science an algorithm is a procedure which produces correct results (in contrast with a heuristic). This is a usage which deserves to be kept distinct form OL algorithms » (Macdonald-Ross, 1977, pp. 73-74).

Le premier papier de Lewis et Wason cité par Macdonald-Ross date de 1965.

Encadré n° 1 : L'origine du diagramme cartésien

« If we include maps and geometrical and astrological diagrams, graphs are very old indeed. What was new in the late eighteenth century was a diagram with rectangular coordinates that showed the relationship between two measured quantities. Lambert called them “Figuren”, Watt called them “diagrams”, and William Playfair called them “lineal arithmetic. William Whewell, who seemed to rename everything that he came into contact with, called them the “method of curves”. William’s Playfair’s statistical graphs of the British economy were the best known of these early efforts. He first presented them in his *Commercial and Political Atlas of 1785*. Playfair’s brother was the mathematician and geologist John Playfair, who is the best known for his illustrations of the Huttonian Theory of Earth (1802). William credited John with having taught him that whatever could be expressed in numbers might also be represented by straight lines, so John may well have been the inspiration for William’s graphs (...)

James Watt’s indicator was another important early source of graphs, because it was one of the very first self-recording instruments. It drew a pressure-volume graph of the steam in the cylinder of an engine while it was in action. Recording instruments in the nineteenth century could not easily record numbers directly, and so they had to inscribe data by drawing a trace on paper or on smoked glass. Thus recording instruments produce graphs by necessity, not by choice. During the nineteenth century recording instruments became crucial in experimental physiology and in the new science of acoustics; they proliferated enormously, giving us the kymograph, the sphygmograph, the myograph, the phonautograph, the phonograph, and more.

Johann Heinrich Lambert was the only scientist in the eighteenth century to use graphs extensively. He drew many beautiful graphs in the 1760s and 1770s and used them not only to present data but also to average random errors by drawing the best curve through experimental data points. Lambert insisted that natural philosophy could be pursued successfully only by careful mathematical analysis of quantitative measurements taken with precision instruments. The natural arrangement for such measurements was a table of quantities relating the values ».

Source : *Blood, dirt, and nomograms: A particular history of graphs*, de Thomas L. Hankins, Isis (1999, pp. 53-55).

Encadré n° 2 : L'invention du nomographe et les qualités de cette représentation

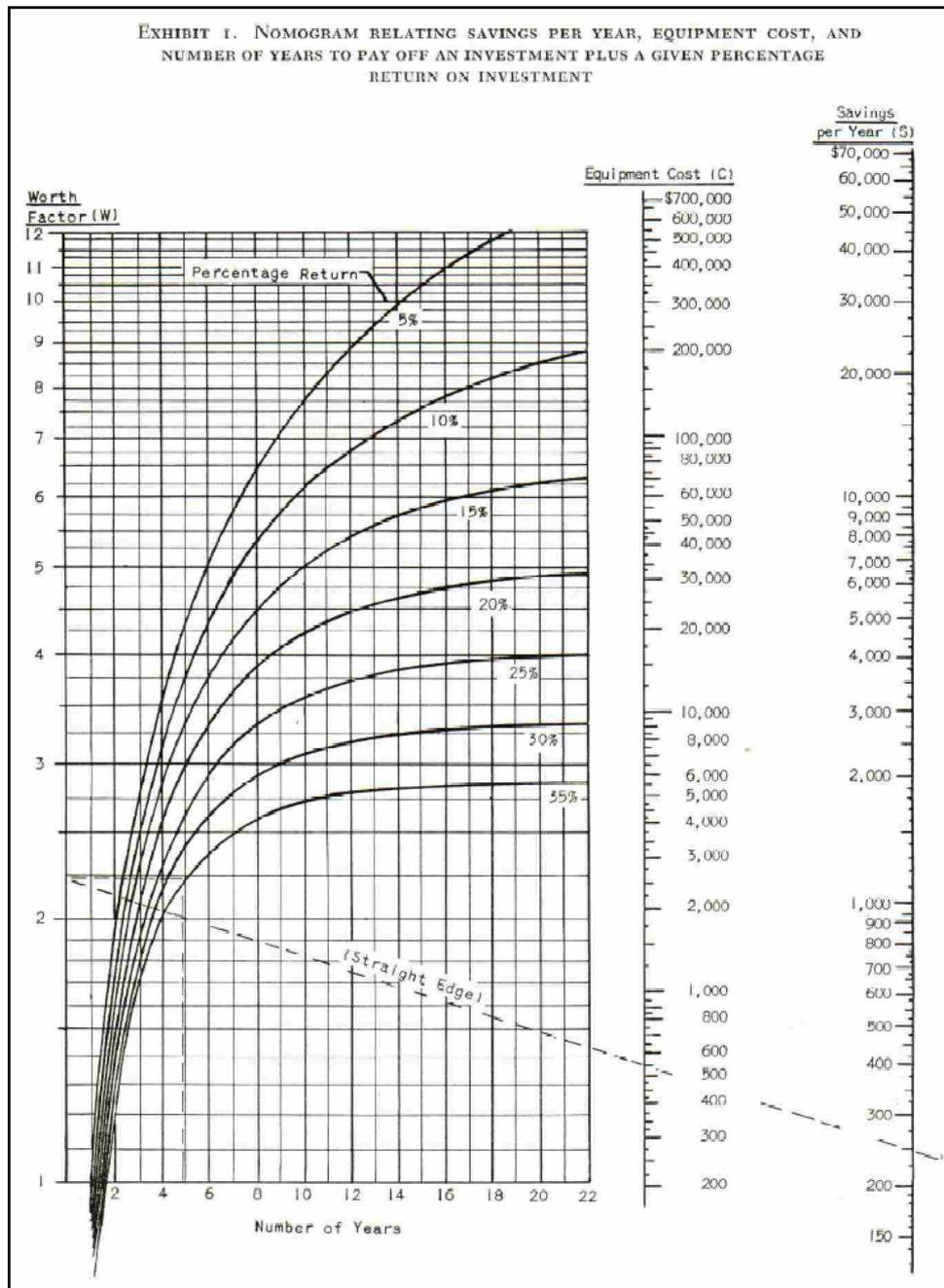
« In 1884 Maurice d’Ocagne (...) at the Ecole des Ponts et Chaussées (...) created the first alignment diagrams. D’Ocagne showed that for a graph composed of straight lines, such as Lalanne’s anamorphosed graphs, one could place the axes parallel to each other instead of at right angles. Using the principle of duality from projective geometry, d’Ocagne showed that a point on a graph with Cartesian coordinates transformed into a line on an alignment chart, that a line transformed into a point, and, finally, that a family of lines or a surface transformed into a single line. In 1899 d’Ocagne produced a major treatise on all kinds of computing graphs and declared the subject to be a new science that he called “nomography”.

The nomogram has several great advantages. First, it allows for great economy of expression: the diagram is much less cluttered than a graph with Cartesian coordinates.

Second, the same nomogram can express all the parameters of a formula and can handle many more variables. And third, one reads off the values on a nomogram by stretching a thread or laying a straightedge across the scales and noting where it intercepts a third scale, thereby greatly increasing the speed and accuracy of reading the graph. There is no need to follow a line from the abscissa to the curve to the ordinate, as is the case with Cartesian coordinates. Wherever speed is more important than precision nomograms have an advantage ».

Source : *Blood, dirt, and nomograms: A particular history of graphs*,
de Thomas L. Hankins, Isis (1999, p. 71).

Diagramme n° 1 : Exemple d'utilisation du nomographe en gestion



Source : Scheuble (1955), *HBR*.

Nous pouvons aussi supposer que les conventions graphiques évoluent. Nous avons remarqué dans l'ouvrage de Playfair que l'axe des ordonnées n'est pas utilisé en deçà de l'axe des abscisses pour montrer des valeurs négatives, comme nous pouvons le voir sur le diagramme ci-dessous. Une analyse plus approfondie serait nécessaire afin de savoir si la mise en évidence de valeurs négatives date d'une période plus récente ou s'il ne s'agit que d'une convention graphique chez Playfair.