

Sémiotique de la ligne

Autor(en): **Edeline, Francis**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Studies in Communication Sciences : journal of the Swiss Association of Communication and Media Research**

Band (Jahr): **8 (2008)**

Heft 1

PDF erstellt am: **28.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-791011>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

<http://www.e-periodica.ch>

Full Papers on Visual Communication

Studies in Communication Sciences 8/1 (2008) 189–213

FRANCIS EDELINE*

SÉMIOTIQUE DE LA LIGNE **

Along with colour, form and texture, the line is one of the constituents of the visual sign. Perhaps the most important considering the amount and diversity of the signifieds that it is able to carry. This is all the more surprising if we know that there are no lines in the Lifeworld: these being pure constructions of our information-processing system.

The semiotics of the line is thus deeply rooted in perceptive mechanisms. The constraints thus generated are constituting five distinct degrees zero, each of which can be deliberately violated by rhetorical operations, of which selected examples are shown.

We will then identify four types of lines: contour or outline – hollow line – virtual line – locus-line. Additional reflections are finally devoted to the straight line, to the line dimensionality and to the line meaning.

Keywords: contour, drawing, outline, perception, rhetorics.

* Groupe μ (Université de Liège), venus33@skynet.be

** Je remercie Georges Roque pour les importantes remarques formulées à propos de ce texte.

“One of the most remarkable phenomena of vision is our ability to recognize an outline drawing.”

Norbert Wiener, Cybernetics

1. Le signe visuel

Les différents systèmes de signes qu'étudie la sémiotique occupent chacun un canal sensoriel déterminé : sonore, visuel, tactile etc. Le canal visuel présente une capacité de transmission remarquablement élevée. Avec environ 10^7 bits/s elle est sept fois supérieure à celle du canal auditif. Le canal visuel se caractérise en outre par la saisie globale d'une surface, complétée par l'interprétation d'indices de profondeur permettant une saisie partielle de la 3^{ème} dimension. Il n'est donc pas étonnant, avec de telles performances, que ce canal ait été systématiquement exploité.

Classiquement un énoncé visuel est décrit par ses trois composantes : couleur, texture et forme (Groupe μ^1 , TSV, 1992 : 113). La première est une caractéristique de surface : la couleur se manifeste dans une étendue. La seconde aussi, mais il est admis qu'elle fournit en outre des suggestions microtopographiques, concernant donc la 3^{ème} dimension, quoiqu'à une échelle très réduite (celle qui distingue le lisse du rugueux ou du velouté). Il y a normalement, dans l'expérience perceptive humaine, concomitance entre les champs colorés et les champs texturaux. La forme par contre n'a pas d'étendue ; elle n'est appréhendée que comme ensemble des limites entre champs colorés et/ou texturaux. Un champ visuel global se trouve segmenté par l'allocation de limites, qui sont autant de décisions perceptives. Or seul un champ segmenté peut avoir du sens, si on admet que celui-ci réside bien dans la structuration d'un réseau d'oppositions. Mais la limite n'est pas encore une ligne, comme on le verra par la suite.

La distinction, classique elle aussi (Souriau 1947), entre peinture ou art de la couleur et dessin et arabesque ou arts de la ligne, démontre une prise de conscience ancienne de la différence fondamentale entre forme d'une part, couleur et texture d'autre part.

¹ Le Traité du signe visuel du Groupe μ sera désormais désigné par TSV.

La sémiotique visuelle, comme toutes les sémiotiques, s'enracine dans les mécanismes de la perception. Un problème essentiel à résoudre est donc d'identifier les déterminants directement issus de ces mécanismes, et de circonscrire par là même le champ de liberté où se structure le système de signes proprement dit. Mais avant d'entamer ce travail une précision terminologique sera nécessaire, les mots du vocabulaire usuel étant le plus souvent utilisés de manière interchangeable : limite – contour – bord – ligne – trait. C'est pourquoi il nous faudra en proposer des sens plus précis et distincts. La *limite* est un phénomène, ce que l'on observe dans un champ visuel (naturel ou créé par l'homme) lorsque la variation d'une qualité translocale dépasse un certain seuil (de Mattiello 1989). *Contour* et *bord* se correspondent, ils désignent le même aspect, le premier dans une image et le second dans un objet du monde naturel. Le *cerne* est un contour épais. *Ligne* désignera un concept, i.e. l'idée d'un tracé immatériel, sans épaisseur, d'origine phénoménale, alors que le *trait*² sera une ligne matérialisée par une technique graphique déterminée, dans une image produite par l'homme (ou la machine).

2. L'origine perceptive de la ligne

Le circuit nerveux périphérique, transparent et situé devant la rétine, est d'une remarquable complexité, aujourd'hui bien comprise. On en trouvera des descriptions précises dans de nombreux ouvrages, en particulier chez Marr (1982) ou Masland (1990). Il s'agit avant tout de comprendre l'usage universel que nous faisons de la ligne alors que tout le monde voit bien que « Pour parler exactement, il n'y a dans la nature ni ligne ni couleur » (Baudelaire à propos de Delacroix 1976), que « La ligne géométrique est un être invisible » (Kandinsky 1929), ou encore que « [...] le contour des objets, conçu comme une ligne qui les cerne, n'appartient pas au monde visible » (Merleau-Ponty 1966).

L'affirmation que la vue saisit globalement une surface doit être précisée et relativisée. Tout d'abord les cellules réceptrices de la rétine, toutes minuscules qu'elles soient (en moyenne 100 000 / mm²), ont une étendue (leur interdistance est de $\pm 5\mu$), de sorte que la surface perçue ne

²À ne pas confondre évidemment avec le trait / *feature*.

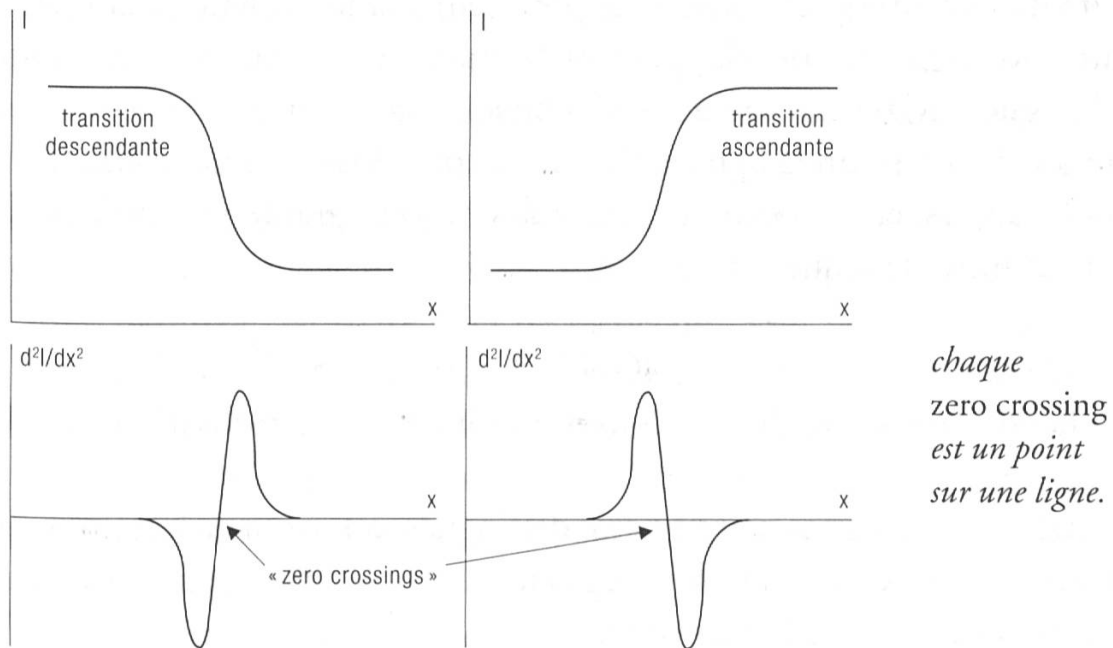
peut être qu'une mosaïque de points : l'impression de continuité est une pure construction. Le pouvoir de résolution de l'œil, ou angle solide correspondant au faisceau de rayons impressionnant une seule cellule, vaut 200 secondes d'arc dans la fovéa (soit 1 m vu à 1 km). La résolution est meilleure au centre de la rétine, mais le *pinceau d'attention* ne mesure qu'environ 1°.

La zone centrale du champ visuel, seule perçue avec un maximum de détails, dépasse cependant largement les 5° grâce à un double mécanisme très efficace, qui déplace sans cesse le point de focalisation sur la surface à explorer. Par le premier, l'œil est animé de mouvements rapides (les REM, ou *rapid eye movements*) qui balaient aléatoirement la zone. Par le second nous orientons l'œil, par une scrutation volontaire, dans la direction choisie.

Au niveau du câblage neuronal cette fois, les cellules nerveuses sont interconnectées latéralement pour former des champs récepteurs possédant un centre et une périphérie à réponses antagonistes. Il existe des « centre-ON » et des « centre-OFF », éventuellement disposés en batteries afin de détecter des alignements. C'est au sein de cette structure complexe que va émerger la ligne. La figure 1 montre comment ce câblage permet de repérer les discontinuités dans le champ. Elle représente la réponse d'un appareil ou d'un organe sensible (p. ex. l'œil) explorant le champ perpendiculairement à une telle discontinuité. Elle ne fournit, ici, qu'un seul point intéressant. La prise en compte d'un grand nombre de ces trajets fournira autant de points de discontinuité, dont l'ensemble, nécessairement sécant par rapport aux trajets d'exploration, n'est autre qu'une *limite*.

Mathématiquement l'élaboration neuronale traduite par la figure 1 équivaut à une double différenciation de la courbe, et le point où celle-ci traverse l'axe des abscisses en passant par zéro (*zero crossing*) correspond au point d'inflexion du tracé. Ce résultat est rigoureusement présenté dans Marr (1985) mais avait été obtenu indépendamment par le Groupe μ (TSV: 165). Nous retrouverons un mécanisme semblable à propos de la ligne virtuelle (§ 3.3). Dans son modèle, Marr ne retient que le *zero crossing* et suggère que la pente de la courbe en cet endroit, proportionnelle à la brusquerie de la discontinuité, pourrait servir à coder l'épaisseur du trait représentatif final. En fin de compte, comme l'écrit à nouveau Wiener, "every visual image in fact has something of the nature of a line drawing".

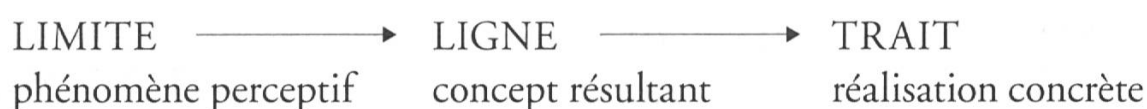
Figure 1 : La ligne a un côté gauche et un côté droit!



Il subsiste néanmoins un aspect troublant dans ce raisonnement. La dérivée engendrée par une transition ascendante n'est pas identique à celle d'une transition descendante. L'une est l'image en miroir de l'autre et pourtant elles sont censées produire deux lignes indiscernables, alors qu'à strictement parler la ligne devrait avoir un *flanc* droit distinct de son flanc gauche, la différence indiquant la direction ascendante ou descendante de la transition. Comme il existe des objets sombres sur fond clair aussi bien que des objets clairs sur fond sombre, cette latéralisation asymétrique de la ligne va intervenir dans la formation d'une hypothèse d'objet : selon l'interprétation retenue l'un ou l'autre flanc sera sélectionné comme pertinent, provoquant ainsi l'adhérence du contour à l'objet (p. ex. le flanc clair sera collé à la zone claire si c'est celle-ci qui est retenue comme indicatrice d'un objet). Sur ces questions, voir aussi la discussion de Sonesson (1989 : 265).

Quoi qu'il en soit la limite est un fait de perception. Elle se traduit par le concept de *ligne*, idée abstraite, dépourvue d'épaisseur, et lieu spatial des discontinuités repérées et amplifiées, ayant acquis grâce au système nerveux un semblant de réalité. Avec la ligne, lieu de concentration de l'information visuelle, nous pouvons décrire les formes sans nous préoccuper de la matérialité des objets qui les exhibent, nous pouvons même imaginer

des formes abstraites comme les êtres mathématiques. Il n'est donc pas étonnant que cet outil puissant, issu de connexions nerveuses acquises au cours de l'évolution et conservées pour leur grande valeur de survie, ait connu un immense développement formant une véritable « sémiotique de la ligne ». Mais comme nous ne pouvons pas créer une image faite de tracés sans épaisseur, la ligne abstraite est concrétisée par des *traits*, qui en sont les signes, et qui portent la trace des moyens graphiques utilisés. On a en définitive la séquence suivante :



Quatre types de lignes peuvent être distingués, qui n'ont en commun que le tracé. Une place spéciale devra également être réservée à une forme (non un type!) de ligne : la ligne droite.

3. Typologie de la ligne

3.1. *La ligne-contour*

La ligne-contour, celle qui fut décrite en premier, fit l'objet des célèbres expériences des psychologues de la Gestalt, menant à la formule connue : « Le contour appartient à l'objet. » C'est une loi perceptive, à laquelle il n'est pas possible d'échapper. Elle fonctionne dans les énoncés visuels aussi bien que dans les spectacles naturels. Elle accompagne la distinction forme/fond, et son corollaire selon lequel la forme « paraît » avancer et se situer en avant du fond.

Pourtant cette formule n'est pas acceptable telle quelle car elle est circulaire : c'est précisément la ligne qui définit l'objet, conjointement avec d'autres éléments, pas nécessairement visuels. C'est seulement lorsque l'objet est constitué que la ligne se transforme en contour et désormais adhère à la figure, laquelle devient un objet. Dans sa première apparition (TSV : 67) « la limite est un tracé neutre divisant un champ en deux régions, sans établir a priori aucun statut particulier pour l'un ou pour l'autre. » Au cours du développement individuel la première apparition est donc une ligne neutre (notre *ligne creuse* du § 3.2), rapidement muée en contour à mesure que s'accumulent les expériences visuelles et que se constituent les

types et les objets. Ces acquisitions précoces seront suivies, bien plus tard, d'un retour partiel à la ligne neutre pour des énoncés spéciaux.

Au point de vue sémiotique de nombreuses conséquences s'ensuivent :

- Si le contour appartient à l'objet, la liaison inverse est également tenue pour vraie : l'existence d'un trait rend probable celle d'un objet dont il serait le contour. Le camouflage militaire n'a pas manqué de s'emparer de cette inférence. C'est une règle implicite qui règne sur l'entier domaine de l'image didactique. Il est bien connu que les livres d'histoire naturelle, en particulier de médecine, sont beaucoup plus clairs et efficaces s'ils sont illustrés par des dessins que par des photos. Bien entendu, dans ce cas la liberté d'interprétation est supprimée et une erreur peut se propager sans contrôle. La technique de la « ligne claire » en BD, faite uniquement de contours et d'à-plats, produit de même des images d'une lisibilité exemplaire.
- Si le contour appartient à l'objet, il est en quelque sorte en redondance avec lui dans les images créées par l'homme. L'objet naturel se définit par ses champs colorés et texturaux. Représenter un objet en lui adjoignant une ligne-contour, c'est créer une redondance puisque l'objet induit de lui-même, via les circuits décrits plus haut, son contour ...
- Vu la tendance universelle à anthropocentrer, la loi gestaltique conduit presque automatiquement à la métaphore contour = peau.
- En fin de compte, la ligne-contour se trouve l'objet d'une série de déterminations ou d'implications qui la lient étroitement à l'univers figuratif et constituent autant de « degrés zéro ». On peut en dénombrer cinq :
 1. Degré zéro perceptif : Issu des considérations développées ci-dessus il s'énonce : *Le contour appartient à l'objet.*
 2. Degré zéro informationnel (ou de redondance) : Etant donné que le principe de concomitance fait varier ensemble les deux propriétés de surface du signe visuel (la couleur et la texture) et que d'autre part le contour marque une variation significative de ces deux paramètres conjoints, on peut écrire : *Les contours doivent être compatibles avec la segmentation des couleurs et des textures.*
 3. Degré zéro topologique : Le contour définit pour tout objet son identité et son extension spatiale, c'est-à-dire un intérieur et un extérieur. Il exprime le fait que l'univers de nos perceptions est « simplement connexe ». L'objet est un sous-ensemble de notre espace perceptif

doté d'une certaine invariance sensible. Il est normalement « d'un seul tenant ». Un contour ne peut donc présenter de croisements. Ce caractère est très fondamental et de nombreuses expériences ont montré que l'appareil perceptif va jusqu'à compléter fallacieusement des contours incomplets presque fermés (v. § 3.3). A la fermeture d'un contour répond la fermeture d'un concept et celle d'un objet. On écrira donc : *Tout objet a un contour fermé et un seul.*

4. Degré zéro instrumental : L'épaisseur ou la couleur d'un trait représentant un contour résultent de l'instrument graphique utilisé et non de l'objet représenté puisque le contour est une construction sans existence réelle. C'est pourquoi par exemple on ne s'inquiète pas de ce que les traits qui cernent un personnage de BD en ligne claire soient noirs. Néanmoins la remarque de Marr formulée au § 2 tendrait à attribuer à l'épaisseur du trait le sens d'un indicateur de soudaineté ou de profondeur dans la transition. S'agit-il ou non d'un code appris ? Dans le doute nous continuerons à écrire : *L'épaisseur ni la couleur et la texture d'un trait ne sont pertinentes.*
5. Degré zéro noétique : Notre expérience des choses fait que nous attribuons aux objets le caractère de matérialité, et donc d'opacité (sauf dans des cas exceptionnels de transparence, de translucidité, de reflet ... que le système perceptif a d'ailleurs de la peine à résoudre). On qualifiera cette décision de noétique en raison du fait qu'elle résulte d'un acte de connaissance. De sorte que : *L'espace délimité par un contour est plein.*

3.2. La ligne creuse

Le trait en tant que trait est-il la représentation d'un objet (l'objet-trait) ? Non puisque la ligne dont il est la manifestation ne correspond pas à une entité naturelle mais à un simple phénomène perceptif : la limite. C'est donc par une illusion représentative qu'il nous semble pouvoir lui conférer le statut d'objet : on dira alors qu'il « représente » l'objet ligne (v. § 3.4). C'est par ce mécanisme qu'a pu apparaître un type de ligne (donc aussi de trait) indépendant de tout objet. Mais il faut bien réaliser qu'il s'agit d'un tracé abstrait, dont l'épaisseur ni la couleur ne sont pertinentes. Si un trait s'épaissit il semble devenir un objet à son tour ... et acquiert des contours.

Nous appelons *ligne creuse* ce type de ligne, car elle n'est le contour d'aucun objet : la lettre *O* ou le chiffre *8* n'ont pas d'intérieur, il n'y a pas de substance dans les boucles. De plus ce type de tracé peut se croiser sans inconvénient, ou ne pas être fermé, ce qui n'est évidemment pas le cas dans le dessin au trait. Néanmoins la ligne creuse est signifiante dans tout son tracé. La chose est évidente pour l'écriture, mais elle est non moins certaine pour les courbes géométriques et autres usages tels les circuits électriques, cartes géographiques ou tatouages.

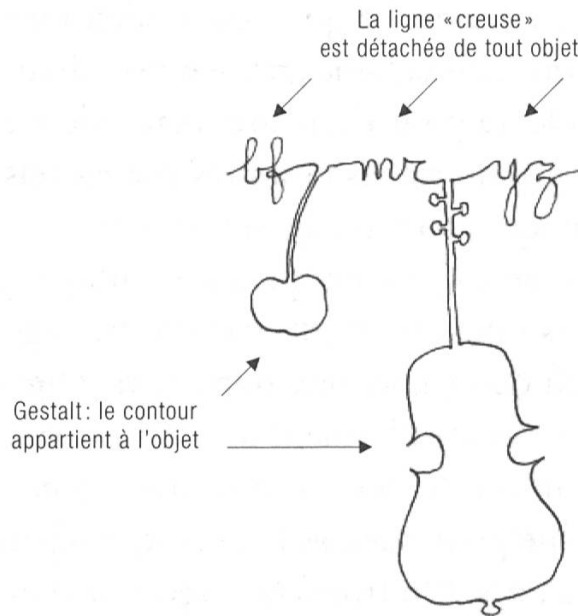
Si la ligne-contour est une acquisition précoce, l'usage systématique de la ligne creuse est acquis ultérieurement, par un dressage pouvant se révéler difficile. Elle connaît deux modalités opposées : la ligne qui sépare et la ligne qui unit, porteuses respectivement des métaphores potentielles de la barrière et du chemin (ou du lien). On trouvera p.ex. la première dans les cartes de géographie politique, où la ligne qui sépare deux pays n'appartient à aucun de ces pays. On trouvera la seconde dans les organigrammes, connectant entre elles les diverses cases. On la trouvera surtout dans les *diagrammes* physico-mathématiques, qui accélèrent sensiblement les calculs en les simplifiant et en les visualisant, et dont la productivité remarquable provient de ce qu'ils « indui(sen)t un mode de pensée, celui d'être plus attentif aux relations entre objets qu'aux objets eux-mêmes »³.

Ces deux modalités ont des significations opposées et géométriquement orthogonales. Les zones séparées sont situées de part et d'autre de la ligne, alors que les éléments unis se trouvent aux extrémités de la ligne. Sur une surface, espace à deux dimensions, la ligne creuse ne peut porter qu'une seule unité binaire d'information : deux extrémités ou deux demi-plans⁴. Notons aussi que cette ligne n'est pas directionnelle : elle ne le devient que transformée en flèche. Le contraste entre la ligne-contour et la ligne creuse est accusé de façon ironique et saisissante dans un petit dessin de Magritte (*Les mots et les images*, 1927). Inspirée de ce dessin, la figure 2 enchaîne, *sans lever la plume*, d'un trait unique, des lettres cursives et des objets reconnaissables. Il est clair que nous disposons de deux

³ Pour des exemples précis de cette fonction heuristique (diagrammes de Feynman, d'Argand, de Minkowski, de Dynkin...), voir Saint-Ours (2004).

⁴ Cette observation est très importante sur le plan théorique. Elle peut s'approfondir par la théorie des graphes, où on distingue un graphe de son dual par la conversion des surfaces en sommets et réciproquement (voir Edeline 2008a).

Figure 2: Les étapes de la représentation graphique. Acquisition de la ligne creuse (inspiré de Magritte, *Les mots et les choses*, 1927)



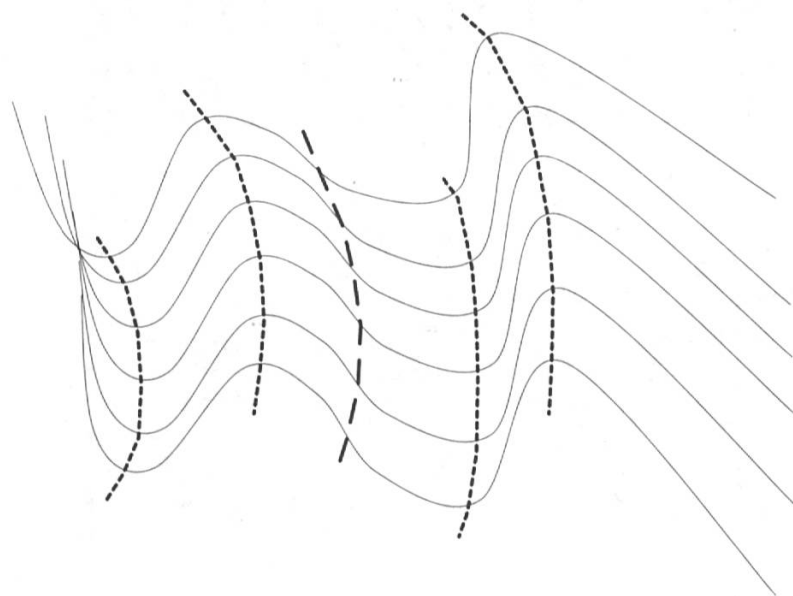
programmes de lecture différents pour interpréter correctement chacun de ces types. Jamais nous n'interprétons un dessin au trait comme s'il représentait une sorte de cage en fil de fer.

La ligne d'écriture est doublement linéaire: par son tracé d'abord, ensuite par l'espace canalisé où se meut ce tracé et qui, vu d'une certaine distance, peut lui aussi être appelé ligne (d'où le calligramme). Constituée d'un enchaînement de formes élémentaires, elle met en œuvre un répertoire limité choisi parmi ces formes ou graphèmes (eux-mêmes en nombre potentiellement illimité).

3.3. La ligne virtuelle

Ce type de ligne est entièrement construit par le système perceptif à partir de stimuli indirects, aussi l'appelle-t-on également *contour subjectif*. La figure 3 montre comment elle est construite par l'œil. Dans une ligne creuse quelconque on rencontre divers points singuliers: des extrema (max. et min., où la pente change de signe) et des points d'inflexion (où la courbure change de sens). Ils sont caractérisés respectivement par l'annulation des dérivées première et seconde. Ces points sont repérés par l'œil comme

Figure 3: La ligne virtuelle. Une ligne fictive est construite par l'œil perpendiculairement à un réseau de lignes en joignant les points de courbure maximum ainsi que les points d'inflexion.



« émettant » un champ de probabilité normal à la ligne. Il suffit que de tels points singuliers puissent être reliés par un tracé simple pour que ce tracé, pourtant inexistant, paraisse exister. La figure 4 en montre une belle application dans l'œuvre de Vasarely. L'art optique en fait grand usage.

Une autre modalité de la ligne virtuelle, bien connue des amateurs d'illusions d'optique, est le triangle de Kanisza (figure 5). Dans cette figure des alignements concordants sont joints par une ligne subjective.

Dans les deux cas la ligne obéit au principe de groupement des gestaltistes. Elle constitue un chemin de moindre résistance, elle mène à une simplification cognitive de la figure, dont elle offre une lecture (c'est-à-dire une interprétation) synthétique mais hypothétique. On constate une nouvelle fois à quel point la ligne est enracinée à la fois dans le système perceptif périphérique et dans le cerveau central où sont exploitées les images.

Vasarely n'est certes pas le premier à avoir eu recours à la ligne virtuelle. Son côté virtuel a permis à bien des peintres de braver la pudeur ou les interdits religieux à l'aide de drapés « suggestifs ». Mentionnons Holbein suggérant le relief des seins et de la chevelure de Jeanne de Boulogne (figure 6). Il faut ici souligner que ce dessin fut fait d'après une statue, dont le relief ne pouvait être rendu que par des procédés indirects. On rappellera

*Figure 4: Exemple de ligne virtuelle: Victor Vasarely, Grille d'entrée, 1996
(Faculté de Lettres et Sciences Humaines, Montpellier)*

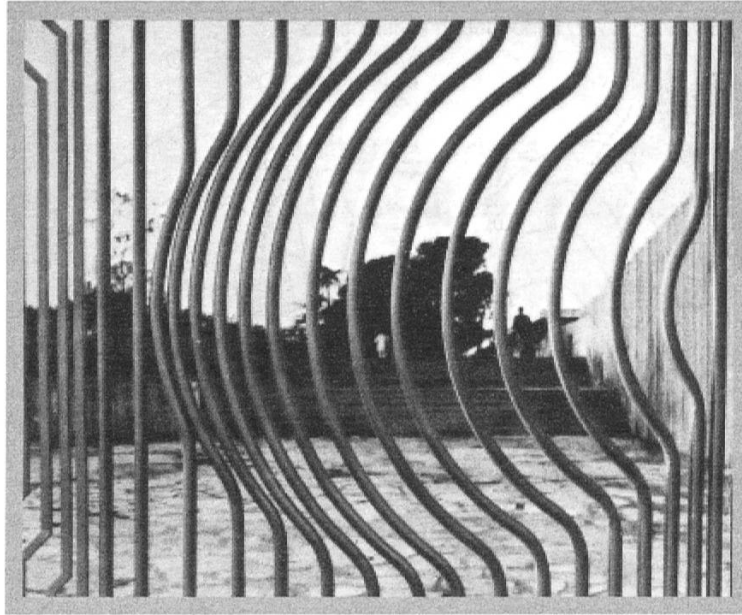
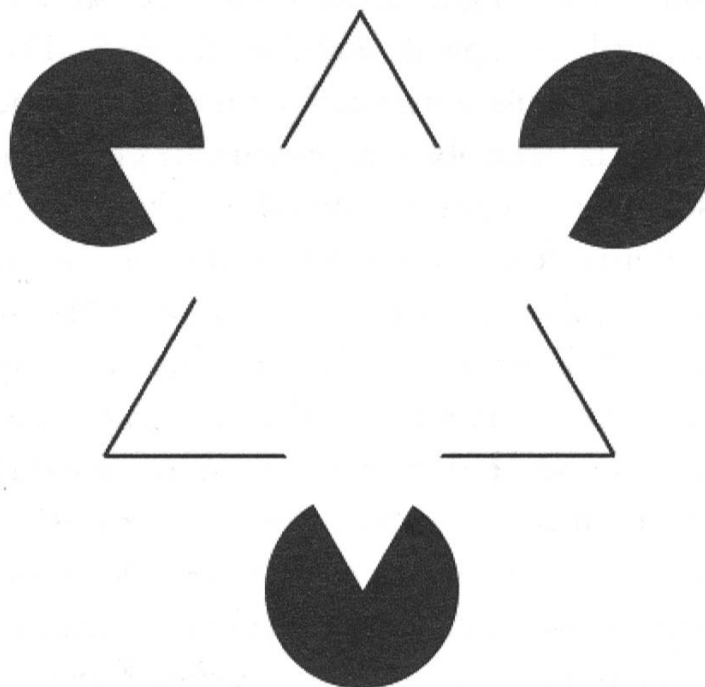


Figure 5: Contours subjectifs: le triangle de Kanisza



également l'admirable *Sainte Face* du graveur Claude Mellan (1649), faite d'un unique trait de burin spiralé partant de la pointe du nez. Avec un peu de recul tous les traits du visage du Christ apparaissent comme virtuels, perpendiculaires à cette spirale de 225 spires (v. aussi § 6.1).

Une dernière modalité de la ligne virtuelle est la *courbe-enveloppe*. C'est elle qui unit les pointes extrêmes des feuilles ou des ramilles d'un arbre pour donner ce que nous appelons « arbre en boule » ou « arbre en torche ». Le tracé de cette courbe enveloppe, qui ne fait nullement partie de l'arbre, est cependant accepté comme représentant l'arbre. Cette figure fictive est connue aussi sous le nom de *contour subjectif d'Ehrenstein*. On la trouve dans d'innombrables domaines, en particulier dans les représentations graphiques d'enregistrements sonores, où il est possible de préciser et même de quantifier l'information qu'elle contient.

Figure 6: Hans Holbein, Jeanne de Boulogne, Duchesse de Berry, 1524 – voir la résille et le corsage



3.4. La ligne-lieu

Il existe enfin un quatrième type de ligne distinct des précédents : *la ligne-lieu*. Cette fois la ligne joint des points jouissant d'une même propriété, formant ainsi un lieu au sens géométrique. L'exemple le plus simple est celui du cercle (lieu des points équidistants d'un même point appelé centre) mais il y en a des centaines. En géométrie la parabole, l'hyperbole, le « segment capable » en sont des exemples familiers. L'existence de ces lignes n'est toutefois pas limitée au monde abstrait de la géométrie. Elles peuvent acquérir une existence matérielle comme en témoignent des pratiques aussi courantes que le tracé d'un parterre elliptique par un jardinier, à l'aide d'une corde en boucle et de deux piquets figurant les foyers. Ou encore la vision quotidienne d'une caustique par réflexion formée par les rayons solaires se réfléchissant sur les parois d'une tasse de café.

C'est une ligne qui unit des points, certes, mais pas à la façon d'un chemin : on ne *va* pas d'un point à un autre, et les points successifs ne souffrent aucune dispersion. La ligne *est* le lieu, et il existe d'ailleurs des lieux non linéaires : des surfaces, des domaines ... La ligne-lieu se distingue ainsi fondamentalement d'une ligne creuse en ce qu'elle est le *résultat d'une opération*. Elle est elle-même une entité, un objet du monde. C'est elle que nous regardons, contrairement aux lignes qui sont des *opérateurs*, celles que l'on ne regarde pas pour elles-mêmes et qui unissent ou séparent des entités auxquelles elles n'appartiennent pas. La ligne-lieu n'est bien entendu pas non plus une ligne-contour, et encore moins une ligne virtuelle.

4. La ligne droite

Parmi toutes les formes de lignes possibles la ligne droite revêt une importance exceptionnelle, sur l'origine de laquelle il est intéressant de s'interroger. Dans notre câblage neuronal nous disposons de détecteurs d'alignement performants (cf. ci-dessus § 2). Mais s'ils détectent aisément une non-linéarité, même faible et noyée dans un nuage de points, ils sont incapables de distinguer aussi finement l'un de l'autre les divers types d'arcs : arcs de cercle, de parabole, d'hyperbole, d'exponentielle, etc.

C'est pourquoi on a imaginé de ramener ces divers arcs à des droites, moyennant une transformation mathématique appropriée. Pour traiter ses

observations expérimentales, le chercheur dispose (notamment) des quatre méthodes de linéarisation classiques suivantes : linéaire, exponentielle, logarithmique et fonction puissance. La meilleure équation sera celle qui les linéarise le mieux. Toutes quatre sont aujourd'hui pré-programmées sur la moindre calculette, mais il y en a bien d'autres.

L'attrait pour des modèles mathématiques pouvant se représenter graphiquement par des droites est également lié au principe de parcimonie ou *rasoir d'Occam*. Ce sont en effet des modèles entièrement définis par deux nombres seulement, et qui présentent de ce fait un compromis idéal entre leur pouvoir explicatif et l'effort de mesure ou d'analyse nécessaire pour leur définition, en maintenant maximal le nombre de degrés de liberté du système. C'est pourquoi ils constituent une première ligne d'attaque logique, sans qu'on puisse en inférer que le monde est simple. On trouvera une brillante discussion de ce principe dans Hoffmann et al. (1997).

Il importe de bien réaliser qu'il s'agit ici d'un moyen psychologique pour entraîner une conviction : la conviction qu'un modèle hypothétique est adéquat. L'œil devient juge, au même titre que l'analyse statistique des données, laquelle, soulignons-le, n'a nul besoin de s'exercer sur une droite. Au contraire, les échelles non arithmétiques modifient la structure des écarts et nécessitent des calculs compliqués (Kolmogorov-Smirnov) pour éviter des linéarités illusives⁵.

Un autre piège de la représentation graphique, malgré l'excellence de nos détecteurs, est le renforcement de l'impression subjective de corrélation (au sein d'un nuage de points linéarisé en une droite) lorsque l'on change d'échelle en la rapetissant. On crée ainsi un effet de distance, le nuage semble plus éloigné, plus compact, plus cohérent, donc plus corrélé.

5. La dimension de la ligne

La ligne possède une dimension 1, telle est la réponse banale à cette question. Cependant elle n'est vraie que pour une courbe dérivable. Des tracés non dérivables tels les courbes de von Koch, Hilbert, ou Sierpinski possè-

⁵ Les limites du domaine de confiance, situé de part et d'autre d'une telle droite obtenue par transformation algébrique, sont courbées en forme de diabolos, de sorte que, suivant son emplacement, un petit écart peut faire sortir des limites, ou au contraire un grand écart ne pas les dépasser.

dent une dimension fractionnaire intermédiaire entre 1 et 2. La courbe de Peano (figure 7a) a même la dimension 2 et occupe toute la surface (pour des exposés sérieux de la géométrie dite « fractale » v. Mandelbrot 1975 ; Barnsley 1988 ; Sapoval 1997). Moyennant une construction répétée de façon itérative un grand nombre de fois (à la limite, un nombre infini) certains tracés peuvent ainsi s'approcher infiniment près de n'importe quel point d'une surface. On dira que ces tracés sont quasi-ergodiques.

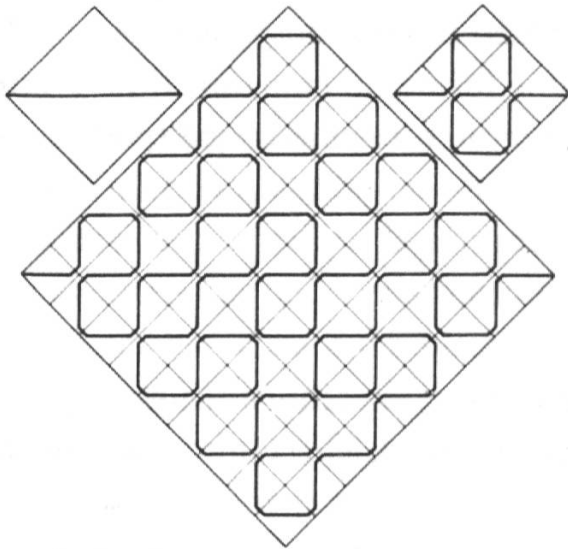
Il a existé de tout temps un grand intérêt pratique, accompagné par une indéniable fascination, pour les techniques permettant de réaliser des surfaces à partir de lignes : le tissage, le tricot, le crochet, la vannerie, le labourage boustrophédon ... Ce développement n'est pas oiseux car il permet entre autres de jeter un regard neuf sur le labyrinthe.

Le jardin est par définition un espace multimodal, faisant intervenir directement la plupart des sensorialités, sinon toutes. En tant qu'espace physique déployé sur une surface il possède, en première analyse, deux dimensions. Une difficulté est soulevée, justement, par l'intervention simultanée de deux modalités sensorielles différentes : la vue et le proprio-cinétisme. Pour la vue, qui embrasse d'une saisie globale toute la surface du jardin ou du parc, il est clair qu'il s'agit d'un espace à 2D. Pour la marche cependant, il est non moins clair que notre corps ne peut s'approprier cet espace dans sa totalité : il ne peut que le parcourir dans des allées linéaires, lesquelles dans un labyrinthe sont de surcroît prévues pour en empêcher la saisie visuelle, au moyen de haies ou de murs. D'où conflit et frustration : 2D pour les yeux, 1D pour les jambes.

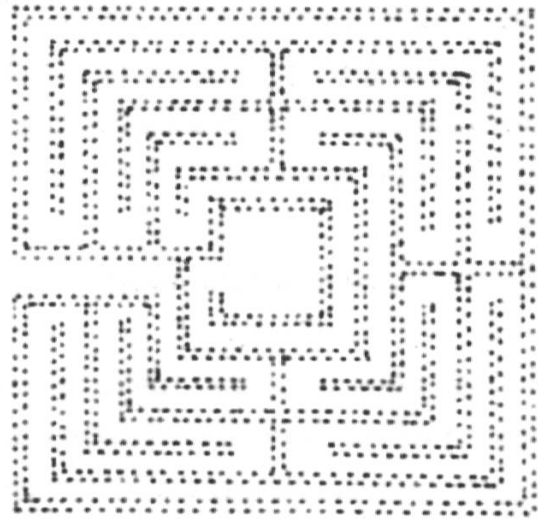
Il se pourrait que les concepteurs anciens de grands et illustres jardins aient eu conscience de cet aspect, et même qu'ils aient envisagé, au moins obscurément, le labyrinthe comme un élément de réponse. Un jardin comme le *Tivoli de la Villa d'Este* (figure 7b) ne comporte pas moins de quatre labyrinthes carrés identiques, disposés de façon symétrique par rapport à l'axe central.⁶ Chaque carré est à parcourir par des chemins en équerre successifs, dont l'œil éprouve une grande difficulté à suivre le

⁶ Précisons immédiatement qu'il ne s'agit pas de labyrinthes du premier type, dit « de Gortyne » ou *Irrgarten*, lequel comporte des bifurcations, des chemins parallèles, des voies sans issue, et où on peut se perdre. Il s'agit au contraire de labyrinthes du second type, unilinéaires, où on est assuré de parvenir au centre : on est seulement ralenti dans la progression.

Figure 7: Dimension fractale du labyrinthe



a) Courbe de Peano



b) Plan d'un labyrinthe carré (Tivoli)

tracé. Si au contraire le promeneur s'engage dans le labyrinthe et le parcourt, il n'a aucune difficulté à en éprouver l'unilinéarité, d'autant plus que, vu les hautes haies entre lesquelles il progresse, on lui interdit de voir. Suppression de la proprioception dans le premier cas, suppression de la vue dans le second, la fonction du labyrinthe se dévoile : il s'agit de provoquer la saisie complète d'une surface par le moyen d'un parcours organisé de façon à permettre l'opération sans répétition ni omission.

La cellule de base du parcours de type Tivoli, un chemin en équerre, est susceptible d'itération. Il est possible de rétrécir au tiers les allées tout en conservant leurs parois. La longueur du trajet s'en trouvera à très peu de chose près multipliée par trois à chaque étape tout comme dans la courbe de Peano dont la dimension est 2. Mais avec ou sans savants calculs il apparaît simplement que la structure du labyrinthe offre une médiation entre un paysage et un chemin, entre une surface et une ligne, soit indirectement entre la vue et la marche. Grâce à lui il devient possible avec son corps d'*occuper* une surface et non seulement de la *traverser*. Néanmoins la polarité de l'opposition subsiste : on peut contempler l'ensemble d'un jardin sans pouvoir le parcourir, mais dans un labyrinthe on parcourt une surface sans la voir.

6. Le signifié de la ligne

La ligne, et le trait qui la matérialise, sont des attributs du signe visuel. Plus précisément le trait est une forme de l'expression, pouvant servir de support à une signification, c.à.d. à une forme du contenu. Il peut être examiné au niveau plastique aussi bien qu'au niveau iconique (pour cette distinction, v. TSV, 1992:113).

6.1. *Le trait au niveau plastique*

Il s'agit de la ligne envisagée en tant que ligne, en dehors de toute figuration, indépendamment de son engagement éventuel et simultané dans la représentation iconique d'un objet.

A ce niveau les contenus ne peuvent être que très généraux. Nous avons vu plus haut que la limite est un tracé neutre, ne conférant aucun statut particulier aux régions du champ qu'elle permet de distinguer. Néanmoins, en instaurant une partition dans une substance (pour parler en termes hjelmsléviens) elle met en place une opposition ou système élémentaire, investissable sémantiquement. Marque de sémiotité, elle crée les conditions d'une lisibilité: un continuum indifférencié serait inapte à véhiculer du sens. En d'autres termes encore la ligne sémiotise les énoncés visuels. Ce geste élémentaire entérine la différenciation du monde perçu. Davantage même qu'une simple reconnaissance de sa discontinuité, il est une insistance sur son caractère discret, non magmatique.

De même le trait dessiné figure dans un couple qui l'oppose à la ligne d'écriture comme le simultané s'oppose au successif. Un signifié linguistique, soumis à la linéarité du code, ne se transmet qu'en une séquence temporelle, alors que le visuel bénéficie d'une saisie globale et instantanée. C'est sans doute là qu'il faut chercher l'explication de l'exceptionnelle efficacité du diagramme, présenté généralement comme une « sténographie visuelle » (Saint-Ours 2004).

Mais le trait peut à son tour présenter diverses formes: rectiligne, anguleux, courbe, flexueux... susceptibles de recevoir des connotations sémantiques différenciées. Écoutons par exemple (parmi cent autres, cf. Roque 2003: 370 sq) le dessinateur W. Hogarth (trad. Brunet 1963) qui en distingue quatre types, en fonction d'un critère de valeur qui est son aptitude à la variation, elle-même mesurant sa valeur décorative:

- la ligne droite : valeur décorative minimale
- les lignes droites et courbes réunies : lignes de l'ornement
- la ligne onduleuse : ligne de la beauté
- la ligne serpentine : ligne de la grâce

La ligne reçoit souvent aussi des significations codées, plus ou moins motivées. Dans les diagrammes où Darwin esquisse l'évolution des espèces, le trait continu marque la continuité évolutive, alors que le trait pointillé ou tireté en marque la discontinuité. Les actuelles stations de ski notent iconiquement le tracé des pistes mais exploitent leur attribut coloré pour en noter la difficulté, selon une échelle motivée : bleue < verte < rouge < noire. Kennedy (1982) propose d'appeler *runes* certaines lignes employées dans les cartoons pour désigner conventionnellement le mouvement, le bruit, les odeurs, le désarroi, l'ébriété etc.

Enfin interviendront des aspects de la ligne qu'on groupera (vaguement) sous l'appellation de topologiques. Par exemple une ligne fermée détermine un intérieur et un extérieur, avec les connotations correspondantes. De même on ne considère pas de la même façon une ligne dite « montante » et une ligne « descendante ». Mais ne faudrait-il pas d'abord vérifier expérimentalement si une ligne montante pour un droitier n'est pas descendante pour un gaucher ? Ce type de considérations mène rapidement à des spéculations où on ne peut plus distinguer le naturel du culturel et de l'idiosyncrasique.

Certaines images sont bistables et faites pour être regardées à deux distances différentes. Dans la *Sainte Face* déjà citée le tracé spiralé n'est perceptible que de près, à une distance où le visage cesse de l'être. Le choix d'une spirale est symboliquement motivé (Edeline 2008b) et par surcroît une représentation divine faite entièrement de lignes virtuelles est une subtile indication de sa transcendance, par une influence icono-plastique (TSV : 279 sq).

6.2. Le trait au niveau iconique

Plastiquement un trait pointillé indique la discontinuité d'un phénomène ou l'affaiblissement d'une liaison ; iconiquement ce même trait sera l'image d'un tamis ou d'un filtre. Ici vont se manifester les 5 degrés zéro

relevés en 3.1. à travers les transgressions dont ils sont l'objet de la part des créateurs d'images (artistes ou publicitaires).

6.2.1. Par rapport au DZ perceptif

Deux types d'écarts perceptifs peuvent être relevés. Le premier, poussant le théorème jusqu'à ses limites, nous propose un contour définissant comme objet unique ce que l'encyclopédie par ailleurs nous enseigne être un groupe d'objets. Un dessin de S. Steinberg crée ainsi par un trait unique la superentité familiale.

Le second présente également un contour unique pour deux objets, mais au lieu de les englober il s'insinue entre eux. C'est la multistabilité, devenue familière à partir des figures ambiguës de Rubin. Comme on le sait, il est impossible de voir simultanément les deux objets (ici : deux visages ou une coupe).

Dans *Mère et enfant* de Paul Klee (1938) il y a imbrication complète des deux personnages, engrenés l'un dans l'autre comme les pièces d'un puzzle. La complémentarité des couleurs se double d'une complémentarité des figures, dont la somme forme un plan sans lacune ni superposition. Une figure plastique audacieuse est ici employée, puisqu'un unique trait sert de contour à la fois aux deux personnages. Il en résulte que l'image est le siège d'une alternation où ce trait est vue soit comme contour de la mère soit comme contour de l'enfant. On peut dire qu'il réalise une médiation plastique entre les deux personnages, et marque en quelque sorte leur consubstantialité.

6.2.2. Par rapport au DZ informationnel

La redondance engendrée par la concomitance ne pouvait échapper aux peintres, qui ont de diverses façons essayé de découpler couleur et ligne.

Les écarts possibles sur ce plan sont : (a) remplissage incomplet des intérieurs par la couleur; (b) chevauchement des plages colorées et des contours. Ils tendent à déstabiliser l'objet, mais restent néanmoins réductibles grâce à la forte redondance formelle des types. L'écart (a), en affirmant l'autonomie de la couleur par rapport à la ligne, consacre le démantèlement et la dislocation de l'objet. Ce dernier cesse d'être présenté sous la

forme d'une intégration synthétique de traits, mais apparaît comme une collection analytique de ceux-ci. En outre, comme la tache colorée a ses propres limites et engendre son propre contour, l'objet en vient à posséder deux contours. Quant à l'écart (b), il va plus loin encore dans la négation de l'opposition extérieur/intérieur. La possibilité de plages colorées (elles-mêmes présentant parfois des limites indéfinies, ou se terminant par un mouchetis interdisant d'en fixer la limite avec précision) brochant sur les contours s'interprète même, précisément, comme médiation de cette opposition. Ce qui est dedans est comme ce qui est dehors. (Exemples nombreux chez Dufy notamment.) La conception du monde sous-jacente à de telles représentations est évidemment celle d'une consubstantialité de l'univers : les objets sont un découpage arbitraire pratiqué dans la substance unique.

6.2.3. Par rapport au DZ topologique

On peut s'écarter de cette norme en multipliant les contours ou en les supprimant, partiellement ou totalement.

Les contours multiples sont systématiquement employés dans les peintures de fruits et de légumes de Cézanne. Loin d'y être redondants, ils contribuent à renforcer l'impression de profondeur à leur entour, comme l'a parfaitement démontré Merleau-Ponty (1966).

Le contour incomplet est réduit déjà par l'oeil lui-même, mais il s'établit tout de même à son occasion une communication de l'intérieur avec l'extérieur, atténuant leur opposition. Le contenu s'extravase. Dans de nombreux dessins de Chagall (par exemple *L'Acrobate*, 1918), on se trouve devant une suppression partielle du contour en tant que fermeture topologique de l'objet. Les objets de ce dessin apparaissent fortement déconnectés.

Mais la suppression totale du contour est beaucoup plus radicale et implique des décisions catégoriques quant au statut de l'objet. Seurat dans ses dessins montre les étapes et l'aboutissement d'une telle démarche, exemplairement illustrée par *L'Appel* (1883–1884) ou *La Liseuse* (1883–1884). Dans ces transitions extrêmement progressives, Franz et Growe (1984) voient de pures gradualités et forgent le concept de *Helldunkel-Kontinuum*. Devant elles le processus de vision éprouve les plus grandes difficultés à opérer des ségrégations nettes, du fait de l'absence de transitions

suffisamment abruptes pour engendrer la perception d'une limite. Seurat, en réaction contre l'Académie, cherchait à concevoir un dessin antilinéaire. Le dessin au trait consacre une segmentation, une différenciation pratiquée sur le monde visible. En réalisant son dessin-sans-trait, Seurat tend à abolir ces distinctions, il n'y a plus d'opposition figure/fond, il y a ambivalence entre l'avant et l'arrière, entre le proche et le lointain, les objets se dissolvent, perdent leur identité et leur autonomie : les choses deviennent quasi invisibles. Il en résulte une esthétique de l'équilibre et de la réversibilité.

Parmi ceux qui remplacent le contour par le fondu, à côté de Seurat qui mène la démarche à son degré extrême, nous trouvons aussi Renoir. Chez lui les jeunes filles sont simplement un lieu un peu plus chaud et animé dans la substance du jardin,- fleurs, grandes graminées, soleil,- dont elles se distinguent à peine.

6.2.4. *Par rapport au DZ instrumental*

Un exemple particulièrement raffiné est fourni par la peinture chinoise, qui souscrit entièrement au concept d'une ligne-contour appartenant à l'objet. Elle en tire avantage pour charger ce trait d'un signifié (le signifié de sa texture) et pour considérer que ce signifié se projette *vers l'intérieur* des tracés. Vu la variété instrumentale de leur exécution, ces traits présentent une épaisseur et une texture différenciées, dont Cheng (1979) a relevé 14 types, codifiés dans les écoles de peinture, et parmi lesquelles on trouve : « nuages enroulés », « taillé à la hache », « chanvre éparpillé », « face de diable », « crâne de squelette », « fagot emmêlé », « fragment de jade », « pierre d'alun » ... Bien que fournies seulement par des contours, elles sont considérées comme valables par convention pour la totalité de la surface enclose.

La distinction proposée par Wölfflin (1952) entre style linéaire et style pictural va dans le même sens.

On peut encore mentionner ici le calligramme. La ligne-contour est un lieu d'information visuelle concentrée, mais c'est avant tout une ligne, dont on a voulu parfois faire aussi une ligne de texte. Une variété de calligramme (le calligramme-contour) pratiquée depuis l'antiquité, applique ce principe. Généralement considéré comme un écart à partir des normes

Figure 8: Remplissage par figures humaines et main – Larry Rosso (artiste Kwagiutl), Halibut



du langage, le calligramme peut tout aussi bien s'envisager comme écart à partir des normes du dessin figuratif.

6.2.5. Par rapport au DZ noétique

Considérer que l'essentiel de l'information d'un champ visuel est concentrée dans ses limites mène à accepter qu'un dessin au trait peut en être une représentation suffisante. Corrélativement le dessin au trait comportera de grandes surfaces « vides » de signifiant quoique « pleines » de signifié.

Les dessins des Indiens de la côte Ouest du Canada transgressent systématiquement la règle selon laquelle l'espace délimité par un contour est plein et par conséquent ne peut être occupé par un autre objet. Ces artistes manifestent une répulsion totale vis-à-vis des espaces vides et les remplissent systématiquement d'autres figures, éventuellement déformées pour s'adapter à l'espace disponible (figure 8). Ce principe de remplissage est constitutif de leur esthétique, mais lorsqu'un occidental regarde un portrait où des figures apparaissent sur le front, la poitrine ou d'autres surfaces corporelles du personnage, il les prend pour des tatouages ou des peintures corporelles et non pour des représentations d'objets ayant le même statut de réalité que le personnage portraituré.

Francis Picabia a produit, entre 1927 et 1931, une série de toiles sous le titre global de *Transparences* et comportant plusieurs images superposées, dont les tracés sont librement en intersection. Toujours le personnage ou objet du fond est « matériel », sa matérialité étant exprimée par des à-plats de couleur, des ombrages, des textures, alors que la ou les images superposées (de 2 à 4) n'ont que des lignes-contours. Le propos explicite de Picabia était la recherche d'une nouvelle traduction de l'espace, sans recourir à la perspective.

7. Conclusions

La ligne rend, comme on a pu le voir, de signalés services. Comme la couleur et la texture, elle fonctionne aussi bien au niveau plastique qu'au niveau iconique, les signifiés du premier pouvant à l'occasion renforcer ceux du second. Elle se prête à maint usage symbolique. Mais c'est sans doute utilisée seule, pour elle-même, que son efficacité éclate le mieux. Nous l'avons vue alternativement instrument de découverte (cas d'une image nouvelle à interpréter) et outil de simplification cognitive (cas d'une image à transmettre et diffuser), ce qui souligne son implication essentielle dans les processus de cognition. Néanmoins elle est aussi à l'origine de quelques pièges : il y a des labyrinthes où on se perd.

Plus fondamentalement nous constatons que certaines lignes sont des *opérateurs* alors que d'autres sont le *résultat d'une opération*.

On ne peut que rester confondu devant la diversité des aspects que prend une entité aussi élémentaire. L'étonnement s'accroît encore si on réalise qu'elle est construite et entièrement fictive. L'omniprésence de la ligne dans nos images et dans notre représentation du monde fait alors naître le soupçon d'un immense malentendu sur le réel.⁷ C'est notre regard, méritant bien ici l'appellation de « chalumeau » que lui donnait Bru (1955), qui ainsi hyperbolise le découpage du monde et nous en propose cette image fragmentaire, émiettée, entérinant toutes les séparations. On en vient à rêver, à essayer d'imaginer ce que deviendrait cette image si par la vertu de quelque microchirurgie on supprimait les inhibitions latérales dans la rétine...

⁷ Caivano (2000) va jusqu'à penser qu'au lieu d'évoquer une réalité physique à laquelle nous n'avons pas accès, il serait préférable de parler de réalité sémiotique.

Références

- BATT, N. (éd.) (2004). *Penser par le diagramme – de Gilles Deleuze à Gilles Châtelet*. Paris: Presses Universitaires de Vincennes.
- BARNESLEY, M. (1988). *Fractals Everywhere*. San Diego: Academic Press.
- BAUDELAIRE, C. (1976). *Œuvres Complètes II*. Paris: Gallimard (Pléiade): 752.
- BRU, C.-P. (1955). *Esthétique de l'abstraction*. Paris: Privat.
- BRUSATIN, M. (2002). *Histoire de la ligne*. Paris: Flammarion.
- CAIVANO, J.-L. (2000). Ilusiones y efectos visuales que involucran distribución espacial de la luz. In: J.-L. CAIVANO & R.H. AMUCHASTEGUI (éds.). *Argencolor 1998 – Actas*. Buenos Aires: Grupo Argentino del Color: 245–252.
- EDELIN, F. (2008a). Des expériences visuelles aux énoncés linguistiques – Contribution de la théorie des graphes. Intervention aux Journées d'études pluridisciplinaires: les images scientifiques, de leur production à leur diffusion. Université Louis Pasteur, Strasbourg, à paraître sur le site des Nouveaux Actes Sémiotiques. Univ. de Limoges.
- EDELIN, F. (2008b). La spirale: un symbole visuel universel. *Cahiers Internationaux de Symbolisme* n° 119-120-121: 47–76.
- GROUPE μ (1992). *Traité du signe visuel*. Paris: Seuil.
- HOFFMANN, R.; MINKIN, V.I. & CARPENTER, B.K. (1997). Ockham's Razor and Chemistry. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry* 3: 2–28.
- HOGARTH, W. (1963 [1753]). *Analyse de la beauté*. Trad. française de Brunet, Paris: Nizet.
- KANDINSKY, W. (1991 [1929]). *Point et ligne sur plan: contribution à l'analyse des éléments de la peinture*. Paris: Gallimard (Folio-Essai): 67.
- KENNEDY, J. M. (1982). Metaphor in Pictures. *Perception* 11: 589–605.
- MARR, D. (1982). *Vision*. New York: Freeman.
- MASLAND, R. (1990). L'architecture fonctionnelle de la rétine. In: Y. GALIFRET (éd.). *Les mécanismes de la vision*. Paris: Belin: 69–84.
- MATTIELLO DE, M.L.F. & BUGLIONE, S.B. (2000). Cambios en la segmentación de superficies debidos al color. In: J.L. CAIVANO & R.H. AMUCHASTEGUI (éds.). *Argencolor 1998 – Actas del cuarto Congreso Argentino del Color*. Buenos Aires: Grupo Argentino del Color: 297–300.
- MERLEAU-PONTY, M. (1966). *Sens et non-sens*. Paris: Nagel: 25.
- PEITGEN, H.-O. & RICHTER, P.H. (1986). In: H.-O. PEITGEN & P.H. RICHTER (éds.). *The Beauty of Fractals – Images of Complex Dynamical Systems*, Berlin: Springer Verlag.
- ROQUE, G. (2003). *Qu'est-ce que l'art abstrait?*. Paris: Gallimard.
- SAINT-OURS DE, A. (2004). Les sourires de l'être. In: N. BATT (éd.). *penser par le diagramme*. Saint-Denis: Presses Universitaires de Vincennes: 29–53.
- SAPOVAL, B. (1997). *Universalités et fractales – jeux d'enfant ou délits d'initié?*. Paris: Flammarion.
- SOURIAU, E. (1947). *La correspondance des arts*. Paris: Flammarion.
- WIENER, N. (1958). *Cybernetics*. Paris: Hermann.
- WÖLFFLIN, H. (1952, trad. française). *Principes fondamentaux de l'histoire de l'art*. Paris: Plon.

