Vers une nouvelle prise en compte de l'esthétique dans la composition de la carte thématique : propositions de méthodes et d'outils

Laurent Jégou

▶ **To cite this version:**

Laurent Jégou. Vers une nouvelle prise en compte de l'esthétique dans la composition de la carte thématique : propositions de méthodes et d'outils. Histoire. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2013. Français. NNT : 2013TOU20017 . tel-00863525

HAL Id: tel-00863525

https://theses.hal.science/tel-00863525

Submitted on 19 Sep 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Toulouse

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :
Université Toulouse 2 Le Mirail (UT2 Le Mirail)

Présentée et soutenue par :
Laurent Jégou
Le mardi 4 juin 2013

Titre :

Vers une nouvelle prise en compte de l'esthétique dans la composition de la carte thématique : propositions de méthodes et d'outils.

École doctorale et discipline ou spécialité :
ED TESC : Géographie et aménagement

Unité de recherche :
UMR LISST

Directeurs de Thèse :
Denis ECKERT, Directeur de recherche au CNRS, UMR LISST, (CNRS - Université Toulouse 2 - EHESS)
Martin PAEGELOW, Professeur de Géographie, Université Toulouse-2 Le Mirail

Rapporteurs :

Thierry JOLIVEAU, Professeur de Géographie, Université de St-Etienne
Angel PUEYO CAMPOS, Professeur de Géographie, Université de Saragosse (Espagne)

Autre(s) membre(s) du jury :

Robert BOURE, Professeur de Sciences de l'Information et de la Communication, Université Toulouse-3 Paul-Sabatier
Robert MARCONIS, Professeur de Géographie émérite, Université Toulouse-2 le Mirail
Christine ZANIN, Maître de conférences en Géographie, Université Paris-Diderot

Résumé

On se consacre dans ce travail à des aspects mal pris en compte par la méthodologie classique de la carte thématique. Dans un contexte pratique et technique en profonde mutation, nous proposons une prise en compte renouvelée de l'esthétique dans la cartographie thématique, pour la conception des cartes comme pour l'évaluation de leur efficacité. Une exploration de disciplines connexes à la cartographie a été engagée pour identifier des méthodes et des outils nouveaux.

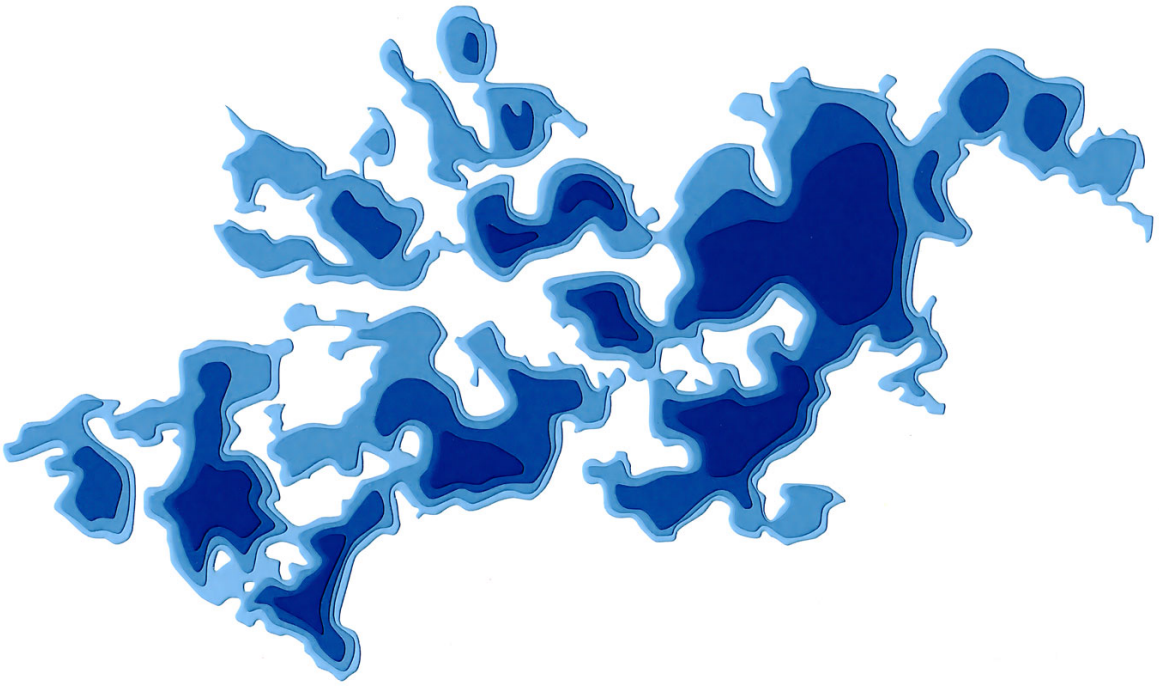
Cette entreprise a été guidée tout d'abord par la volonté de revisiter les connaissances sur la manière dont la carte était perçue, interprétée puis comprise, en mobilisant les domaines de la perception visuelle et de la sémiotique. On a pu, dans la première partie, en tirer des enseignements originaux à propos de la composition de la carte, en mettant en évidence des principes perceptifs directeurs et en approfondissant le fonctionnement sémiotique des éléments visuels. La sémiotique visuelle constitue une passerelle entre l'étude de la signification des formes visuelles, importante en cartographie, et les approches esthétiques qui mobilisent ces signes visuels selon des modalités bien plus variées. Il s'avère que les signes visuels plastiques sont fondamentaux dans l'expression des émotions, des idées qui vont faire naître des appréciations d'ordre esthétique à propos d'une image cartographique.

Dans la deuxième partie, on s'est préoccupé de la définition des propriétés esthétiques et de la description de leur fonctionnement dans ce contexte particulier d'application à la carte thématique. L'ontologie esthétique nous a apporté une définition utile, mais surtout une analyse de la génération des propriétés esthétiques. L'iconographie, une branche de l'histoire de l'art, a ensuite permis de proposer des méthodes de description du fonctionnement sémiotique visuel, que l'on a pu adapter et expérimenter sur l'objet carte. Nous nous sommes par la suite intéressés à la manière dont certains artistes ont exploré la relation entre formes graphiques et propriétés esthétiques, puis aux conceptions du design graphique. L'objectif est de se rapprocher progressivement de propositions méthodologiques pratiques.

La troisième partie marque une étape supplémentaire dans cette démarche. Une synthèse des idées-forces des chapitres précédents permet de faire un ensemble de propositions, dont l'efficacité a été testée par enquête auprès de 850 géographes et utilisateurs de cartes. On étudie ensuite plus longuement la mise en œuvre de deux propositions particulières d'analyse de l'efficacité des cartes thématiques : la visualisation de différentes formes de la complexité visuelle interne et la visualisation des proportions et des relations colorées d'une carte.

Ce travail de thèse aboutit à justifier le développement de nouvelles approches dans la méthodologie de la cartographie thématique, en allant emprunter des concepts, des constructions théoriques, des méthodes d'analyse et des outils d'évaluation de l'image-carte à des disciplines proches. En procédant avec prudence et en gardant à l'esprit les différences d'objet et de contexte, on peut mettre à profit les vastes domaines de la conception artistique, de l'esthétique et du design graphique. Au-delà de cette architecture théorique, cette façon d'envisager la conception des cartes thématiques offre de nombreuses perspectives pour la création de nouveaux outils, potentiellement utiles en pédagogie comme en analyse critique. On étend ainsi le champ disciplinaire et l'on permet au géographe de prendre du recul sur sa pratique de représentation de l'espace.

La carte est un territoire.



« Lake Minnetonka », Marnie Karger, papier découpé, 2013.

Remerciements

Le présent document est le fruit d'un travail original selon plusieurs points de vue, il n'aurait tout simplement pas pu être mené à son terme sans l'aide de nombreuses personnes, que je voudrais remercier ici.

Tout d'abord un grand merci à mes deux directeurs, Denis Eckert et Martin Paegelow, qui ont validé l'idée de cette thèse puis assuré un suivi régulier du travail. Sans leur confiance renouvelée je n'aurais pas osé me lancer dans ce projet et je n'aurais pas été très loin.

Je considère comme un honneur l'acceptation de faire partie du jury de Robert Boure, Angel Pueyo Campos, Thierry Joliveau, Robert Marconis et Christine Zanin.

Je voudrais aussi exprimer ma gratitude à Samuel Robert et Christine Zanin pour avoir participé à mon comité de thèse : ces deux réunions m'ont été d'un apport inestimable.

Merci à mon laboratoire d'accueil, le LISST-CIEU, notamment pour son soutien lors de mes déplacements et communications.

Des collègues et néanmoins amis ont bien voulu répondre à mes questions, relire ma prose, me faire part de nombreuses idées. Merci tout spécialement à Sébastien Le Corre et Frédéric Durand, Joseph Buosi, Jérôme Grapy, Franck Vidal et le personnel du Département de Géographie de l'UTM.

Je remercie également mes étudiants, qui pendant trois années ont aidé à tester des hypothèses, subi des questionnaires, diffusé les liens des enquêtes dans leur réseau.

Quelques amis et supporters ont aidé à maintenir la motivation : notamment l'équipe du ForumSIG avec Ludovic et Nicolas, et évidemment Carine, responsable du service « soutien moral ».

Mes remerciements aussi aux camarades doctorantes qui poursuivent leurs efforts au LISST : Marion Maisonobe, Pauline Crombette, bon courage !

Enfin un grand merci à ma famille pour son support constant pendant ces trois années qui furent réellement intensives !

Sauf mention contraire, les illustrations du présent document sont des originaux réalisés par l'auteur.

Les polices de caractères utilisées :

- **Simoncini Garamond Standard** est une version moderne des caractères crées par Jean Jannon au seizième siècle, que l'on doit à la fonderie italienne Simoncini (1958-1961). Elle est distribuée notamment par la société Adobe.

- **Gandhi sans** a été créée pour les librairies Gandhi (Mexique), c'est en effet une police bien adaptée à l'impression et très lisible. Sa bonne tenue en corps la rend appréciable pour les titres. Elle est distribuée notamment par FontSquirrel.com

Sommaire

Introduction générale 1

Première partie : Vers un modèle renouvelé de la perception et de l'interprétation des images cartographiques 24

Chapitre 1 : La perception visuelle 25

Chapitre 2 : De la perception à l'interprétation : la sémiotique 70

Chapitre 3 : Les propriétés esthétiques : origines et fonctionnement 118

Deuxième partie : À la découverte des propriétés esthétiques 143

Chapitre 4 : L'histoire et la critique d'art pour la description des propriétés 144

Chapitre 5 : Les propriétés esthétiques décrites par les artistes abstraits théoriciens 180

Chapitre 6 : Design graphique : concevoir une information expressive 224

Troisième partie : Des pistes de mise en pratique 262

Chapitre 7 : Synthèse et propositions : Des pistes pour améliorer l'efficacité 263

Chapitre 8 : Estimer différentes complexités visuelles d'une carte thématique 304

Chapitre 9 : Visualiser et évaluer l'harmonie colorée 339

Conclusion générale 355

Bibliographie 360

Annexe 1 Le contexte épistémologique 385

Annexe 2 Présentation des services Internet et de leur fonctionnement 407

Annexe 3 Enquête « Cartographie et esthétique », questionnaire et résultats 409

Introduction générale

Lorsqu'on parle aujourd'hui de méthodologie de la carte thématique, c'est rarement en tant que question vive, débattue et offrant des perspectives nouvelles. Le plus souvent, la réflexion méthodologique y est ramenée à un choix parmi quelques modes de représentation préétablis, ce choix devant garantir une bonne lisibilité, c'est-à-dire une certaine efficacité dans la transmission des informations au lecteur. La carte est alors le résultat d'une série de décisions aboutissant à une image selon un processus à sens unique. La réalisation d'une carte thématique est parfois même décrite comme la simple construction d'une *légende*, c'est-à-dire du système de signes établissant la relation entre des phénomènes géographiques et des formes graphiques dans une image. Les opérations additionnelles conduisant à une carte complète sont réduites à l'application de gabarits-modèles simples, de stéréotypes graphiques, ce qui revient à nier l'influence de ces opérations sur l'efficacité du résultat. Or la carte est une image, un assemblage graphique visuellement complexe, dont la présentation peut fortement varier d'un auteur à l'autre, d'un contexte à l'autre. La question de la carte en tant qu'image perçue, interprétée et comprise, n'est donc pas neutre. On constate cependant qu'elle est restée à l'arrière-plan de la recherche.

Cartographe professionnel, je pratique et j'enseigne la cartographie en milieu universitaire depuis plus d'une quinzaine d'années. Cette activité s'entend essentiellement dans le sens de la conception et de la production de cartographies d'illustration, en bonne part thématiques[1]. Au fil de cette expérience, j'ai graduellement ressenti un écart entre le produit d'une méthodologie de la cartographie thématique devenue « classique »[2] et l'aspect visuel plus recherché des cartes qui sont aujourd'hui visibles dans certaines publications de recherche, de vulgarisation ou d'information. L'analyse de cet écart a fait émerger l'idée qu'il existait une appréciation esthétique des cartes, en relation avec le paradigme fondateur de la carte comme activité hybride entre science et art. En outre, cette estimation qualitative, cette valorisation du côté plaisant des images cartographiques, semblait très peu reconnue dans la littérature scientifique de la discipline.

La carte géographique est l'objet au cœur du travail. Je me propose, dans le présent travail, de constituer la carte en objet d'étude à part entière, de l'étudier pour elle-même et non pas comme un accessoire, un outil de travail ou un objectif de production du géographe. Ce positionnement peut sembler inaccoutumé. De même, la mention d'une approche

1. Les définitions des principaux objets, notions et concepts de la recherche font l'objet d'un paragraphe spécifique, cf. §1.5 *infra*.
2. Notamment les tentatives d'automatisation logicielle de cette méthodologie, dont les modalités et l'aspect final sont aujourd'hui rarement remis en cause.

esthétique est assez inhabituelle dans un contexte de recherche en géographie. Comment cette question a-t-elle émergé ? Peut-on en justifier l'intérêt aujourd'hui ?

La faible prise en compte des approches esthétiques dans les enseignements et la recherche en cartographie, notamment les notions de composition et d'harmonie, a donc motivé ma curiosité et mes lectures dans des disciplines connexes qui proposaient des pistes prometteuses : arts graphiques, esthétique, histoire de l'art. Par ailleurs, il semble que l'intérêt des géographes pour la réflexion sur la perception des images, leur interprétation, leur cognition et leur appréciation, qui a été vif à une certaine époque, est aujourd'hui émoussé, malgré les progrès qu'on peut supposer dans ces approches par les disciplines qui s'y intéressent spécifiquement. La psychologie de la perception, la sémiotique et l'esthétique sont donc des domaines qui demandent une curiosité spécifique et renouvelée, toujours selon le point de vue d'un cartographe intéressé par l'aspect final de ses productions.

Au fil des lectures, une problématique plus précise s'est dégagée, pour former une articulation entre ces approches (différentes, mais coordonnables) et devenir un programme de travail, tout d'abord bibliographique. On a premièrement cherché à mesurer l'intérêt de cette première formulation de la question. Pour ce faire, une revue des réflexions sur l'esthétique dans l'épistémologie de la cartographie thématique a été entreprise. Les sources mobilisées pour cet état de la question[3] sont bien sur les manuels méthodologiques, en français comme en anglais (plus nombreux et plus souvent cités), mais aussi les ouvrages-clés de la discipline ainsi que les grandes revues internationales. On compte parmi celles-ci les revues qui ont été labellisées[4] par l'Association Cartographique Internationale (ACI), complétées par des revues francophones un peu plus récentes, comme *Mappemonde*[5]. De même, l'Annuaire de l'ACI a proposé de 1960 à 1987 un contenu très important pour l'épistémologie en cartographie. En parallèle, certains auteurs ont fait l'objet d'un suivi particulier de par l'intérêt de leurs travaux pour notre questionnement, faisant notamment preuve d'une préoccupation épistémologique certaine qui se traduit par des ouvrages ou des articles de synthèse, des tours d'horizon. Dans cette catégorie on peut inclure C. Board, Roger Brunet, Colette Cauvin, Borden D. Dent, Alan M. McEachren, Michael F. Goodchild, John F. Keates, Alexander J. Kent, Mark Monmonnier, Daniel Montello, Arthur H. Robinson.

L'analyse de ces sources permet de montrer que la méthodologie classique de la cartographie thématique semble être aujourd'hui stabilisée, ne plus être une question vive de la discipline. Cette méthodologie semble en outre incomplète, car elle ne prend pas en compte l'importance avérée de l'esthétique. Enfin, on montrera que le contexte technique actuel permet la mise au point de nouveaux outils d'analyse, plus accessibles, pour aider à mettre en évidence l'intérêt d'une approche esthétique en cartographie thématique.

---

3. Cf. la bibliographie, en fin de volume.

4. Au sens où ces revues sont devenues des organes officiels de l'association : *The Cartographic Journal* (revue de la British Cartographic Society) en 1964, *Cartographica* (héritière du *Canadian Cartographer)* en 1965, et *Cartography and Geographic Information Science Journal* (revue de la North American Cartographic Information Society, héritière de la revue *The American Cartographer*.) plus tard en 2004.

5. Accessible en ligne depuis 2004 à l'adresse :http ://mappemonde.mgm.fr

1.1. Une méthodologie qui n'est plus discutée, car stabilisée ?

La carte a toujours présenté de multiples formes et styles, selon ses fonctions, ses concepteurs, le public visé, ses supports… Depuis quelques années, avec la démocratisation des outils permettant de créer et diffuser des illustrations cartographiques, cette diversité s'est amplifiée. En 1987, Roger Brunet[6] prévenait déjà :

> « La révolution de l'image a atteint la carte. Grâce aux micro-ordinateurs, faire une carte devient presque aussi simple que prendre une photographie. Et tout aussi délicat : on peut rater une photo, et l'amateur doit savoir un certain nombre de choses [...]. On n'apprend guère à faire une carte, encore moins à la lire, ou à la déchiffrer, et à en tirer tout ce qu'elle recèle. Or, plus elle se répand, plus il faut être habile à s'en servir. Savoir la lire, savoir en faire. »

En 1991, Mark Monmonnier[7] était parmi les premiers à relever les déboires de la carte informatisée, dans son célèbre ouvrage : *Comment faire mentir les cartes*, devenu un classique de l'enseignement. Il soulignait que l'utilisation de méthodes automatisées sans leur complète compréhension préalable aboutissait forcément à des contresens dans la représentation. En 1999 Michael Franck Goodchild[8] remarquait le paradoxe de la cartographie à l'époque numérique : si les outils informatiques, notamment les S.I.G.[9], offrent des moyens étendus, complexes, pour réaliser des cartes, la cartographie elle-même n'est plus qu'un sous-ensemble facultatif des traitements possibles, elle est marginalisée. Les S.I.G. ont comme vocation d'aider à l'analyse des ensembles d'informations à composante spatiale, la représentation de ces informations dans une carte thématique n'est pas leur fonction première, de loin. Or les S.I.G. sont à l'époque les outils informatiques les plus répandus en ce qui concerne le traitement des données spatiales. Il n'est plus nécessaire de faire partie de la profession (et donc d'avoir reçu une véritable formation spécifique) pour réaliser des cartes (on y reviendra, car la situation a bien sûr évolué sur ce point depuis 1999). Cet auteur constate qu'une grande partie des réalisations issues de ces outils ne correspondent pas aux critères de qualité, d'efficacité, communément admis en cartographie (malheureusement sans les définir plus précisément).

M.F. Goodchild résume ce paradoxe dans la formulation suivante :

> « Le monde qui est en train de marginaliser la cartographie est aussi un monde qui a plus que jamais besoin de principes et de compétences cartographiques. »

Depuis, avec l'essor d'Internet, la diffusion des données cartographiques et des logiciels pour leur traitement, ainsi que le développement du graphisme d'information (*data-journalism*[10]), les supports et les producteurs de cartes se diversifient toujours plus (ainsi que, conséquemment, les publics). La carte reste un outil d'analyse et de communication

6. [Brunet, 1987], p. 3. Les mentions entre crochets renvoient à la bibliographie en fin de volume.
7. [Monmonier, 1991]
8. [Goodchild, 1999]
9. Systèmes d'Information Géographiques, outils informatisés de stockage, gestion et traitement de données à composantes spatiales, dont une fonction parmi d'autres est de réaliser des cartes.
10. Un premier manuel en français propose une synthèse des moyens et des méthodes : [Joannes, 2012]. Une bonne référence pratique est [George-Palilonis, 2006]

puissant et expressif, unique dans la représentation des relations spatiales, mais la variété des concepteurs de cartes, des professionnels aux amateurs en passant par toute la gamme des situations intermédiaires, s'est étendue.

Du point de vue de la recherche, si la réflexion théorique sur la nature, le rôle et les fonctions de la carte reste vivante, relancée dernièrement par exemple par ce qu'on pourrait appeler l'école anglaise[11], il semble cependant que la réflexion méthodologique sur l'efficacité de la *conception* et de la *composition* de la carte elle-même se soit amenuisée, marginalisée elle aussi. Du moins on peut estimer qu'outre la question des nouveaux usages et supports, la recherche s'est progressivement spécialisée dans des domaines de plus en plus étroits, laissant penser par conséquent que les problèmes plus généraux de composition, de représentation, sont résolus depuis longtemps (ou triviaux).

Parmi les indices en ce sens, on peut noter l'ouvrage collectif[12] dirigé en 1996 par C. H. Wood et D. Keller, suite à un colloque sur la recherche en conception cartographique[13], dont D. R. Montello[14] nous dit qu'il fut inspiré par la reconnaissance du fait que la révolution numérique a conduit à négliger cette question de la conception cartographique et la recherche associée.

Les thèmes de recherche les plus fréquents dans les publications récentes en cartographie ne font pas mention de cette question. On peut citer des thèmes récurrents comme l'intégration de données spatiales et topographiques dans des systèmes d'information organisés de façon ontologique (c.-à-d. présentant une modélisation conceptuelle des informations et de leurs relations), la représentation de certains types complexes de variables : flux, variations temporelles, réseaux et relations, la participation des habitants à la production de données, etc. Le numéro 198 du *Bulletin* du Comité Français de Cartographie, paru en décembre 2008[15], fait un tour d'horizon des thèses soutenues récemment dans le domaine et les thématiques qu'on y relève semblent confirmer l'idée d'une certaine spécialisation des recherches méthodologiques en cartographie, notamment en liaison avec l'informatique. Un petit nombre de travaux seulement s'intéresse actuellement à l'aspect visuel des cartes et son appréciation qualitative, on y reviendra.

En 2001, A. M. MacEachren et M-J. Kraak présentent les « Enjeux de recherches en géovisualisation » dans un numéro spécial de la revue CaGIS[16], au nom de la commission Visualisation et Environnements Virtuels de l'Association Internationale de Cartographie. Dans ce qui peut être vu comme un des premiers manifestes du glissement de la cartographie traditionnelle vers la géovisualisation, on ne peut que remarquer l'insistance sur les aspects d'interactivité et de représentation dynamique, souvent pour aider à la découverte et la communication de masses de données complexes, auparavant inaccessibles ou impénétrables.

---

11. Sur le paradigme de la carte comme discours de domination, Cf. [Dodge *et al.*, 2009] et annexe n°1.
12. [Wood, Keller, 1996]
13. Symposium on Cartographic Design and Research, University of Ottawa, août 1994
14. [Montello, 2002], p. 296.
15. Cf. notamment l'introduction d'Anne Ruas : [Ruas, 2008]
16. Cartography and Geographic Information Science, Cf. [MacEachren, Kraak, 2001]

Le chapitre « représentation » de ces enjeux de recherches est focalisé sur ces aspects nouveaux :

> " With data, challenges for traditional representation methods are posed by very large, multivariate geospatial data sets that include both the third spatial dimension (e.g, volumetric atmospheric data) and time. New representational tools that help respond to these challenges include interactivity, animation, hyper-linking, increasingly realistic immersive environments, and dynamic object behaviors. "

Si la sémiotique n'est pas oubliée, elle ne constitue plus qu'un domaine parmi d'autres, secondaire, de la recherche qui est encouragée. On comprend que l'apparition de nouvelles données (numériques, précises, organisées, volumineuses) ainsi que de nouveaux outils d'analyse et de représentation (ordinateurs, interfaces couleur, réseaux, interaction, troisième dimension, …) ait ouvert de très larges perspectives de recherches pour les chercheurs en géovisualisation. En parallèle, la géomatique[17] est devenue une discipline scientifique à part entière, avec des problématiques et des résultats spécifiques, au croisement de l'informatique, de la géographie et de de la géographie appliquée à l'environnement ou l'aménagement.

Un brin provocateur, Denis Wood publie en 2003 « Cartography is dead (thank god) », dans *Cartographic Perspectives* (titre qui est en fait une reprise d'un article de W. Loy de 1993[18]). Son argument principal est que la cartographie est devenue une activité professionnelle standardisée, une boîte à outils, qui n'est plus remise en cause ou étendue. Il note que l'enseignement de la cartographie à l'université voit le nombre de formations se réduire, ainsi que la recherche académique liée, du moins aux États-Unis. Cet article a donné lieu à de nombreuses réactions, qui pointent notamment l'évolution des techniques et des pratiques (S.I.G.), mais il a surtout encouragé un renouveau de la réflexion sur la conception cartographique elle-même. On peut, dix ans après, considérer que cet appel a connu un succès mitigé.

L'Association Cartographique Internationale a organisé en 2010 un troisième symposium sur la conception cartographique (après ceux de 1970 et 1994 évoqués ci-dessus). Plus récemment, en avril 2012, un numéro thématique de la revue CaGIS a été consacré à ce sujet[19]. Le directeur invité de ce numéro, Zhilin Li, relève en introduction la faible fréquence des colloques sur ce sujet, et exprime l'idée que les remarques faites dans les années 1990 sur le relatif oubli de la conception cartographique dans les recherches en cartographie sont toujours largement valables aujourd'hui. Il propose de s'inspirer des « Principes de l'Excellence Graphique » établis par un célèbre auteur du domaine du *Design* Graphique, Edward Tufte[20]. Cette proposition d'ouverture de la recherche cartographique vers des disciplines à la fois plus artistiques et plus en prise avec un usage

17. Selon la définition de l'Office de la langue française du Québec, reprise par l'encyclopédie en ligne Hypergéo (visitée en mars 2012), la géomatique est « l*a discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale et qui fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion.* » Le Petit Robert (2012) est plus concis et évoque simplement le « *Traitement informatique des données géographiques* ».
18. Cf. [Wood, 2003], [Loy, 1993].
19. Cf. [Zhilin, 2012]. Il cite notamment [Wood, Keller, 1996].
20. [Tufte, 1983].

social est intéressante à noter. Est-ce à dire que la méthodologie de la cartographie thématique est incomplète ?

1.2. Une méthodologie incomplète ?

Si la méthodologie établie de la carte thématique ne semble plus être une question vive, il est étonnant de relever qu'elle soit pourtant relativement démunie face à certaines questions concernant l'aspect général des cartes, leur présentation, leur composition. En 1987, Roger Brunet[21] synthétise de manière intéressante la fonction de la carte et la répartition des rôles entre les éléments et leur composition, leur « arrangement » :

> « Le langage de la carte est dans la forme, l'arrangement et la signification des distributions qu'elle montre. Les formes élémentaires sont les sèmes de ce langage ; la syntaxe est dans leurs relations ; le message entier dans la configuration de la distribution. »

On retrouve l'idée que la carte soit un média, et plus particulièrement possède des caractéristiques d'un langage. C'est une approche assez fréquente dans l'épistémologie (on y reviendra, notamment en annexe n°1), mais R. Brunet articule dans cette phrase les éléments et leur composition, qui forment ensemble le langage. La mise en pratique de ces idées a donné lieu entre autres à la modélisation chorématique[22], qui implique des éléments sémantiques et leur assemblage signifiant. Il faut ici mettre l'accent sur la dernière phrase : outre ses éléments formels signifiants, la composition de la carte joue un rôle intégrateur important dans son efficacité à transmettre l'information géographique.

Un auteur important pour nous, car il s'est spécifiquement intéressé à la question esthétique en cartographie, est John S. Keates. Il s'étonne plus spécifiquement de l'absence du concept de composition dans la littérature scientifique récente.

> " Cartographic composition : it's difficult to understand why this topic is so neglected in writing on cartography. There seems to be an assumption that once the scale, area and content of the map have been determined, and as the subject matter cannot be 'rearranged' because of the need to keep correct location, that 'design' exists separately from composition. "[23]

Même en utilisant des outils spécialisés de cartographie assistée, en suivant une méthodologie aujourd'hui relativement établie[24], les résultats sont d'une apparence très variée en fonction des outils (et du degré de liberté laissé au géographe). On fait l'hypothèse qu'ils seront donc d'une efficacité inégale. La réflexion sur les choix de représentation porte généralement sur chacun des éléments de la carte (taille, échelle,

21. [Brunet, 1987], p. 190.
22. Cf. l'article fondateur : [Brunet, 1980].
23. dans [Keates, 1996], (pp. 245-246).
24. Dans les manuels disponibles, on en citera un certain nombre, cf. bibliographie en fin de volume.

contenus, légende …), mais il manque presque toujours la vision globale du résultat final : la composition et la coordination de ces éléments. Le cartographe expérimenté réalisera plus ou moins consciemment et intuitivement cette opération d'intégration, d'imagination visuelle, de préfiguration, mais il est étonnant que cela ne fasse pas partie de l'enseignement et des outils d'assistance à la conception. Lorsque les cartes étaient encore réalisées à la main, les croquis préparatoires aidaient à cette préfiguration.

Les outils techniques utilisés aujourd'hui sont en fait spécialisés dans une partie de la chaîne de traitements aboutissant à une carte : la gestion des données spatiales et leur interrogation /exploration pour les SIG, la représentation thématique pour les outils de CCAO[25]. La composition finale, la mise en page, voire la détermination de l'aspect général de l'image cartographique restent du domaine quasi « manuel » du dessin, de l'illustration, et il n'existe pas d'outil accessible qui l'assiste réellement, d'autant moins qui l'automatise. Par ailleurs, il semblerait que les concepteurs de logiciels de cartographie assistée fassent porter leurs efforts sur le nombre de possibilités de représentation, sur le paramétrage du traitement graphique des variables et sur le croisement de sources d'informations diverses, plutôt que sur l'efficacité globale et l'aspect visuel du résultat. Cette remarque peut être appliquée aux logiciels dits de SIG comme aux outils de CCAO ou de présentation cartographique interactive sur Internet[26].

Mais qu'ajouter de plus à la méthodologie cartographique à propos de l'aspect général d'une carte ou sa composition ? Comment définir la différence de ce point de vue entre une carte « automatique » déficiente et une carte « manuelle », provenant d'un travail de professionnel expérimenté ? Comment rechercher une amélioration de l'efficacité de la composition cartographique dans ce domaine ? Il semble que des pistes se dégagent si l'on examine avec une approche renouvelée la façon dont une carte fonctionne, est active, dont elle est perçue par son lecteur. Pour cette approche, le rapport avec l'esthétique et l'art nous semble pertinent à explorer. Les relations entre art et cartographie ont toujours été présentes dans la recherche cartographique, les ressemblances entre la carte et l'art pictural, dans les résultats comme dans les techniques, créant des liens évidents. Peu d'auteurs se sont cependant intéressés aux aspects concrets, pragmatiques de ces ressemblances, la recherche restant le plus souvent dans des considérations générales et descriptives plutôt qu'explicatives et méthodologiques[27].

Les géographes ont pourtant souvent promu la recherche allant dans ce sens. A. H. Robinson, dans « The Look of Maps » en 1952[28] écrivait :

> There can be little doubt that if the use of visual techniques to stimulate predictable responses is accepted as within the field of art, then cartography includes artistic techniques. Such techniques obviously should be employed in the attempt to satisfy the functional requirements of a map, for a map is a graphic thing that, by any definition, cannot visually be sterile.

25. Conception Cartographique Assistée par Ordinateur, par exemple Cartes&Données d'Articque, Philcarto de Philippe Waniez ou SCAP de L. Jégou.
26. Cf. [Eckert, Jégou, 2011]
27. Le riche travail de J. S. Keates, cf. [Keates, 1996], paraît en effet assez isolé dans la bibliographie.
28. [Robinson, 1952], p. 19.

Cependant A. H. Robinson était aussi de l'avis de Max Eckert[29] à propos de l'apparence artistique des cartes, qui, si elle était privilégiée aux dépens de l'information, pouvait détourner l'attention du lecteur et donc réduire l'efficacité scientifique. Il faut cependant replacer cette opinion dans le contexte historique de la production cartographique en couleurs à l'époque, dans le souvenir des cartes manuelles très ornementées des siècles précédents.

Eduard Imhof, qui fut le premier président de l'Association Cartographique Internationale et qui est devenu célèbre pour son art de la représentation du relief avec l'école suisse de cartographie, écrit en 1967 un article titré « *L'art en cartographie* » dans l'annuaire de l'ACI[30]. Dans cet article, il fait un intéressant historique des préoccupations artistiques des cartographes. Son opinion se situe entre celle de M. Eckert et A. H. Robinson évoquées ci-dessus et celle des modernistes simplificateurs des années 1970-1980 dont elle constitue en fait une prémisse. E. Imhof indique que, pour lui, la beauté d'une carte c'est sa lisibilité, son utilité. La volonté de mêler art et cartographie a selon lui surtout provoqué une surcharge de contenu et des discordances réduisant l'efficacité de la carte (au sens d'outil de transmission d'information). On trouve donc ici l'idée d'une surcharge graphique qui complexifie la lecture et rend la carte moins performante[31]. L'art doit donc être vu selon cet auteur comme une ressource pouvant aider le cartographe dans son œuvre, mais dans un cadre bien précis et sans gêner la mission première de la carte. Cependant on sent chez E. Imhof un certain regret à propos de l'art : il conseille aux cartographes de développer et d'exercer leurs dons artistiques, mais dans un contexte graphique qui privilégie l'exactitude et la qualité.

Un peu plus proche de nous, J.S. Keates a montré un intérêt pour ces questions dans toute sa carrière (en production cartographique comme en enseignement et recherche). Dans un article de 1984, « *The Cartographic Art* »[32], il s'étonne que la focalisation sur la théorie de la communication en cartographie n'ait pas aussi développé l'intérêt pour la carte en tant qu'image, objet possédant des caractéristiques esthétiques. Cette façon de voir permettrait alors de s'intéresser aux propriétés esthétiques des cartes. J. S. Keates constate que dans la recherche de l'époque, ce sujet pourtant bien défini est difficile à intégrer aux modèles proposés par les épistémologues (cf. annexe n°1), dont il regrette l'interprétation trop mécaniste du fonctionnement de la carte. Son idée centrale est que *toute carte provoque forcément une réaction esthétique*. Améliorer cette réaction, la rendre agréable, ne peut que rendre la lecture d'une carte plus intéressante et donc plus efficace. Ne s'intéresser qu'aux aspects utilitaires d'une carte serait oublier d'autres propriétés existantes et actives, esthétiques. Dans son ouvrage de 1996, « *Understanding Maps* »[33], il s'intéressera beaucoup plus longuement à ces propriétés esthétiques et construira une intéressante réflexion que nous tenterons de présenter plus en détails dans un chapitre spécifique.

29. Avis exprimé dans [Eckert, 1921], qu'A. H. Robinson cite.
30. [Imhof, 1967]
31. Opinion qu'on retrouvera chez des graphistes comme E. Tufte, dont on reparlera.
32. [Keates, 1984]
33. *op. cit.*, cf. note 29 page précédente.

Dans son manuel de cartographie thématique[34] dont la première édition date de 1985, Borden D. Dent évoque spécifiquement la question de la composition. Il cite le critique cartographique J. K. Wright[35] qui relie caractère esthétique et indice de qualité, de fiabilité, ainsi que J. S. Keates. B. D. Dent définit trois propriétés qualitatives pour évaluer l'esthétique d'une carte : harmonie, composition et clarté. Il cite aussi les premiers travaux d'E. R. Tufte, contemporains, notamment l'invitation à concevoir des images claires qui éveillent la curiosité, piquent l'attention, invitent le lecteur à découvrir plus complètement l'information[36]. La qualité esthétique est donc un des outils possibles pour améliorer l'efficacité des cartes en augmentant l'intérêt et la durée d'interaction du lecteur avec le document. Cependant ces idées ne sont pas développées au-delà de l'énonciation de principes et de quelques exemples.

En 1990 H. W. Castner, dans un ouvrage sur la pédagogie en géographie[37], évoque le manque de formation artistique des géographes-cartographes. Selon lui, malgré un rapport évident, implicite, entre les points de vue de l'artiste et du géographe et l'intérêt que pourrait représenter une éducation artistique en géographie (inspiration créative, connaissances techniques), les connexions entre art et cartographie ne sont pas clairement identifiées par les praticiens ou reconnues par les enseignants. La question de la formation en cartographie est par ailleurs l'une des thématique importantes des travaux de l'ACI dans ses premières décennies.

Plus récemment, Michael Wood, élève de J. S. Keates à Glasgow puis enseignant à Aberdeen, a publié en 1993 un article s'intéressant aux réactions des lecteurs de cartes[38]. Poursuivant l'approche de son mentor, il écrit :

> " The production of consistently legible and effective images may be a short-term goal but a fuller appreciation of map design must include consideration of aesthetics. [...] In common with most graphics, the image is the content[39] (the functional element) and its design the principal catalyst in any response. "

Dans cet article, M. Wood propose de mettre en œuvre une méthodologie basée sur la psychologie cognitive de la perception visuelle (domaine qui a fait beaucoup de progrès à ce moment-là et semble prometteur, comme on le verra au chapitre suivant), en tant que moyen de compréhension de la réception de la carte par son lecteur. On pourrait alors chercher la part respective des réactions utilitaire et esthétique (des lecteurs de cartes) et aider à améliorer la méthodologie de la conception graphique qui fait face à de nouveaux enjeux avec le développement des logiciels de cartographie et de SIG. Par la suite, J.B. Krygier, dans un article de 1995[40], déplore la disparition du mot « art » dans la définition de la cartographie adoptée par l'ACI en 1992 (cf. *infra.*, définitions). Il y cite la remarque de

34. [Dent, 1985]
35. [Wright, 1942]
36. [Tufte, 1983], p. 121.
37. [Castner, 1990], p. 97.
38. [Wood, 1993]
39. On notera au passage la formulation qui évoque l'aphorisme célèbre de M. MacLuhan (*The medium is the message*) et le paradigme des sciences de la communication.
40. [Krygier, 1995]

J.S. Keates[41] à propos du manque de recherches sur l'aspect artistique de la cartographie, et conclut sur l'idée qu'il faut dépasser le dualisme art/science en cartographie, qui n'est pas très productif, en se préoccupant plutôt de considérer l'intérêt de l'esthétique, du *design* et de l'expression visuelle. Encore une fois, ces propositions ne semblent pas avoir connu de suites réelles.

En 2005, A. J. Kent[42] émet l'avis que le modernisme positiviste dans l'approche scientifique, qui a selon lui « saturé » les sciences humaines, la géographie et la cartographie à son époque, a favorisé le réductionnisme, notamment au travers du paradigme de la carte comme outil de communication (cf. annexe n°1, pour un développement sur ce thème). Selon un avis très répandu (promu entre autres par A. H. Robinson et E. Imhof, comme nous l'avons vu), l'aspect plaisant d'une carte serait le résultat direct et logique de sa bonne conception. Cette vision un peu étroite du rôle de la carte a, toujours selon A-J. Kent, fait perdre de vue l'importance de son aspect général et notamment de ses propriétés esthétiques. Lorsque le positivisme scientifique fut progressivement remis en cause (postmodernisme, déconstruction de J. Derrida), d'autres approches de la cartographie se développèrent, plus critiques (la carte comme support de discours de domination, comme texte critiquable, etc.). Mais ces nouvelles approches, selon A.J. Kent, considérèrent toujours l'esthétique comme un facteur secondaire, non réellement significatif. Après avoir examiné les différentes manières dont l'aspect esthétique est utile en cartographie, il affirme dans cet article que cette question fait bien partie des problématiques de la discipline et qu'il est temps que la recherche s'y consacre spécifiquement. Nous y reviendrons, mais il est important de noter ici l'expression explicite de ce manque, malgré les précédents que l'on a évoqués.

La même année 2005, D. Cosgrove publie un article nommé « *Art and Cartography* » dans la revue d'histoire de la cartographie *Imago Mundi*[43]. Il y présente l'idée que la déconnexion de la cartographie de la science positiviste, permise par les approches postmodernes, permet de ne plus considérer la carte comme faisant partie d'un domaine strictement incompatible avec celui de l'art. On peut alors sortir de l'opposition art / science, et donc examiner la carte selon les méthodes de l'esthétique. D'après Bruno Latour, cité par D. Cosgrove, c'est l'éloignement de l'histoire de l'art de l'esthétique (philosophique) qui a permis de libérer le champ de l'analyse des relations entre science et art, notamment entre visualisation scientifique et arts visuels. En même temps, on a assisté en histoire de l'art au passage d'une approche d'analyse formelle et d'appréciation esthétique à une approche d'interprétation et de critique de l'art :

> « While the idea that cartography has progressed historically from art to science was effectively expunged in the late 1980s, epistemological distinctions between art and science in mapping have remained relatively unexamined, and twentieth century relations between the two practices are unexplored. » (p. 51).

D. Cosgrove fait par la suite le constat d'un certain retard de la cartographie théorique, qui ne s'intéresse que depuis peu aux considérations esthétiques, alors qu'en art les différents

41. [Keates, 1993]
42. Cf. [Kent, 2005]
43. [Cosgrove, 2005]

mouvements d'avant-garde se sont justement caractérisés, depuis le début du vingtième siècle, par le dépassement, voir le rejet, des contraintes esthétiques académiques, faisant évoluer la notion même d'art pictural. Ces dernières années on peut toutefois remarquer un regain d'intérêt pour ces questions, notamment en Europe.

En 2008, l'Association Cartographique Internationale[44] a organisé un colloque intitulé « *Art et Cartographie* », à Vienne (Autriche), et a relancé la commission éponyme. Dans les actes de ce colloque, F. Ortag[45] résume bien la place de l'approche esthétique dans la réflexion théorique en cartographie aujourd'hui. Il incite à la recherche des caractéristiques esthétiques de l'image cartographique, qui restent à mieux préciser :

> " Some may argue that maps should work, they should fulfill their function of communicating spatial information instead of being visually attractive. An answer to this could be the assumption that beauty in maps enhances the function of transferring content, but before this can be investigated one should know what makes a map beautiful. "

Tout à fait récemment, en octobre 2012, la *North American Cartographic Information Society* (l'association professionnelle des cartographes nord-américains) a organisé une réunion sur le sujet de l'esthétique de la cartographie[46]. Cette réunion a fait appel à des participants venus de disciplines voisines, pour encourager l'interdisciplinarité, jugée nécessaire. La revue de l'association, *Cartographic Perspectives*, a ensuite lancé un appel à publication, son comité éditorial ayant noté à propos de cette réunion :

> "It was clear that the subject of aesthetics and mapping is of great interest to many in the cartographic community as well as outside of the cartographic mainstream."[47]

La question de l'esthétique en cartographie est considérée ici comme intéressante, sans que ce terme ne soit mieux défini. Ces recherches semblent en être à une phase préliminaire, d'établissement de pistes d'investigation par croisement des perspectives.

Dans la recherche française ce thème est présent depuis plusieurs décennies, naturellement avec la Sémiologie Graphique[48], mais on note un renouveau récent. L'esthétique d'une carte y est généralement présentée comme une qualité largement subjective, que l'on peut faciliter en suivant des principes généraux d'harmonie et d'équilibre, cependant sans vraiment proposer de recherches spécifiques sur les propriétés esthétiques et leur fonctionnement. En 2005, Jean Denègre, dans son manuel, indique que l'esthétique d'une carte est un aspect important à prendre en compte lors de sa conception et qu'elle consiste en « un choix harmonieux des couleurs et une grande qualité des représentations

---

44. Depuis ses débuts, l'ACI a établi ce thème dans son programme de recherche général, en suivant les idées de ses premiers présidents, cf.[Robinson, 1952] et [Imhof, 1965].
45. [Ortag, 2009]
46. Le titre exact était « Aesthetics of mapping », l'ambiguité du mot *mapping* entre l'action de cartographier et son résultat étant intéressante.
47. http://www.cartographicperspectives.org/index.php/journal/announcement, visité le 26 février 2013.
48. [Bertin, 1967]

cartographiques choisies »[49]. On retrouve la relation entre qualité de représentation (*ie.* suivi de la méthodologie) et qualité esthétique. C. Cauvin *et al.*, dans leur monumentale série *Cartographie thématique* en cinq tomes publiée entre 2007 et 2008*,* invitent*,* en suivant A. McEachren[50], à prendre en compte la complémentarité entre l'art et la science en cartographie. L'approche artistique leur semble intéressante pour ses possibilités d'analyse critique de l'expérience visuelle, mais aussi parce qu'elle est liée à l'approche scientifique par plusieurs aspects, comme la perception visuelle et la théorie des couleurs, deux idées qui seront importantes dans notre travail. Cependant cette évocation de l'intérêt de l'approche esthétique s'arrête là.

À l'heure actuelle, au sein du laboratoire COGIT de l'Institut Géographique National, plusieurs recherches concernent des aspects visuels bien précis qui font intervenir la notion d'esthétique, comme l'utilisation de la couleur[51] dans la conception des légendes ou les différences de style (graphique) des organismes producteurs de cartes topographiques.

Au-delà de ce principe d'intérêt général de l'approche esthétique pour la cartographie, il semble bien exister des apports plus concrets dans certaines disciplines connexes, parfois évoqués dans la littérature comme des hypothèses à creuser. Plusieurs domaines paraissent intéressants. Dans [Cauvin *et al.*, 2007] (p. 44), les auteurs évoquent la piste du commentaire critique d'œuvres :

> "Peut-être faudrait-il faire appel à des méthodes analytiques adaptées des modèles des critiques littéraires pour déterminer la carte la plus satisfaisante au lieu de s'appuyer sur des méthodes expérimentales des sciences dures."

Cette idée de l'approche critique pourrait être logiquement rapprochée de la critique artistique picturale et reliée aux outils connexes de description et d'analyse développés en l'histoire de l'art et en esthétique appliquée.

Par ailleurs, il existe un domaine qui s'intéresse directement à la composition des images pour l'amélioration de leur qualité esthétique : le *design* graphique, que l'on a déjà évoqué[52]. Tomasz Opach[53], dans un ouvrage récent[54], présente l'intérêt de cette approche, certes assez empirique, pour la conception cartographique. Si les résultats du *graphic design* paraissent fragmentaires, présentés relativement arbitrairement comme une suite de « règles » ou de « lois » de conception, on peut néanmoins y trouver des éléments directement utiles au cartographe. On pourra chercher à les justifier dans ce contexte et à les relier à un argumentaire scientifique, tiré à la fois de recherches sur la perception visuelle et en esthétique.

---

49. [Denègre, 2005], p.30.
50. Cf. [Cauvin *et al.*, 2007], p. 45.
51. Cf. [Christophe, 2009]
52. La branche du *design* qui s'intéresse aux objets graphiques et qui a donc comme objectif d'améliorer la forme de ces objets pour accroitre leur efficacité. Nous y reviendrons dans un chapitre spécifique.
53. Titulaire de la chaire de cartographie à l'Université de Varsovie.
54. Cf. [Opach, 2010]

Il nous semble donc intéressant d'explorer ces domaines, à la recherche de compléments à la méthodologie cartographique, spécialement du point de vue de la composition et de l'aspect esthétique général de la carte, dans l'objectif d'essayer d'améliorer son efficacité.

1.3. Un contexte technique prometteur

La recherche de méthodes qui permettraient de décrire les propriétés esthétiques d'une carte serait utile à la fois pour critiquer une image cartographique, mais aussi, logiquement, pour l'enseignement de sa réalisation.

Si le domaine de la description et de la critique d'art est longtemps resté dans le cadre du discours, quasi littéraire, les progrès de l'infographie (au sens d'informatique graphique) ont apporté de nouvelles méthodes d'analyse. Il existe ainsi depuis relativement peu de temps des outils informatiques qui permettent de faciliter l'étude d'une image, dans ses caractéristiques formelles et leur composition. Certains de ces outils sont mobilisables pour aider à découvrir, à mettre en évidence, la performance d'une image cartographique par rapport à diverses propriétés esthétiques qu'il faudra préalablement définir. Par exemple, J.S. Keates (*ibidem*), qui relève en 1996 l'utilité de la technique du croquis en dessin, insiste sur sa difficulté d'application en cartographie :

> " It is common for artists to make several exploratory studies or sketches, either of the whole scene or selected aspects. Unfortunately, because it's very difficult to 'sketch' in a manner resembling a fine-line printed image, there are a fewer possibilities to quick experimental works by the cartographer. "

Le principe à la base de cette technique, la simplification formelle, est envisageable aujourd'hui dans une approche analytique, de critique d'une carte, à défaut de l'être dans la phase de réalisation. Ce principe présente de plus de nombreuses possibilités variées de mise en application, la simplification pouvant intervenir à différents niveaux et selon plusieurs méthodes.

Par ailleurs, d'autres outils informatiques sont désormais disponibles pour aider à comprendre la façon dont les images sont perçues, voire comprises. Les développements récents en psychologie cognitive de la perception, déjà bien identifiés par la discipline cartographique[55], sont désormais aussi accessibles en partie sous la forme d'outils infographiques de visualisation. Ces outils n'étant pour l'essentiel disponibles que sous la forme de bibliothèques de fonctions (utilisables uniquement dans le cadre difficile d'accès du développement de logiciels[56]), ils sont donc hors de portée du non-spécialiste. Par conséquent, il serait intéressant de construire des outils simples et accessibles, qui

55. Cf. la revue de littérature très fouillée de D. Montello dans [Montello, 2002].

56. Assez souvent ces bibliothèques sont mises au point par des chercheurs en infographie, qui les diffusent sur le site Internet de leur institution ou les décrivent dans des publications spécialisées, en présupposant une bonne connaissance des techniques d'infographie et de développement informatique.

permettraient de réaliser certaines analyses facilement, sans devoir mettre en œuvre un attirail technique complexe.

1.4. La question centrale et son traitement

Après cette première revue de la bibliographie on peut formaliser le problème de manière plus structurée. La question centrale se définit alors sous la forme suivante :

> *L'efficacité de la carte thématique peut-elle être améliorée par un développement méthodologique selon une approche esthétique, mettant en œuvre le concept de composition ?*

Tout au long du mémoire, cette problématique va être fouillée et complétée au besoin. A chaque étape, elle sera synthétisée sous la forme d'un schéma. Nous proposons de restituer l'avancement du travail par la mise à jour progressive d'un schéma, présenté figure n°1 ci-dessous.

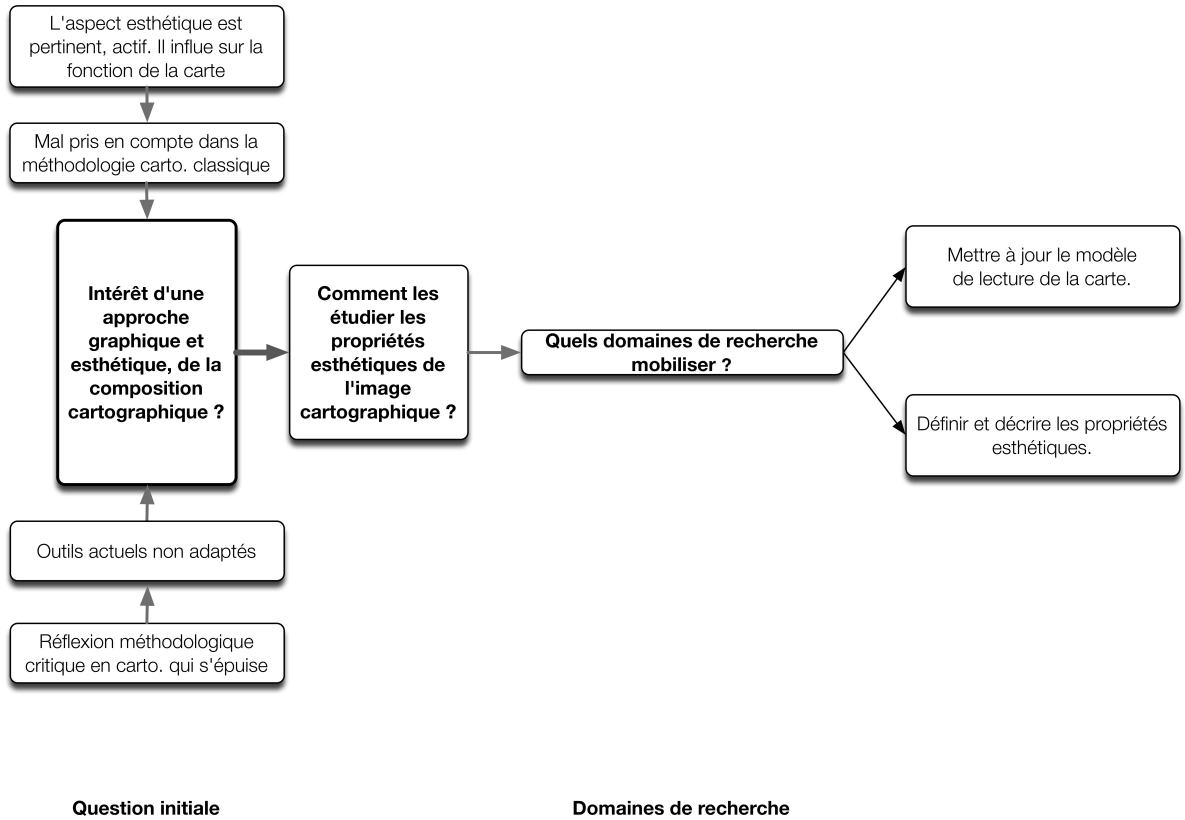


figure n°1 : La problématique, sa justification et les premières pistes.

1.4.1. Développement de la problématique

Les travaux bibliographiques présentés précédemment ont abouti à l'idée qu'observer la carte thématique comme un objet pouvant posséder un caractère esthétique, était un objectif pertinent, notamment dans le but d'en favoriser l'analyse critique et l'enseignement. Ce changement de perspective sera au cœur de notre travail. Il suppose néanmoins un important travail préalable.

Avant de s'interroger sur la qualité esthétique d'une image cartographique, il faut d'abord faire le point sur les connaissances actuelles à propos de la façon dont cette image est lue. En quoi consiste la lecture d'une carte, de sa perception à sa compréhension ? Quels sont les moyens mis en œuvre ? Quelles sont les spécificités des images cartographiques à ce propos ? Comment le jugement esthétique est-il impliqué dans ces opérations ?

La problématique fait ensuite appel à tout un domaine scientifique distinct de la géographie, celui qui s'intéresse au jugement esthétique (sa définition, ses objets, son fonctionnement et les résultats de sa mise en pratique). Comment attribue-t-on des qualités esthétiques à une image ? Sur quelles bases ? Comment décrire ces propriétés et favoriser leur apparition ? Quels sont les moyens utilisés par les artistes ? Que peut-on en retirer, théoriquement et pratiquement, pour la méthodologie de la cartographie thématique ?

Le domaine de l'esthétique pose ici un problème important : comment le relier intellectuellement à la cartographie, en allant au-delà de la simple intuition basée sur l'aspect et certains usages ? Quels concepts, quelle logique d'analyse permettent de passer de la représentation de phénomènes spatiaux à la description qualitative de formes graphiques ? La piste qui sera explorée est justement celle de la représentation, c'est-à-dire de la médiation entre les idées et leur compréhension par le biais de formes graphiques qui expriment du sens, autrement dit le fonctionnement sémiotique.

Du point de vue méthodologique, la stratégie suivie pour entreprendre de répondre à la problématique a fait appel à différents types de travaux. Tout d'abord, une recherche bibliographique générale par mots-clés, dans les sources sélectionnées présentées précédemment, a permis de repérer les articles et ouvrages plus spécifiques à la question examinée. Ce deuxième groupe de sources a donc été exploité plus en profondeur, notamment en suivant les citations bibliographiques[57]. Au fil de ces lectures le besoin d'une prise de recul s'est fait ressentir, pour éclaircir le paysage épistémologique de la discipline et ainsi mieux cerner les affiliations paradigmatiques plus ou moins évidentes des sources bibliographiques utilisées (le résultat de ce travail se trouve en annexe n°1, en fin de volume). De même, dans ce contexte interdisciplinaire étendu, les concepts-clés devaient être précisément définis préalablement à leur emploi, ce qui sera présenté plus loin (§ 1.5).

57. La recherche bibliographique a été ralentie à cause de difficultés d'accès aux revues et ouvrages théoriques de la discipline, trop peu reconnus par les institutions documentaires françaises pour faire l'objet d'abonnements et d'achats réguliers. Ces problèmes ont été en partie résolus par l'accès (payant) aux archives en ligne des revues et le commerce des ouvrages d'occasion qui se développe nt sur Internet.

Dans le cas des disciplines connexes à la cartographie qui ont été explorées, il n'existait pas de synthèse générale permettant de réunir un premier corpus. L'accès à ces disciplines a été guidé par le petit nombre de références trouvées dans le corpus de textes « cartographiques », complété par une approche bibliographique tout d'abord naïve, à partir des mots-clés de la problématique. Petit à petit s'est dégagé un ensemble de textes, là aussi selon deux strates : un premier niveau assez généraliste et vulgarisateur menant à un second niveau plus spécialisé, concernant des points spécifiques de la problématique. Plus concrètement, on peut distinguer des ouvrages-clés qui ont servi de porte d'entrée ou de guide à l'exploration.

En ce qui concerne les modèles de lecture de carte et la relation avec la psychologie cognitive, l'ouvrage-clé a été « *How maps work* », d'Alan MacEachren [MacEachren, 1995][58]. L'auteur y propose un tour d'horizon des réflexions sur la cartographie ainsi qu'une mise en relation des recherches pertinentes dans le domaine de la psychologie de la perception. Plus directement dans ce domaine de la psychologie et proposant une intéressante liaison avec la conception graphique et l'infographie, les ouvrages importants sont « Visual Thinking: For Design » de Colin Ware ([Ware, 2008]) et « *Graph design for the eye and mind* » de Stephen Kosslyn ([Kosslyn, 2006]), deux psychologues engagés dans une œuvre de vulgarisation des avancées de leur discipline en direction des graphistes. Dans la discipline d'interface, la sémiotique, qui articule cartographie, perception et esthétique, un ouvrage est véritablement central. Malgré la complexité des concepts et du vocabulaire issus de la linguistique, peu usités des géographes, le « *Traité du signe visuel* » du Groupe μ ([Groupe μ, 1992]) s'est révélé indispensable à notre problématique, en explorant les subtilités des signes graphiques et en développant leur rhétorique. Pour l'application de la sémiotique dans le domaine de l'art pictural, le recueil « *Études sémiologiques* » de Louis Marin a été très utile ([Marin, 1971]). Une fois la branche de l'ontologie repérée dans le large domaine de l'esthétique philosophique[59], l'ouvrage de René Pouivet, « *L'ontologie de l'œuvre d'art* » ([Pouivet, 2010]), a guidé nos pas dans la définition et l'analyse des propriétés esthétiques des images. Enfin, « *La lecture de l'Art* » de Laurent Chalumeau ([Chalumeau, 2002]) a constitué une bonne introduction à l'approche théorique dans les disciplines artistiques, notamment l'histoire de l'art. On a ensuite beaucoup utilisé les écrits d'artistes abstraits, notamment les manuels de W. Kandinsky (1866-1944), P. Klee (1879-1940) et A. Lhote (1885-1962).

L'étape de la recherche bibliographique visait à la construction d'un échafaudage théorique qui permette d'intégrer l'approche esthétique à la méthodologie de la carte thématique et de guider la recherche de réponses à notre question centrale. L'objectif de ce travail théorique est de fait plus large que la justification de cette intégration : on recherche aussi les possibilités de mise en application, pour l'évaluation, l'analyse critique, la production ou l'enseignement, à chaque moment du questionnement. Il a fallu repérer les approches intéressantes, applicables à notre objet, en réaliser une synthèse, puis imaginer les outils correspondants. Le travail de mise au point de prototypes d'outils n'a pu être entrepris que pour quelques pistes, jugées accessibles et prometteuses, faute de temps. Les outils qui sont présentés en troisième partie visent à assister le géographe dans un début

58. Le manque d'une traduction en français d'un ouvrage si complet et si pertinent étonne.
59. Par un sondage dans les manuels ou anthologies récents d'esthétique, comme [Cometti *et al.*, 2005].

d'évaluation d'une image cartographique, selon certains critères relevant de l'esthétique. Les techniques utilisées se voulaient novatrices, pour permettre une accessibilité très large aux outils : sous la forme d'applications Internet, sans installation ni configuration préalables.

1.4.2. Plan du travail

Dans une **première partie**, on commencera par tenter de mieux comprendre comment une carte est lue et comprise, par une mise à jour du modèle de lecture de la carte thématique selon notre angle d'approche particulier de l'appréciation de son aspect visuel. Cette première partie sera composée d'un voyage dans les disciplines qui étudient la perception visuelle puis l'interprétation des images, pour se conclure sur les possibilités de définir les propriétés esthétiques qui fondent leur appréciation.

La **deuxième partie** est consacrée à une série de moyens de découverte et d'analyse du fonctionnement des propriétés esthétiques, tels qu'ils sont proposés par les domaines scientifiques qui s'y intéressent, comme l'histoire et la sémiologie de l'art ou l'esthétique appliquée. Ces moyens ont été sélectionnés pour leur possible adaptation à notre objet d'étude, la carte thématique, et leur capacité à étendre sa méthodologie.

Enfin, la **troisième partie** proposera une synthèse pratique de ces moyens, rassemblant de manière concise les pistes découvertes dans la partie précédente, avant d'en mettre en œuvre quelques-unes qui on pu donner lieu au développement de prototypes d'outils.

1.5. Définitions

Le contexte interdisciplinaire du travail fait que la polysémie dans les termes employées est très fréquente. Cette section vise donc à établir l'acception que nous donnons aux termes clés et leur intérêt spécifique dans notre problématique.

1) Carte

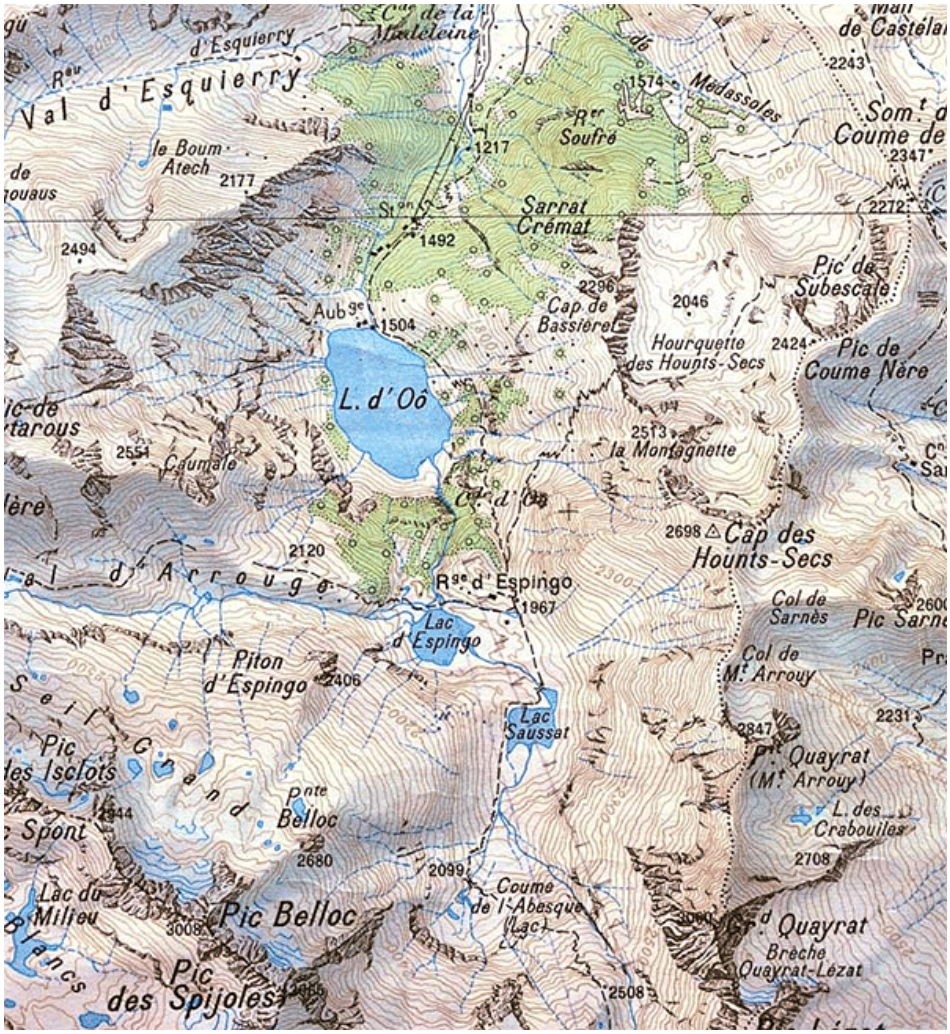


figure n°2 : IGN, carte topographique au 1/25000ème,
n°1848 Bagnères-de-Luchon-Ôo, 1957
(reporduction d'un original papier)

La carte topographique, ici un exemple pyrénéen du travail de l'Institut Géographique National, est souvent l'image qui vient à l'esprit du public à la mention du mot « carte ». De même, c'est le type de document qui correspond le plus à l'idée d'une représentation conforme à la réalité, qui transparaît dans les définitions anciennes. Cet objectif de fidélité aboutit à des choix de représentation fortement contraints et qui ne laissent pas beaucoup de place à la variété formelle, à l'expression graphique.

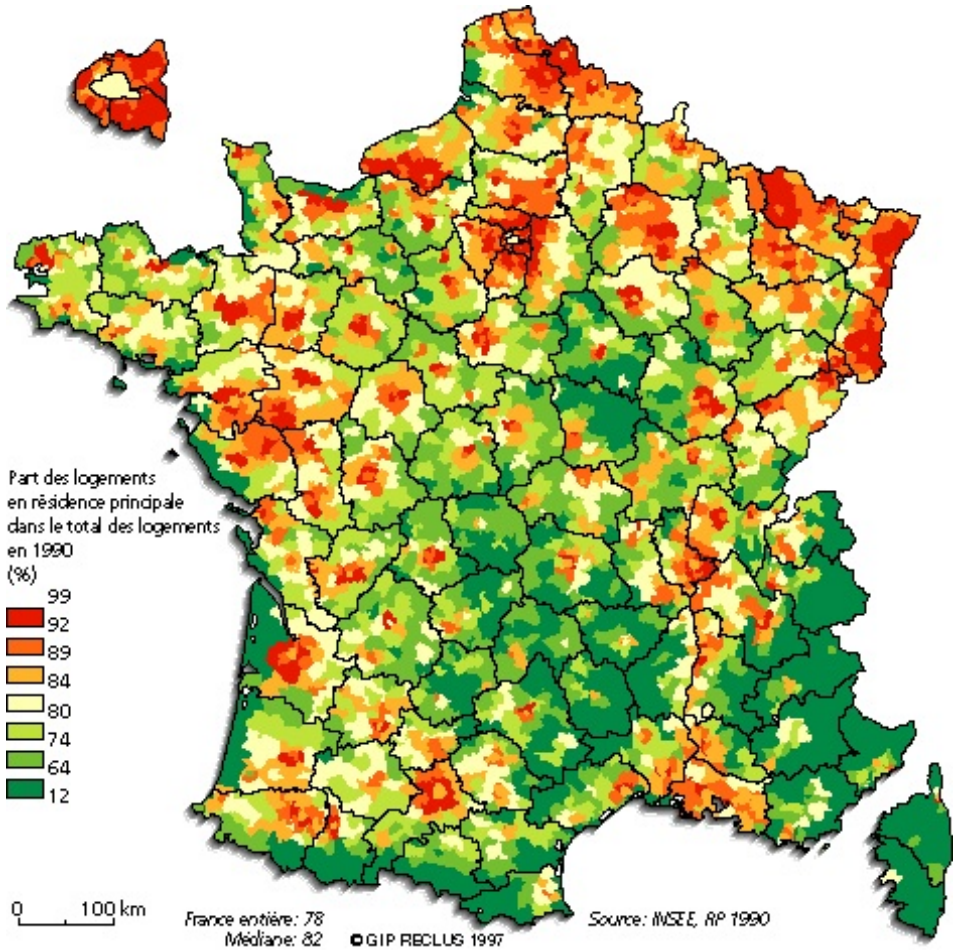


figure n°3 : Une carte thématique, Atlas de France, vol. 5, «Société et Culture», coord. M. Vigouroux,[60].

La carte thématique, qui vise à représenter un *thème* particulier de la géographie d'un espace, laisse beaucoup plus de place à l'utilisation d'effets graphiques que la carte topographique, et offre ainsi plus de possibilités pour exprimer des propriétés esthétiques, comme ici avec la couleur.

Le Comité Français de Cartographie définit la carte dans son glossaire comme une « représentation géométrique conventionnelle, généralement plane, en positions relatives, de phénomènes concrets ou abstraits, localisables dans l'espace ; c'est aussi un document portant cette représentation ou une partie de cette représentation sous forme d'une figure manuscrite, imprimée ou réalisée par tout autre moyen. », [CFC, 1990].

Au sein de l'Association Cartographique Internationale un groupe de travail fut chargé des définitions. Il a abouti à la formulation suivante[61] : « une image codifiée de la réalité

60. Carte extraite de l'Atlas de France, vol. 5, «Société et Culture», coord. M. Vigouroux, éd. La Documentation Française, RECLUS, 1997. Source de l'image : http://www.mgm.fr/PUB/ATFSom5.html

61. Citée par [BOARD C., 1991].

géographique, représentant une sélection d'objets ou de caractéristiques, relevant de l'effort créateur de son auteur par les choix opérés et destinée à être utilisée lorsque les relations spatiales ont une pertinence essentielle. » Cette définition contient les concepts d' « image codifiée » et d'« effort créateur » qui sont particulièrement pertinents ici.

Gilles Palsky propose une vision renouvelée et plus large de la définition du mot carte dans son article pour l'encyclopédie électronique *Hypergéo*[62]. Il insiste notamment sur l'utilisation scientifique et sémiotique du terme, « une image symbolique construite par plusieurs opérations » (projection, miniaturisation, généralisation et codification), « un système sémiotique complexe, un espace qui retranscrit un autre espace, en utilisant des codes différenciés : iconique, linguistique, "tectonique", etc. » L'intervention de la sémiotique et des différents modes de signification est ici importante.

> On retiendra donc ici l'idée qu'une carte est une représentation plane d'une sélection de phénomènes localisés dans l'espace et de leurs relations. Cette représentation forme une image codifiée selon un système sémiotique complexe. Elle est le résultat d'un effort créateur par un auteur motivé dans son acte, qui réalise plusieurs opérations de transformation.

2) Cartographie

Définition du comité français de cartographie[63] :

> "Ensemble des techniques et des arts graphiques ayant pour objet la conception, la préparation, la rédaction et la réalisation de tous les types de plans ou de cartes."

Définition adoptée par la British Cartographic Society en 1964[64] :

> "The art, science and technology of making maps, together with their study as scientific documents and works of art."

Définition de l'A.C.I. en 1992[65] :

> "Cartography is the discipline dealing with the conception, production, dissemination and study of maps."

Les deux premières définitions sont naturellement liées à l'action de concevoir les cartes, mais on peut noter la présence de la notion d'art, ce qui, avec celle de technologie, affirme la qualité double de la cartographie. On note aussi dans la définition anglaise deux éléments corrélés importants : la cartographie est aussi une science, qui étudie les cartes en plus de les produire. Cette réflexivité justifie le propos de la cartographie théorique et légitime les méthodes d'étude des documents cartographiques après leur production.

---

62. Cf. http://www.hypergeo.eu/spip.php?article266, visité le 27 nov. 2011.
63. [CFC, 1990], *op. cit.*
64. *The Cartographic Journal*, vol.1, 1964, p. 17.
65. [COLLECTIF, 1992]

On formera donc ici une acception composite du mot cartographie, à partir des définitions citées, comme étant à la fois une technique, un art et une science, pour la production de l'objet carte et son étude.

3) Composition

Second élément fort de notre sujet, ce terme est polysémique. Il recouvre à la fois « *l'action de former un tout par assemblage ou combinaison de plusieurs éléments ou parties* » et, dans un deuxième sens, « *Construction, équilibre, harmonie d'une œuvre littéraire, musicale, picturale* », selon le dictionnaire « Trésor de la Langue Française »[66]. Les deux sens seront employés dans notre travail, recouvrant donc soit le fait d'assembler des éléments graphiques pour former une image, soit le résultat de cet acte, une œuvre artistique envisagée sous l'angle de son équilibre et de sa construction.

La notion de composition fait aujourd'hui problème en cartographie. On s'intéressera plus particulièrement aux cartes qui demandent de la part de leur auteur une quantité certaine de ces choix créatifs pour la représentation graphique des phénomènes géographiques. Ainsi, une catégorie spécifique de cartes, les cartes thématiques, sera particulièrement mise à contribution dans ce travail, car si ces cartes ont aussi pour fonction de « transmettre une information, un message », elles « met[tent] en scène des structures qui ne sont généralement pas directement visibles dans le paysage, mais seulement visualisables »[67], selon G. P. Torricelli. La carte thématique est généralement un exercice moins contraint que la carte topographique du point de vue des choix de représentation, elle donne lieu à des exercices de composition plus variés. Elle reste cependant contrainte sur de nombreux points[68], ce qui la différencie de la toile blanche de l'artiste peintre, on y reviendra. Dans sa définition pour *Hypergéo* Ch. Zanin fait implicitement référence à la notion de composition[69] à propos des cartes thématiques : « Le langage des cartes ne réside pas seulement dans la symbolique très limitée des signes utilisés. Il est dans la configuration même des cartes. Ce que la carte exprime est sur la carte et non dans sa légende. Ainsi, interpréter une carte, ce n'est pas déchiffrer sa légende mais les formes sur la carte, l'arrangement des signes. »

Le concept de composition fait appel au domaine de l'esthétique. Dans sa définition même on trouve indiquée une application de la composition au travers d'œuvres artistiques, ce

66. dans sa version informatisée en ligne : http://atilf.atilf.fr par l'ATILF CNRS, visité le 27 nov. 2011.
67. [TORRICELLI G.P., 1990], cité par Ch. Zanin dans son article pour l'encyclopédie Hypergéo, http://www.hypergeo.eu/spip.php?article377, visité le 27 nov. 2011.
68. Son objectif utilitaire donc sa lisibilité, l'adaptation à un public, les règles établies de représentation, le besoin de rester une image reconnaissable du territoire, etc.
69. *ibidem*

qui nous amène à l'idée que réfléchir à une amélioration de la composition cartographique pourra utiliser une approche esthétique.

4) Esthétique

Une des façons les plus pratiques de définir l'esthétique consiste à la rapprocher du jugement esthétique, la qualification de la beauté, en faisant appel au ressenti. La beauté se rapporte alors à l'émotion d'un sentiment plaisant éprouvé à la perception d'une œuvre. Reste à définir l'origine de ce sentiment, à la fois dans le sens de sa provenance (l'œuvre seule, le lecteur / spectateur ?) et celui de sa constitution (harmonie, profondeur de l'évocation, résonance avec son expérience personnelle, ses structures mentales ?). Toute une branche de la philosophie, l'esthétique, s'intéresse à ces questions, depuis l'Antiquité. En ce qui nous concerne, on cherchera à mieux définir les propriétés qui améliorent le jugement esthétique d'une œuvre graphique, en faisant un certain nombre de suppositions concernant les lecteurs / spectateurs, leur expérience et leur culture graphique. L'idée que des propriétés physiques intrinsèques d'une image puissent *influer* sur son appréciation esthétique suppose que l'on considère qu'il existe *objectivement* de telles propriétés. On suppose donc aussi qu'il est possible, malgré la part de subjectivité que le jugement esthétique comporte, d'établir un jugement qui soit partagé par plusieurs personnes.

> Le sens utilisé du mot esthétique sera donc celui de « *qui a pour caractéristique la beauté ou qui répond à des exigences ou à des lois de beauté* »[70].

5) Modèles et outils d'assistance

La formulation du sujet implique un objectif concret qui est de proposer des modèles méthodologiques et des outils, c'est-à-dire tout d'abord une construction théorique qui permette l'intégration de l'idée de composition dans la méthodologie pratique de la cartographie, puis des outils, des moyens, qui facilitent sa réalisation.

> En suivant H. Chamussy[71] dans sa définition du concept de « modèle », on dira qu'il s'agit « d'une représentation simplifiée d'une réalité, qui donne du sens à cette réalité et permet donc de la comprendre. »

L'idée est donc de construire une représentation simplifiée des opérations de lecture d'une carte, mise à jour selon nos objectifs. Ce modèle servira tout d'abord à structurer les connaissances rassemblées, puis à imaginer ensuite les outils qui pourraient permettre au concepteur de la carte de rendre sa lecture plus facile, au sens de favoriser l'expression et la compréhension des idées géographiques qu'elle matérialise.

---

70. Dictionnaire Trésor de la Langue Française, *op. cit.*

71. article pour l'encyclopédie HyperGéo : http://www.hypergeo.eu/spip.php?article9, visité le 3 décembre 2011.

Ces outils peuvent être des guides méthodologiques ou une assistance plus concrète, infographique, pour l'analyse d'une image cartographique au moment de sa conception et la présentation visuelle simplifiée de certaines de ses caractéristiques. On entre alors dans le domaine de l'assistance à la conception cartographique, présenté de manière complète et détaillée par S. Christophe dans son mémoire de thèse en 2009 [Christophe, 2009].

6) Acteurs

Enfin, le sujet suppose la présence et l'activité de deux types de protagonistes de l'image cartographique : un concepteur et un lecteur. Dans les deux cas, on ne peut les ramener à une situation moyenne, courante, car il existe des catégories assez nettes dont il faut tenir compte. Du côté des producteurs de cartes, on y reviendra, il existe aujourd'hui plusieurs types de profils. Outre le géographe, formé et expérimenté, la création d'images cartographique est accessible de manière simplifiée aux personnes utilisant des outils de représentation cartographique automatisée. Ces outils peuvent être des logiciels de traitement de données dont une des composantes peut être géographique et donc se prêter à une représentation cartographique. On peut aussi ranger dans cette catégorie d'outils des applications beaucoup plus accessibles au public encore, par exemple sous la forme de cartes interactives sur une page Internet. Ainsi, le visiteur ordinaire d'un site d'informations peut être amené à devenir un cartographe amateur en utilisant les moyens de représentation qu'on lui offre.

On a donc ainsi un éventail d'individus dont la formation à la conception et l'expérience des cartes vont être très variées, cette variété s'est d'ailleurs fortement accrue dans les dernières décennies grâce aux nouveaux moyens de communication et d'information.

Du point de vue des lecteurs de cartes, des consommateurs, le critère discriminant va là aussi être celui de la formation et de l'expérience. Si tout un chacun est aujourd'hui exposé à la lecture de cartes sous des formes diverses, ne serait-ce que celles des prévisions météorologiques quotidiennes, l'expérience et l'usage de la lecture de cartes plus complexes est plus rare.

Première partie :
Vers un modèle renouvelé de la perception et de l'interprétation des images cartographiques

Introduction

Cette première partie a pour objectif de revisiter le modèle de lecture de la carte, pour y intégrer des éléments qui permettent de tenir compte des avancées des différentes disciplines scientifiques traitant de la perception et de l'interprétation des images. Ces questions seront examinées en ce qu'elles constituent une base pour la compréhension de l'efficacité des cartes, et notamment de l'influence de la composition et de l'appréciation esthétique dans cette efficacité. Les publications de géographes y faisant référence sont relativement nombreuses, mais assez dispersées, et, malgré leur pertinence et valeur scientifique, ont souvent été quelque peu oubliées, faute d'avoir été prolongées et coordonnées. Notre angle d'analyse de l'aspect esthétique global et de la composition des éléments formels semble être un exemple marquant de cet oubli.

Dans un premier temps, puisqu'il s'agit de lecture donc de perception visuelle, nous tenterons de synthétiser les résultats utiles pour la composition cartographique dans le domaine de la psychologie de la perception, afin de moderniser l'approche classique française, essentiellement basée sur la sémiologie graphique. Les connaissances sur le fonctionnement de la vision ont largement progressé depuis les années 1970 et proposent des principes de conception graphique directement réutilisables en cartographie.

Dans un deuxième temps, justement à propos de sémiotique, nous tenterons d'aller plus loin en ce qui concerne l'interprétation des images, là où s'arrête la perception. À la frontière entre la cognition et la sémiotique existent des développements très importants dans le domaine de la compréhension des images, importants car ils complètent l'approche classique en apportant des nouveaux modes de signification, notamment dans le domaine de l'aspect esthétique.

Enfin, dans un dernier chapitre, nous irons chercher des définitions et une description du fonctionnement de base des propriétés esthétiques, du côté de la discipline dont il s'agit de l'objet central : l'ontologie esthétique, une branche de la philosophie en pleine effervescence actuellement.

Chapitre 1

La perception visuelle

Voir, c'est déjà une opération créatrice, qui exige un effort. [Matisse, 1972]

Si l'on s'intéresse à la première opération du processus de lecture d'une carte, sa perception visuelle, on remarque dans la littérature scientifique une très forte progression des connaissances depuis la fin des années 1950 et le développement de la psychologie cognitive. L'appréhension de la perception visuelle comme un problème de traitement de l'information, réalisé par un système cognitif complexe, a permis de mieux comprendre les processus en œuvre, en précisant la frontière entre d'un côté les processus psychovisuels « automatiques » (objectifs) et, de l'autre, ceux qui mettent en œuvre des fonctions cognitives liées à la culture et l'expérience (subjectives)[1]. L'utilisation des outils de modélisation informatique, qui se sont développés depuis quelques années, a favorisé un renouveau d'intérêt pour ces questions.

La complexité de ces processus, aux frontières de la biologie et de la psychologie, a peut-être limitée la diffusion de ces connaissances dans les disciplines scientifiques connexes, utilisant les outils de la représentation visuelle, malgré leur très grand intérêt. En cartographie ces connaissances ont été finalement assez peu prises en compte, notamment en France[2]. On note toutefois une tendance récente à l'utilisation de certains résultats, par exemple en ce qui concerne les concepts d'attention et de saillance visuelle (ou de complexité). Plusieurs géographes ont proposé l'application des découvertes de la psychologie cognitive et de la perception depuis la fin des années 1980. On fera appel à leurs idées au cours de ce chapitre.

Plus récemment, des ouvrages de vulgarisation des recherches pyschocognitives plus spécifiquement destinés aux concepteurs graphiques ont été publiés, apportant à la fois une synthèse utile de résultats scientifiques et une approche résolument pratique. Ces publications sont motivées par l'ambition de rendre accessible à un plus grand nombre de concepteurs ces recherches, dans un contexte général d'extension de la pratique de la représentation graphique et cartographique. L'ouvrage de C. Ware, [Ware, 2008], en est un exemple marquant, et sera une source importante pour nous. On utiliser aussi les travaux de vulgarisation de S. M. Kosslyn ([Kosslyn, 1989 et 2006]).

1. On retrouvera plus loin cette difficulté d'apprécier la proportion de subjectivité à propos des caractéristiques esthétiques.
2. Avant D. R. Montello cité précédemment, A. McEachren propose une revue très complète du point de vue du géographe dans [MacEachren, 1995], *op. cit.*

1.1. Intérêt de la psychologie de la perception

L'appel aux sciences psychologiques pour la compréhension de la perception des cartes n'est pas nouveau. La synthèse épistémologique réalisée par D. R. Montello en 2002 (*op. cit.*) en présente l'évolution au long du vingtième siècle.

Cette approche psychologique a connu une première vogue importante avec le développement de la psychophysique expérimentale, c'est-à-dire des tests psychologiques de mesure des caractéristiques de la perception[3], dans les années 1960 - 1980. Ces expériences, dont les résultats étaient d'une impressionnante précision quantitative, ont constitué une voie de recherche attirante[4], surtout dans le contexte de la cartographie envisagée comme outil de communication. A. H. Robinson, dans « *The Look of Maps* »[5], encourageait déjà en 1952 les chercheurs à poursuivre dans cette voie. A posteriori, cette période a été qualifiée de « béhavioriste » dans l'épistémologie de la discipline, en raison de son appui sur la théorie psychologique dominante à l'époque aux États-Unis[6].

Les années 1960-1970 sont aussi l'époque des débuts de la cartographie par ordinateur, les cartes analytiques simples devenant plus faciles à produire (par exemple, les cartes choroplèthes conçues à l'aide de trames de transfert). On imagine alors pouvoir obtenir une vue synthétique en multipliant les cartes mono-thématiques. Sylvie Rimbert a réalisé en 1973[7] des expériences de perception et de compréhension comparative de ce type de cartes. Elle aboutit à des résultats qui remettent en cause les idées établies empiriquement sur la façon dont sont lues des cartes thématiques par des lecteurs non familiers des techniques : les lecteurs tirent trop souvent des conclusions hâtives et erronées en se basant uniquement sur l'aspect visuel des cartes, sans lire complètement les légendes et les titres. S. Rimbert exprime l'idée d'un manque de formation des lecteurs de cartes, mais aussi des concepteurs qui doivent prendre en compte les capacités psychologiques de mémorisation visuelle. Elle invite en outre à prendre en compte le « *message esthétique* » de la carte thématique, qui est « *essentiel dans le comportement du lecteur* ».

La grande complexité des phénomènes cognitifs en jeu au-delà de la reconnaissance de signes simples, la grande diversité des utilisateurs, des usages et des aspects des cartes elles-mêmes, ont finalement assez fortement réduit la portée des résultats des méthodes expérimentales de type psychophysiques en ce qui concerne la conception cartographique. Les critiques méthodologiques ont été nombreuses, notamment au début des années 1980.
En effet, à cette époque, on n'étudiait qu'un élément graphique constitutif de la représentation cartographique à la fois. Cette façon de procéder ne se basait donc pas sur

3. Par exemple des tests de mesure des mouvements oculaires, très recherchés.
4. Cf. la rétrospective proposée par Th. R. Steinke : [Steinke, 1987]
5. [Robinson, 1952], *op. cit.*
6. Notamment par J. R. Eastman dans [Eastman, 1985].
7. Cf. [Rimbert, 1973], article où l'auteur teste la compréhension de cartes choroplèthes informatisées à la présentation sobre en proposant volontairement des représentations en décalage avec les variables.

des images complexes, proches de la réalité. C'était nier le concept même de *composition cartographique* et ne pas tenir compte de processus cognitifs de plus haut niveau. Si l'on arrivait à montrer l'efficacité de la perception d'un type de symbole isolé, par contre l'intégration et la composition de touts les éléments nécessaires à la constitution d'une carte lisible devenait rapidement difficile à tester. Dans un article de 1983, B. Petchenik insiste sur l'idée que le lecteur de la carte n'est pas passif, qu'il utilise la carte dans un but précis, selon une motivation qui n'est pas forcément celle prévue par le cartographe, et surtout qui n'est pas testable simplement[8]. La carte acquiert une utilité si son lecteur y reconnaît des éléments, leur sens, et les relie à ses motivations concrètes. Selon cette auteure, la recherche en cartographie a consacré beaucoup d'efforts dans les années 1950 à 1980 à la définition d'une conception « optimale », mais trop peu au phénomène de la reconnaissance des formes générales, de la lecture des images cartographiques (*ibidem* p. 59). Les variations dans la lecture d'une carte par des individus différents sont un mélange complexe entre des caractéristiques « organiques » relativement invariantes et des comportements acquis très variables. Une carte efficace est forcément adaptée à son public, à sa capacité à la lire et la comprendre, selon son expérience, sa culture et son éducation. Les enquêtes classiques, qui ne distinguaient pas les utilisateurs selon leur expérience, leur culture et leur motivation, risquent de relever que les utilisateurs sont plus performants avec des représentations qu'ils connaissent déjà, et donc de perpétuer des conventions au détriment de conceptions nouvelles. De plus, la motivation à lire une carte n'est quasiment jamais prise en compte dans ces études. Par exemple, les erreurs de conception des cartes informatisées, leur aspect assez brut (« *crude* », est le terme anglais utilisé par l'auteur), ne sont souvent pas même identifiés : la méthode de production, novatrice, garantit l'intérêt du lecteur.

Cependant, en 1984, dans sa recension critique d'un ouvrage de synthèse sur cette question[9], Mark Monmonnier invite à ne pas bannir complètement cette méthode d'enquête. Selon lui cette piste de recherche n'est pas dénuée d'intérêt, si l'on tient compte des biais qui ont été identifiés. J. R. Eastman produit en 1985[10] une importante synthèse de cette approche, enrichie par les apports récents de la théorie cognitiviste et de la systémique. Le renouveau viendra des techniques modernes d'observation de l'activité cérébrale, et de leur simulation par informatique et l'intelligence artificielle, à partir de la seconde moitié des années 1980[11]. On assiste alors à un renouveau de cette approche de psychologie cognitive, développée et intégrée, pour la compréhension de la lecture des images d'information dont les cartes font partie[12], avant le développement d'applications de ces théories au travers de modélisations informatiques et robotiques. En 2002, D. R. Montello[13] note que la recherche cognitive en cartographie a retrouvé de la vigueur, encouragée par les progrès en psychologie cognitive, mais aussi le développement des approches interdisciplinaires et les nouvelles possibilités offertes par les outils

8. Cf. [Petchenik, 1983], cité par A. M. MacEachren, D. R. Montello et C. Cauvin *et al.*, et [Petchnik, 1975], antécédent et peut-être plus clair encore dans ses constats.
9. [Taylor, 1983], commenté dans [Monmonier, 1984], 74, pp. 115-117}
10. *op. cit.*
11. Cf. notamment l'article programmatique de M. Blades et C. Spencer : [Blades, Spencer, 1986]
12. Cf. [Kosslyn, 1989], repris par [Carswell, 1992], deux psychologues de la perception des infographies.
13. *op. cit.*, p. 296.

informatiques. Enfin, dans un numéro de la revue *Cartographica* de 2009, A. Lobben *et al.*[14] font une revue de littérature de l'utilisation d'un outil avancé de visualisation fonctionnelle du cerveau, l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRM*f*), pour étudier la perception des images cartographiques. Les auteurs concluent sur une validation potentielle des concepts de distinction figure/fond, de groupement perceptif (tous deux faisant partie des principes de la psychologie de la *Gestalt*, comme on le verra plus loin), et de parcours de l'attention dans la conception cartographique.

Comment fonctionne la vision humaine des images ? Comment la cartographie a-t-elle pris en compte ces connaissances ? Comment notre questionnement sur l'importance de la composition cartographique modifie-t-il ce point de vue ? Ce chapitre présentera tout d'abord une synthèse des connaissances sur le sujet, puis on tentera d'en tirer des enseignements pratiques quant à la lecture des cartes du point de vue de leur composition et de leur aspect esthétique.

1.2. Les différentes théories de la perception

L'objet du présent chapitre n'est pas de présenter une épistémologie de la perception visuelle dans les dernières décennies, mais de décrire les aspects pertinents de la progression des connaissances dans ce domaine pour notre question de recherche, et la mise en place quelques concepts-clés.

Le contexte de la recherche sur la perception visuelle pour la période allant jusqu'à la fin des années 1970 a été brillamment présenté par David Marr dans la première partie de son ouvrage fondamental sur la question, « *Vision* », paru en 1982[15]. Cette présentation met en avant deux idées principales :

- la vision est un processus *actif*, une série d'opérations coordonnées, ce n'est pas un phénomène instantané et automatique.
- ce processus consiste en un *traitement d'information*, complexe car faisant intervenir de multiples composants perceptifs et cognitifs, reliés en système et selon des cheminements multiples.

L'approche de la *vision active* s'inscrit à la suite de deux mouvements importants en psychologie cognitive[16]. Premièrement, cette idée est énoncée dans la théorie « écologiste » de la perception proposée par J.J. Gibson, fortement influencée par la théorie de la Gestalt. Deuxièmement, l'idée de la vision active est aussi centrale dans le mouvement cognitiviste, qui, lui, s'oppose à la théorie de la Gestalt.[17]

14. [Lobben, Lawrence, Olson, 2009]
15. [Marr, 1982]
16. Une synthèse est fournie par [Luyat, 2009]
17. Pour une présentation complète et une discussion détaillée de ces théories de la perception visuelle, cf. [Gordon, 2004].

1.2.1. La *Gestalt Theorie*

La théorie de la Gestalt, ou théorie de la forme / configuration, est née au début du vingtième siècle en Allemagne en réaction à une approche incrémentielle de la perception (des sensations élémentaires qui s'additionneraient). La Gestalt propose, à l'inverse, une idée de la perception essentiellement « immédiate » et holistique : on perçoit initialement un tout complexe, pas une suite d'éléments. Il n'existe alors pas de sensation pure et élémentaire, mais un assemblage subjectif. La perception consiste, selon cette théorie, à repérer des structures, des organisations, dans le stimulus, pour constituer un nouvel ensemble original : une forme (*Gestalt* en allemand, dont le sens commun est *silhouette*, *aspect*, et que l'on traduit en psychologie par *configuration*). Cette approche permet de rendre compte de beaucoup de phénomènes perceptifs où l'aspect général de la scène visuelle, sa forme structurée, va induire directement des perceptions, sans passer par une analyse systématique des composants. À l'aide de cette théorie, de nombreuses « lois » de la perception vont être dégagées, qui précisées et expliquées cognitivement bien plus tard. On retrouve ces « lois » dans la plupart des guides de design graphique (*graphic design*) actuels (on y reviendra au chapitre 6).

- Loi de concision[18]

Cette loi correspond à un principe général de simplicité : le lecteur aura tendance à percevoir ce qui correspond à l'explication la plus simple pour une image. Ce principe va se retrouver en partie dans les autres « lois ».

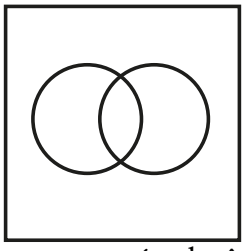


figure n°4 : Deux cercles superposés plutôt qu'un ensemble d'arcs, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010].

- Loi de fermeture ou de continuité

Le système perceptif visuel est entraîné par l'expérience à reconnaître des objets en partie masqués ou mal définis. Il va ainsi compléter les formes manquantes pour y reconnaître des graphismes courants.

18. *Prägnanz* en allemand.

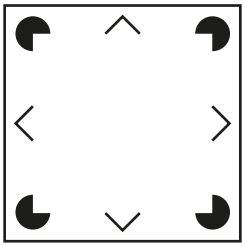


figure n°5 : Le carré absent, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010].

- Loi de destin commun

Les éléments graphiques qui se déplacent dans la même direction (ou donnent l'impression de le faire) sont regroupés et considérés comme un ensemble de niveau supérieur.

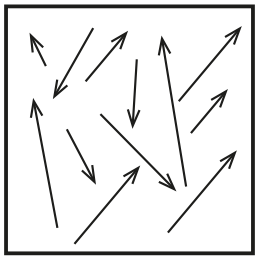


figure n°6 : Plusieurs groupes de direction, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010].

- Loi de distinction figure / fond

Selon le même principe d'expérience, le système perceptif va chercher tout d'abord à déterminer quel est le fond de l'image et quelles sont les figures qui sont visibles sur ce fond. Dans certains cas cette distinction sera difficile, et perturbera la lecture.

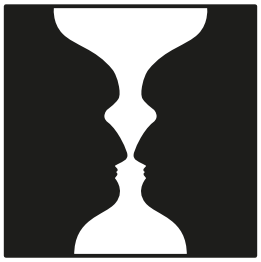


figure n°7 : Vase ou visages ?, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010].

- Loi de proximité

Ce principe est important en géographie, puisque c'est ce que l'on appelle le « premier principe de la géographie cognitive »[19] : ce qui est proche spatialement est aussi proche selon d'autres critères. On le retrouve aussi dans le principe d'autocorrélation

19. Cf. [Fabrikant , 2002]

spatiale en géostatistique. En psychologie visuelle, cela revient à percevoir les éléments proches comme faisant partie du même groupe.

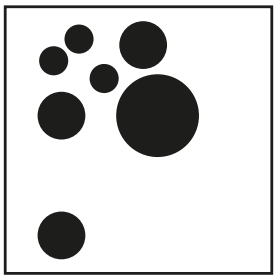


figure n°8 : Proximité spatiale, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010].

1.2.1. La théorie écologique de la perception

J.J. Gibson, avec la théorie « écologique »[20], va prolonger la théorie de la Gestalt en proposant que la perception soit comprise comme un moyen d'adaptation de l'organisme à sa niche écologique : la perception est le lieu/moment d'interaction, de réaction, entre un organisme et son environnement, un système complexe liant perception et action. Selon cette théorie, la scène visuelle est un tout organisé, dont la configuration globale est compréhensible en tant que telle et de façon instantanée, au moins en partie.

Cette théorie va apporter de nombreux éléments utiles pour comprendre le fonctionnement de la perception visuelle, notamment la notion de système perceptif actif, dynamique, et le concept d'affordance (de l'anglais *to afford*, permettre). Ce dernier concept évoque l'idée que l'on prend en compte l'environnement selon les potentialités d'action que l'on y perçoit, de manière intuitive. Le domaine du *design* (notamment dans le cadre de l'ergonomie et de la publicité) est fortement influencé par cette idée : la perception d'un objet va directement donner une idée des actions potentielles qu'il permet, selon les affordances qu'il présente visuellement (par exemple : poignées, boutons, etc.). On retrouve ici une notion importante en sémiotique, celle de signe visuel. L'aspect même de ce qu'on perçoit, l'apparence visuelle, va aussi exprimer du sens, au-delà de la reconnaissance des objets. Une carte thématique utilisant des teintes de vert, par exemple, peut évoquer l'idée que le phénomène représenté concerne un domaine naturel, avant même que le lecteur ne lise le titre et la légende.

Une idée déterminante de la théorie de la vision active a été énoncée par J.J. Gibson en 1966 : c'est la découverte de certaines *structures* dans l'image par le système visuel qui va provoquer le besoin de déplacer l'attention. L'observateur va observer différemment, varier son parcours visuel dans l'image, en fonction des éléments intéressants qu'il y découvre progressivement, à partir d'une première appréciation générale. La vision était ainsi directement reliée au comportement, à l'action, et aux approches psychologiques qui les étudient. Une question importante est alors soulevée : celle de l'invariance de la perception visuelle, de la reconnaissance des objets malgré les potentiels changements importants de

20. cf. [Gibson, 1966]

l'environnement de perception : lumière, distance, masquages, position relative à l'observateur, etc. Cette reconnaissance sous-entend qu'il existe un système cognitif qui va compenser ces variations environnementales et relier la perception à une représentation mémorielle stable, un modèle. Cependant, J.J. Gibson considérait la vision comme active du point de vue de l'acquisition, de la réception, mais passive du point de vue de la cognition. Selon lui, la vision réagit à l'information fournie par l'environnement, elle ne la traite pas[21].

21. *op. cit.*, p. 26.

1.2.2. La théorie cognitiviste de la perception

L'approche cognitiviste, dont D. Marr est le représentant le plus connu, se propose de comprendre, d'expliquer, les opérations que recouvre la perception, de la sensation à l'action. Cette approche est fortement influencée par la théorie de l'information[22] et considère la perception comme un système de traitements appliqués par le système cognitif. Ce positionnement analytique se prête assez bien à l'approche des neurosciences cognitives, qui vont essayer de découvrir progressivement les bases physiologiques de la perception. Ainsi, ce modèle théorique va être très largement utilisé comme passerelle entre la psychologie et la neurologie de la perception, pour proposer des principes de fonctionnement de la vision tirés de l'expérimentation. Des éléments des théories précédentes vont être ainsi être intégrés dans un cadre plus large et être soumis à l'expérimentation.

Dans l'approche cognitiviste on distingue trois niveaux fonctionnels principaux[23] :

- un niveau sensoriel, impliquant les premiers traitements neuro-sensoriels liés aux caractéristiques physiques du stimulus : couleur, orientation, mouvement, texture. Il s'y déroule donc la détection/extraction « automatique » de certaines variables visuelles primitives.
- un niveau perceptif ou configurationnnel où se réalise une organisation, une structuration des traitements du niveau précédent en éléments d'échelon supérieur. comme par exemple la ségrégation figure/fond, stable/mobile, proche/lointain.
- un niveau cognitif ou conceptuel qui est celui où une *signification* est donnée aux organisations perceptives du niveau précédent. Ces organisations sont comparées à l'expérience et potentiellement reconnues comme des objets. Il faut noter ici l'intervention du concept de signification, qui sera important dans les développements ultérieurs.

Malgré sa présentation hiérarchique et chronologique, ce modèle correspond en fait à un système de traitement dont les éléments sont inter-reliés et peuvent fonctionner de manière simultanée. Par ailleurs, la perception est souvent contextualisée et motivée : on ne perçoit pas passivement, mais dans le cadre d'un contexte mental variable et avec certains objectifs (identifier, découvrir, comprendre, progresser…).

L'article de P. Gilmartin dans *Cartographica* en 1981[24] reflète le tournant entre les approches psychophysiques (mesures expérimentales de la perception de caractéristiques graphiques simples) et les approches cognitives, pour la recherche de la compréhension de la lecture des cartes. L'auteure y appelle à une utilisation coordonnée de ces deux techniques d'expérimentation sur l'objet carte, car elles sont complémentaires.

22. Cf. [Shannon, Weaver, 1949]
23. En suivant M. Luyat (*op. cit.*) qui emprunte à [Bonnet *et al.*, 1992].
24. [Gilmartin, 1981]

Dans la période récente, le raffinement des techniques de mesure (et de visualisation) de l'activité neurale, l'enrichissement des théories sur la structure du cortex et le développement des outils de modélisation du traitement de l'information, ont apporté de grands progrès dans la compréhension des processus de perception visuelle, au point que plusieurs auteurs parlent de « révolution »[25]. De plus, l'approche cognitiviste encourageant le passage d'une approche *descriptive* du fonctionnement de la perception visuelle (par l'observation des composants physiologiques) à une approche *explicative*, visant à approcher la vision comme un système de traitement d'information et à comprendre son fonctionnement, a poussé les chercheurs à se tourner vers la modélisation informatique et l'intelligence artificielle pour y chercher des réponses[26].

Alan M. McEachren adopte cette approche et en propose une revue très complète, du point de vue de ses implications en cartographie, dans le chapitre 2 (p. 25) de son ouvrage [MacEachren, 1995]. Nous présenterons rapidement ces résultats en les analysant selon notre problématique plus spécifique, et tenterons de les compléter avec des développements ultérieurs, notamment à propos de la vision active.

1.2.3. La vision active

D'après les résultats des recherches en neurosciences[27], et contrairement à l'intuition, la perception visuelle n'est pas complète, constante et instantanée. Nous ne percevons pas immédiatement l'ensemble de l'environnement visuel et cette perception n'est pas non plus fixe dans le temps. Cependant le système visuel humain est très efficace pour focaliser l'attention selon les besoins de la tâche en cours, et ainsi créer l'illusion d'une perception générale et à jour de l'environnement. Ces actions sont très rapides et inconscientes. Plus précisément, nous ne sommes pas conscients du temps passé et des opérations cognitives effectuées. Selon C. Ware[28], la compréhension du fait que nous ne faisons que sonder visuellement le monde en fonction de nos besoins attentionnels a abouti à un modèle profondément différent de la perception, qui n'a émergé que depuis une dizaine d'années avec l'aide de nouvelles méthodes d'étude du cerveau par les psychologues et les neurophysiologistes. Cette approche, qui prolonge la théorie cognitiviste et dans laquelle l'attention joue un grand rôle, a été baptisée « vision active ».

Selon ce modèle, déplacer le regard correspond à une modification de l'attention. Cette opération est la base du processus de la perception : la requête visuelle est réalisée quasiment en boucle continue, inconsciemment, selon le cycle présenté dans le schéma de la figure n°9 ci-après.

---

25. D. Marr cite l'article de synthèse de H.B. Barlow [Barlow, 1972]. De nombreux épistémologues de la psychologie, comme J. Findlay et I. Gilchrist [John, Ian, 2003] confirment la place importante de la compréhension de la perception visuelle dans la « révolution cognitive » en psychologie (p. 57). C'est aussi la première phrase de l'ouvrage de Colin Ware, [Ware, 2008], *op. cit.*
26. C'est l'origine du domaine de recherche de la vision par ordinateur, ou vision artificielle, que l'on retrouvera plus loin.
27. Cf. [O'Regan, 1992], cité par C. Ware, *op. cit.*
28. *ibidem*, p. 3.

L'image sur la rétine est analysée par divers processus liés à l'attention qui vont régler les détecteurs de motifs, en vue de repérer ceux qui sont les plus susceptibles de nous aider dans notre tâche en cours. La notion de motivation de la perception, de tâche en cours est importante ici car cette elle va influer sur les « réglages » qui vont régir le fonctionnement du système perceptif. Dans le cas de la carte, cette motivation est assez particulière, car comme on l'a vu au chapitre précédent, la lecture d'une carte est motivée par des objectifs spécifiques de recherche d'informations spatialisées et de compréhension d'un territoire.

Au niveau cognitif, la mémoire de travail est utilisée pour retenir brièvement les éléments d'information les plus utiles. La « vision active » va donc être basée principalement sur la compréhension des processus de l'attention visuelle et du fonctionnement des différents outils de détection de formes et de motifs du cerveau. Ce positionnement indique clairement un objectif de compréhension des premières phases de la perception, les plus rapides et automatiques. C. Ware ambitionne dans son ouvrage de dégager des hypothèses quant à la manière la plus indiquée de concevoir des représentions graphiques en tenant compte de ce modèle perceptif. On comprend aisément l'intérêt de cette démarche pour une meilleure compréhension de la lecture des cartes et donc de leur conception. En cartographie, on peut relier cette approche au tournant opéré au milieu des années 1980 du point de vue de la théorie de la communication : après s'être surtout intéressé au rôle du cartographe dans la création d'un document le plus lisible possible s'est développée la question du lecteur, de sa participation active, créative, dans l'interprétation et l'acquisition d'information à partir d'une carte[29].

1.2.4. La pensée visuelle

Pour compléter cette revue des théories de la perception visuelle, il faut citer celle de la « pensée visuelle » (*visual thinking* en anglais). Cette théorie pose l'hypothèse d'une grande proximité entre les processus perceptifs visuels et les processus cognitifs évolués de la pensée. Le titre de l'ouvrage de C. Ware de 2008 est une évocation explicite de ce mouvement de pensée. Plusieurs auteurs[30] soulignent le rôle crucial de la reconnaissance des objets par la perception visuelle dans l'intelligence, comme moyen de résoudre des problèmes. La théorie de la pensée visuelle développe des parallèles entre les processus perceptifs et cognitifs, intimement intriqués. Plusieurs ouvrages récents ont développé ces idées avec l'aide des dernières connaissances sur la conscience et la formation de la pensée, comme celui de Donald. D. Hoffman[31]. Le pionnier dans ce domaine est cependant Rudolf Arnheim[32], un psychologue qui s'est beaucoup intéressé à la perception visuelle dans l'art, dont nous reparlerons car ses travaux sont très pertinents pour notre questionnement.

29. Cf. l'article fondamental à ce sujet de J. R. Eastman [Eastman, 1985]
30. C. Ware, *op. cit.* p. 18, A. M. MacEachren, *op. cit.* p. 366, S. Pinker, [Pinker, 1997], p. 211 et suivantes, [Margolis, 1987], cité par A. M. MacEachren ou encore [Le Guen, 1996].
31. Cf. [Hoffman, 2000]
32. Particulièrement dans [Arnheim, 1976]

Les connaissances actuelles sur la perception visuelle sont donc issues des résultats des différentes théories, qui ont fait émerger les idées d'une perception active, dynamique, selon un processus de traitement de l'information à l'interface entre l'environnement et son image mentale. Après avoir présenté rapidement l'évolution des théories de la perception, il convient de proposer un état de l'art des connaissances sur le fonctionnement du processus de perception visuelle proprement dit, avant de s'intéresser à la phase cognitive de compréhension et d'exploitation des images cartographiques.

1.3. La perception visuelle telle qu'on la comprend aujourd'hui

Les différents éléments du processus de perception visuelle active ont été synthétisés sous la forme du schéma suivant (figure n°9) :

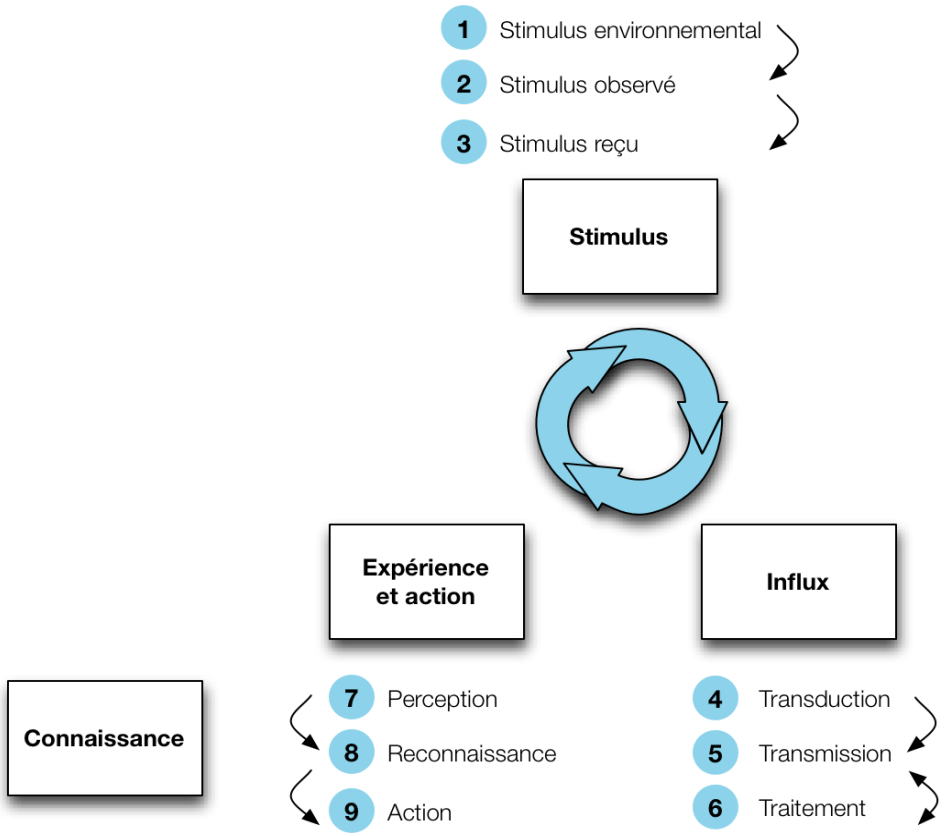


figure n°9 : Le processus de perception visuelle.
Adapté de [Goldstein, 2010].

- Le stimulus visuel objectif existe dans l'environnement, indépendamment du récepteur. Il s'agit de la partie du monde réel qui va activer la perception.
- Une partie seulement du stimulus environnemental est l'objet de l'attention.
- Une partie de la scène objet de cette attention est ressentie par les récepteurs visuels.

- Les récepteurs visuels convertissent l'image perçue en un signal sous la forme d'énergie électrique.
- Ce signal est transmis vers les zones de traitement, le long de nerfs et de chemins de neurones dans le cerveau (ou « voies »).
- Le signal est traité par les différentes zones de réseaux de neurones. Il est ainsi converti en une nouvelle représentation du stimulus dans le cerveau.
- La perception proprement dite est la sensation consciente du stimulus.
- La reconnaissance est l'identification de l'objet perçu et son placement dans une catégorie de la connaissance (mémoire).
- L'action est le mouvement effectué en conséquence de la reconnaissance de la scène visuelle et le choix parmi les actions possibles qui lui sont liées dans la mémoire.

Nous n'allons développer ici que les aspects qui nous paraissent importants en relation avec notre problématique, c'est-à-dire essentiellement ce qui influe sur la lisibilité d'une représentation graphique et son interprétation. La théorie de la « pensée visuelle » telle qu'elle est formulée par Colin Ware[33] propose justement une telle approche.

1.3.1. Étapes 1, 2 et 3 : Stimulus

Le fait que ces trois étapes soient distinguées vise à mettre en évidence deux constats : l'importance de la question de l'attention et l'imperfection de nos capteurs visuels. Le premier point est, on l'a vu, la base de la théorie de la vision active et de la pensée visuelle : la perception est un cycle de requêtes visuelles guidé par l'attention et la motivation. On ne perçoit qu'une petite partie de la scène visuelle totale que nous offre notre environnement à un moment donné, celle à laquelle nous accordons notre attention. Le second point est souvent contre-intuitif, car l'étude physiologique de nos capteurs visuels est complexe et ses résultats peu connus, malgré leurs profondes implications. À la frontière entre le monde extérieur et le monde intérieur, le stimulus est *filtré* et *transformé* par notre système visuel.

Il faut aussi noter le fait que la perception visuelle n'est pas une opération isolée, singulière, mais bien un cycle de plusieurs requêtes successives, éventuellement organisées pour explorer une région particulière de l'environnement, vérifier des hypothèses, guider un mouvement, etc. Une étape de perception peut donc être une suite itérative de réceptions de stimuli, dont les traitements coordonnés vont faire progresser la compréhension de l'environnement.

33. [Ware, 2008], *op. cit.*

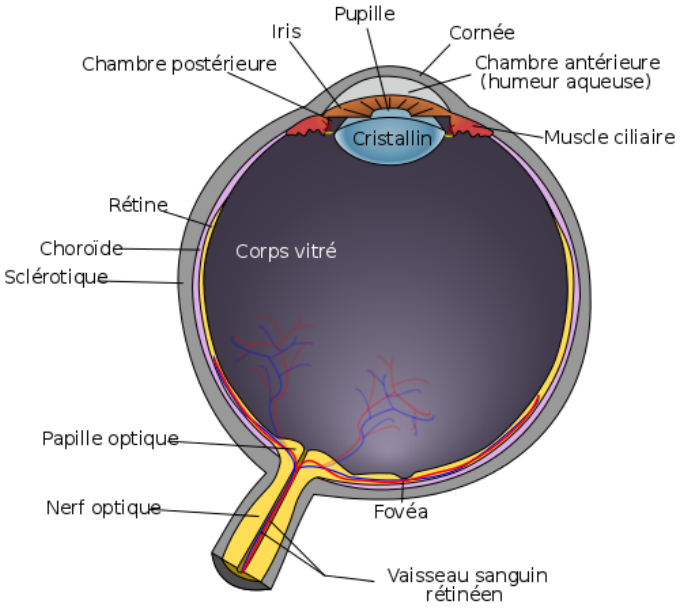


figure n°10 : Anatomie de l'œil, Adapté de Rhcastilhos pour wikicommons[34].

Concrètement, la réception d'une image par l'œil peut être schématisée de la manière suivante :

- la tête est orientée dans une direction, les yeux pivotent dans leurs cavités pour s'orienter à leur tour (saccade) ;
- Dans les deux yeux, la cornée et le cristallin forment un objectif dont la mise au point est faite sur une distance prédéterminée (par une requête visuelle précédente, par exemple, ou une hypothèse de distance) ;
- la lumière traverse cet objectif pour venir illuminer le fond de l'œil qui est couvert par une couche de cellules réceptrices appelée la rétine (cf. figure n°10).
- les cellules de la rétine reçoivent la lumière.

Cette phase mécanique de la perception visuelle paraît simple, mais elle implique plusieurs faits qui contredisent l'intuition d'une perception globale et constante :

- la perception visuelle est dirigée, la zone de netteté dépend de l'orientation des yeux et de la distance de mise au point ;
- cette zone de netteté est d'une taille variable, toujours en fonction de la distance de mise au point.

Ce constat de décalage avec l'intuition de la perception visuelle perdure lorsque l'on s'intéresse à l'étape suivante du processus, qui va concerner la rétine.

34. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_diagram_of_the_human_eye_en.svg, visité le 29 déc. 2011., copyleft.

1.3.2. Etapes 4, 5 et 6 : Influx

Ces étapes marquent d'abord une transformation du stimulus lumineux en un influx nerveux, donc un changement de nature, de type d'énergie, un encodage. Cette *transduction* est assurée, dans le cadre de la vision humaine, par des neurones spécialisés, situés sur la rétine, appelés cônes et bâtonnets. Ces deux types de neurones ont des fonctions différentes, mais ils réagissent de la même manière aux stimulus lumineux : en captant des photons ils produisent un influx nerveux.

Les chercheurs qui ont décrit ce processus en 1942[35] ont montré que pour 100 photons arrivant à l'œil, 50 traversaient la cornée et le cristallin (les autres étant réfléchis ou absorbés) pour arriver sur la rétine où seulement 7 étaient captés par des neurones. La liaison stimulus - influx est donc là aussi une forte réduction de l'information, après les remarques faites précédemment sur et la position et la taille de la zone de netteté.

Le principal élément qui va ensuite conditionner la transduction est la répartition différentielle des types de neurones capteurs sur la rétine (cf. figure n°11, ci-dessous).

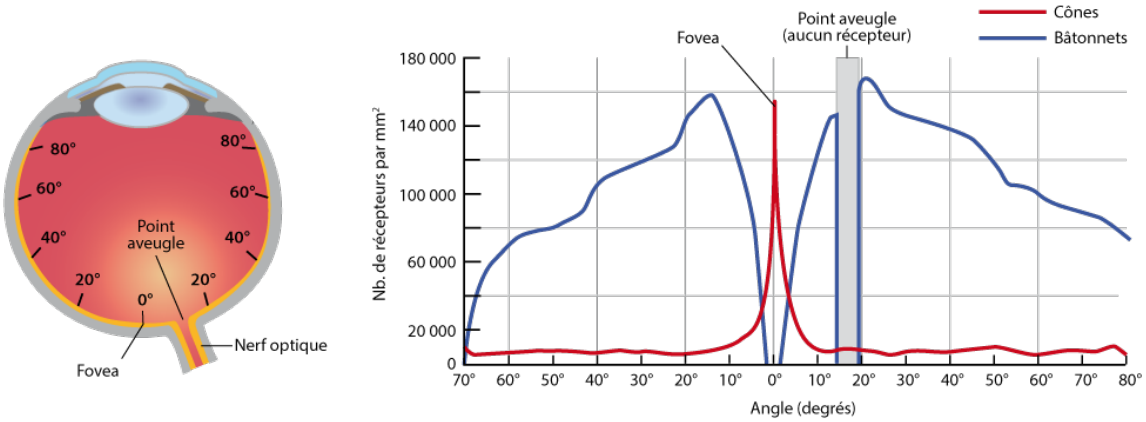


figure n°11 : Distribution des neurones récepteurs sur la rétine, adapté de [Lindsay, Norman, 1977].

Cette répartition a des effets importants car les deux types de neurones perceptifs ont des caractéristiques très différentes :

- les cônes, qui composent la totalité de l'aire centrale de la vision, la fovea, sont adaptés à la luminosité courante, et répartis en trois catégories selon leur sensibilité à des gammes de fréquences lumineuses (donc de couleurs) différentes ;
- les bâtonnets, plus spécialisés dans la vision sous faible luminosité, ne distinguent pas très bien les différences de couleur. Ils sont répartis sur le reste de la rétine, dans les zones de vision périphérique.

35. [Hecht, Schlaer, Pirenne , 1942]

On peut en conclure que la vision dans des conditions habituelles de luminosité sera essentiellement conditionnée par les caractéristiques sensitives (couleurs) et la distribution des neurones de type cône. Cela contribue à expliquer la faiblesse de la taille de la zone de netteté visuelle et donc le besoin de souvent réorienter l'œil pour déplacer l'attention (saccades). Sous un éclairage faible, la distinction des couleurs est fortement compromise.

Par suite, c'est la distribution des types de cônes selon leur sensibilité à des fréquences lumineuses différentes qui va prendre de l'importance, en conditionnant les étapes ultérieures de la perception visuelle.

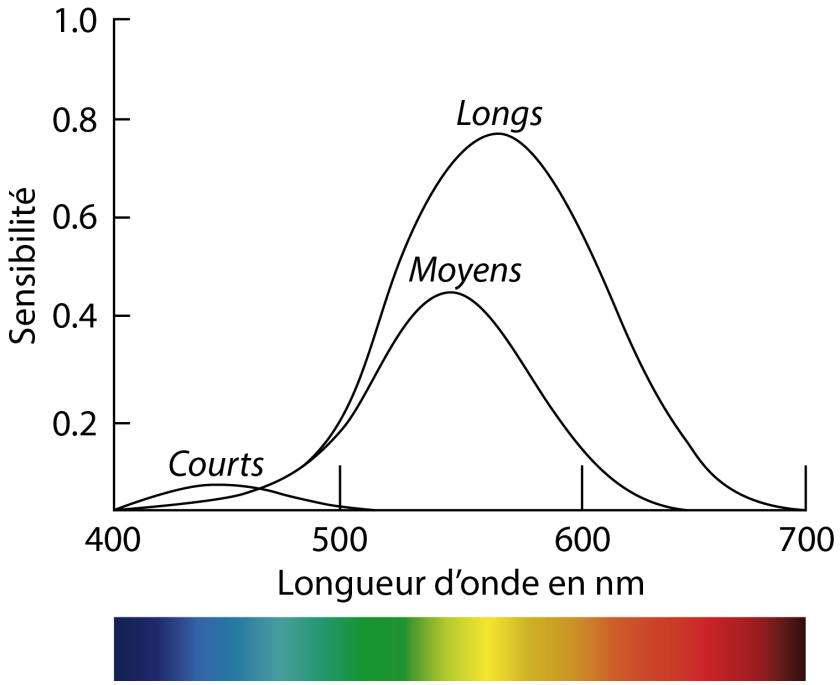


figure n°12 : Sensibilité à la couleur (fréquence) des trois types de cônes[36], d'après [Ware, 2008].

Les trois types de neurones de la famille des cônes se distinguent par la position de leur plage de sensibilité sur l'échelle des fréquences lumineuses, donc de couleurs (teintes). Leur niveau de sensibilité est très différent, comme l'indique le schéma de la figure n°12 ci-dessus. Cela implique deux conséquences :

- une capacité à distinguer les couleurs très différente selon le type de cône impliqué et donc selon la teinte de la couleur : on perçoit assez mal les variations dans les teintes violet-bleu alors qu'on perçoit bien mieux celles dans les verts ou les rouges ;
- la couleur jaune est détectée par deux types de récepteurs, elle provoque donc une forte réponse, largement supérieure à celle des autres teintes : le jaune est ressenti comme très lumineux.

36. En français, on trouve parfois ces trois types de cônes nommés d'après la couleur principale des fréquences sensibles : bleu, vert et rouge.

Cette étape de transduction du signal lumineux en un signal neural implique une transformation de l'information, au travers de la physiologie du fonctionnement de notre appareil récepteur. L'étape suivante, la transmission, est plus directe et n'implique pas de modification de nature de l'influx nerveux, elle est assurée par les fibres du nerf optique.

La dernière étape de ce groupe, le traitement de l'influx, se distingue de l'étape suivante, la perception, par le critère de la prise de conscience. Il peut paraître arbitraire de scinder ces deux phases, mais il s'agit de deux phénomènes bien différents et la distinction entre un fonctionnement « automatique », inconscient, et une réaction dirigée de l'interprétation de la perception est fondamentale dans la compréhension de la vision.

Cette phase de traitement de l'influx va donc regrouper les opérations réalisées par le cerveau pour convertir les informations transmises par la rétine en éléments interprétables, reconnaissables.Ces éléments vont ensuite pouvoir être utilisés pour décider des prochaines actions (en partie de façon inconsciente). Il se produit alors une transformation très importante, à la fois au sens de la réduction de l'information traitée, mais aussi du point de vue de la valeur ajoutée à l'information. À la frontière entre ce traitement et la perception consciente qui en est l'étape suivante se situent les premiers niveaux de l'acquisition du sens des éléments perçus visuellement. On reviendra par la suite sur ce moment crucial de la lecture d'une image, qui voit le commencement de l'évocation de signifiés et d'émotions, et donc l'apparition des objets d'étude à la fois de la sémiotique et de l'esthétique.

Ces processus étaient très mal connus jusqu'à récemment. Ils ont de profondes implications sur la lecture des images complexes, dont les cartes. On peut décrire ces traitements comme une double succession d'opérations effectuées de façon modulaire (dans des zones spécifiques du cerveau inter-reliées) : d'une part des opérations de raffinement progressif du traitement, d'autre part un réglage de ces opérations provenant de processus de niveau supérieur. Ces deux types de parcours sont nommés ascendant *(bottom-up)* et descendant (*top-down*) en considérant le niveau de l'opération de départ.

Ainsi, le parcours ascendant désigne le cheminement de l'information depuis sa forme brute issue de la rétine jusqu'à la reconnaissance des objets, en passant par plusieurs types de détection et d'organisation. Le parcours descendant décrit la configuration, le réglage, voire l'amorçage[37] des modules détecteurs et organisateurs en fonction de l'intérêt et du contexte de l'opération de perception : est-ce une première requête visuelle dans une scène nouvelle, où l'on doit se repérer avant d'agir, au contraire la suite de l'exploration de la scène, la recherche d'un élément spécifique, comme ceux qui guident un déplacement (portes, chemins), une lecture, etc. Le parcours descendant est donc l'un des composants de l'attention, un de ses moyens. Il contrôle le fonctionnement du parcours ascendant. La figure n°13 ci-après présente et illustre ces deux parcours dans le cas de la lecture d'une image cartographique.

37. Au sens de la définition préalable des caractéristiques intéressantes.

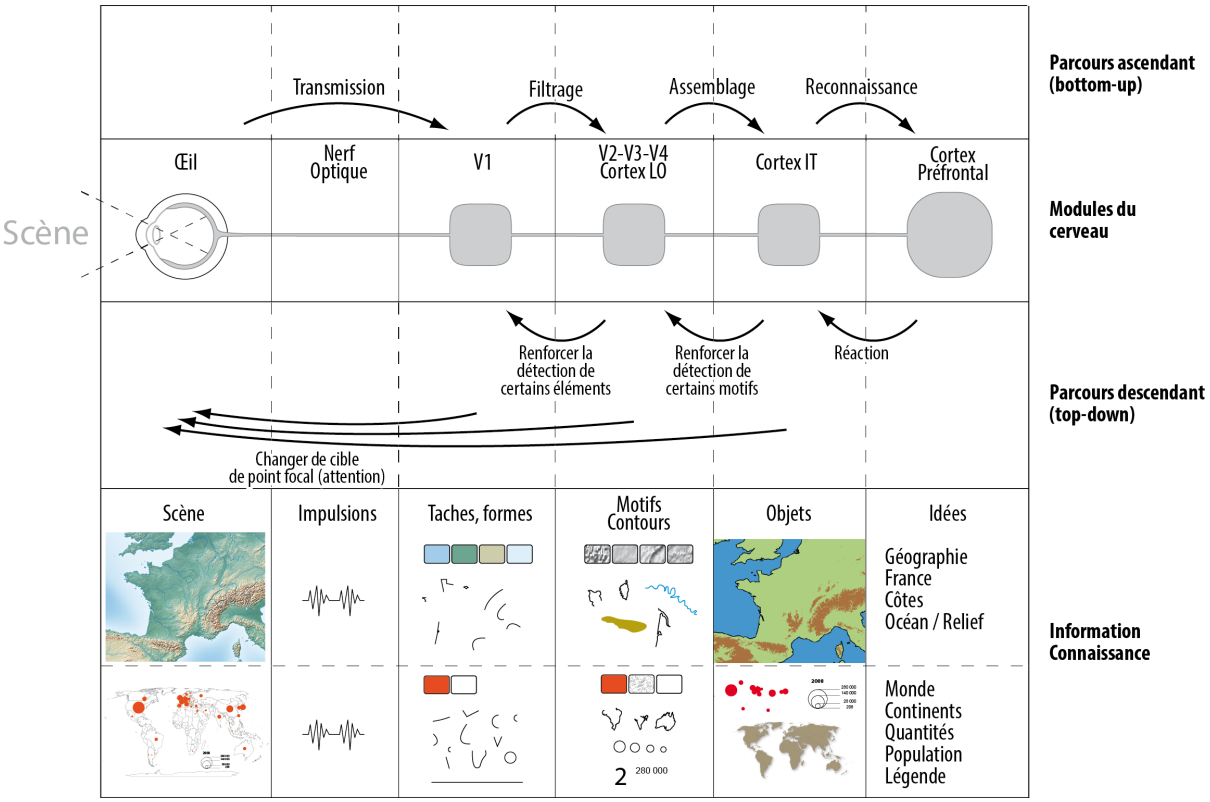


figure n°13 : Les parcours de traitement de la perception visuelle.

1.3.2.1. Le parcours ascendant

Le traitement de l'information dans le sens œil-cognition met en œuvre une série de plusieurs dizaines de modules (ou groupes de neurones spécialisés), que l'on peut regrouper, selon C. Ware[38], en trois familles : les processeurs de caractéristiques élémentaires (*features*), les détecteurs de motifs et enfin la reconnaissance des objets. On retrouve ici, raffinée, la catégorisation de la théorie cognitiviste de la perception évoquée plus haut (sensation, perception, cognition). Le schéma de la figure n°14 ci-après présente ce parcours de l'information entre zones cérébrales.

Si la découverte de la connexion entre la rétine et une aire particulière, définie du cortex est assez ancienne[39], la description du fonctionnement de ces processus neuronaux, leur explication scientifique, est relativement récente. Elle est due à de nombreuses expériences mettant en œuvre des techniques d'observation de l'activité cérébrale moderne par neuro-imagerie comme la résonance magnétique fonctionnelle[40] ou la tomographie par émission de positrons (depuis 2000 environ).

38. *op. cit.*
39. [Henschen, 1893]
40. Cf. la revue de littérature dans [Lobben, Lawrence, Olson, 2009]

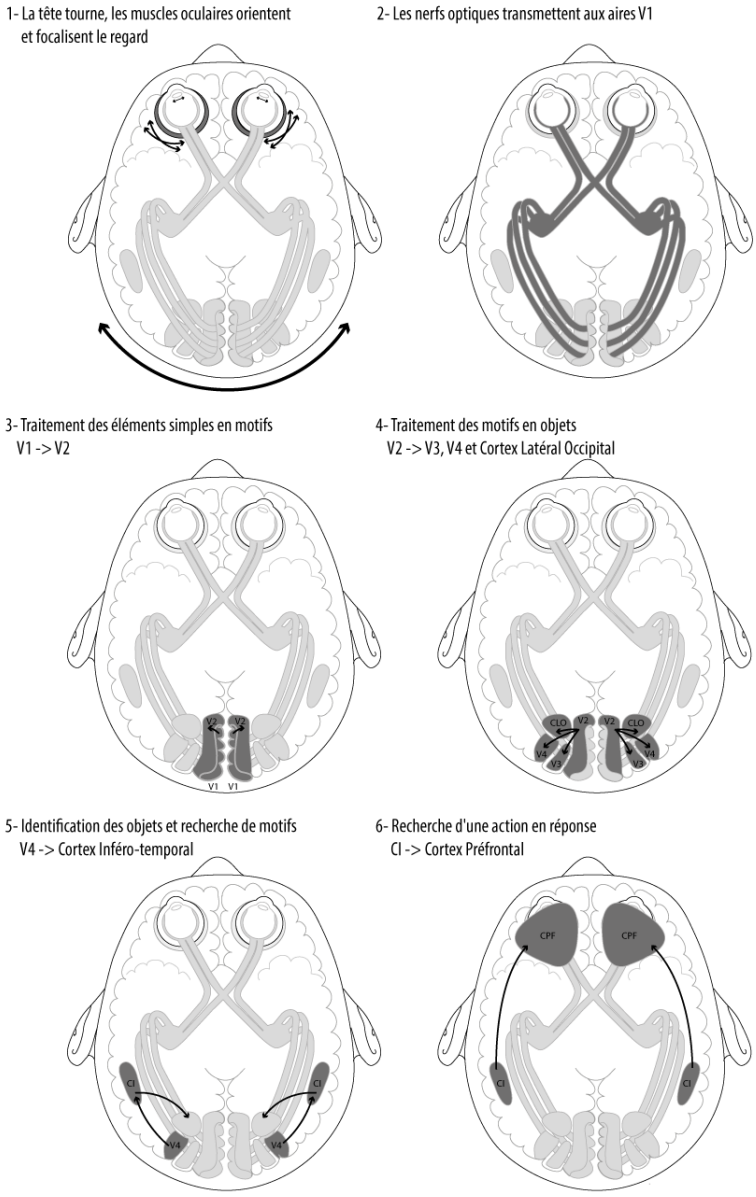


figure n°14 : Le parcours ascendant,
d'après C. Ware *op. cit.* et Lindsay & Norman, *op. cit.*

La première phase de ce traitement des informations brutes en provenance de la rétine consiste en une série de processeurs de caractéristiques élémentaires : des groupes de neurones spécialisés dans la détection et l'amplification de certaines configurations formelles dans l'image. Si l'on utilise le point de vue du traitement de l'information, ces neurones forment une sorte de machine massivement parallèle qui va travailler en temps réel sur toute l'information en provenance du nerf optique. La quantité de neurones concernés est très importante, largement supérieure à celle attribuée aux étapes suivantes.

Les principales caractéristiques détectées et mesurées par ce processus sont[41] :

- les orientations, alignements, les contours ;
- la taille ;
- les couleurs selon deux axes de détection : rouge / vert ou jaune / bleu ;
- les différences de luminosité ;
- le sens du mouvement (orientation et vitesse) ;
- la disparité binoculaire (qui permet la vision en trois dimensions).

Il est important de noter ici la ressemblance entre ces caractéristiques et les variables visuelles (ou rétiniennes) relevées par Jacques Bertin[42], développées par la suite par ses successeurs. Notons aussi qu'il existe un ordre chronologique, dans lequel ces caractéristiques sont isolées : la couleur, puis la forme et enfin le mouvement[43].

Ainsi, le système visuel est équipé pour repérer automatiquement et très rapidement certains éléments graphiques, des variables visuelles. Naturellement ce repérage va être plus ou moins intégré dans les phases suivantes de traitement et sera préservé selon des niveaux variables jusque la conscience. Par exemple, le repérage des orientations / alignements servira essentiellement à détecter des contours, des délimitations graphiques, on va ensuite perdre la conscience de cette perception globale des différentes orientations dans la scène visuelle qui a pourtant été générée. Il en va de même pour la mesure fine des valeurs sur les axes colorés. Par ailleurs, toutes ces caractéristiques visuelles sont *construites* par notre système perceptif, par un traitement de l'image perçue, cette construction est donc sujette à des variations, selon le contexte et les individus.

Le niveau suivant de traitement recouvre un assemblage des caractéristiques relevées pour former des entités de niveau supérieur, des motifs (*patterns*), des régularités. Les alignements d'orientations et de contrastes sont assemblés en contours. La scène visuelle est par exemple découpée en régions de même texture et couleur, potentiellement délimitées par des contours. On a donc ici une réelle organisation de la scène visuelle, et on peut suivre C. Ware lorsqu'il remarque la correspondance entre les opérations de ce niveau et certains principes énoncés par la théorie de la Gestalt au début du vingtième siècle (cf. *supra.*, §1.2.1). La découverte de motifs ou d'organisations est considérée par certains auteurs[44] comme l'un des lieux principaux de la pensée (ou l'intelligence) visuelle, car elle correspond à trouver une solution à un problème : se déplacer, comprendre les proportions relatives d'un schéma, repérer une catégorie d'information sur une carte.

Enfin, le dernier niveau de cette phase de traitement correspond à une organisation supplémentaire des informations pour former des objets, des entités cohérentes avec l'expérience de l'observateur. Ces opérations peuvent être résumées en deux types de traitement : le regroupement perceptuel (formation d'objets) et la discrimination figure -

41. D'après C. Ware, *op. cit.*, complété par A. Treismann et al. [Treisman , 1990], cité par A. MacEachren, *op. cit.*
42. [Bertin, 1967]
43. [Moutoussis, Zeki, 1997]
44. Cf. [Hawkins, Blakeslee, 2005], cité par C. Ware, *op. cit.* ou [Hoffman, 2000], *op. cit.*

fond[45]. Cette phase est une étape importante de la lecture d'une image, ses implications spécifiques pour la cartographie seront examinées plus loin (Cf. *infra*., § 1.4.2.).

Certains modules du cerveau sont spécialisés dans la détection de types d'objets particuliers : visages, parties du corps, lieux[46], qui vont alors être stockés dans une mémoire de travail, à court terme. Cette mémoire ne permet pas de réelle « pensée visuelle », c'est un des composants d'un système distribué de traitement cognitif, selon C. Ware. Pour que ces « objets » soient analysés en tant que tels, il faut que l'attention y soit portée spécifiquement après leur découverte, ce qui implique le second parcours de l'information visuelle, descendant.

1.3.2.2. Le parcours descendant

Les processus du parcours descendant sont guidés par l'attention, elle même dirigée par une action ou un but. Ce but peut être concret, comme un déplacement dans une pièce, ou abstrait, comme la lecture attentive d'une carte. Il peut aussi être plus ou moins conscient et c'est là que la frontière entre l'étape de traitement et celle de perception se situe. Il ne faut pas considérer le premier parcours présenté, ascendant, comme une suite mécanique et immuable d'opérations. Son fonctionnement est plutôt celui d'un système biologique, avec de nombreuses relations entre modules détecteurs ou avec la mémoire de travail. Le parcours descendant exerce une rétroaction continue pour donner plus de valeur à certains détecteurs et atténuer la réponse d'autres, en fonction de l'objectif de l'attention.

Selon ce que l'on est en train de faire, la suite des actions prévues, le système de traitement neural de la vision va être *configuré* différemment. En premier lieu, ce contrôle de l'appareil visuel va dicter la série de saccades qui vont permettre de déplacer l'attention visuelle dans la scène. On peut ainsi définir l'attention visuelle en fonction des lieux de la fixation successives du regard dans une scène, et de leur durée. Il s'agit de la base des travaux de modélisation informatique de l'attention visuelle dont nous reparlerons à propos de propositions d'évaluation de la complexité d'une image (au chapitre 8).

Le trajet visuel de l'attention est construit par le cerveau en fonction de l'objectif en cours. Tout d'abord une image mentale approximative des caractéristiques recherchées est créée. Elle va servir d'amorçage pour les processeurs élémentaires : ceux qui détecteront une de ces caractéristiques verront leur signal accentué, et, à l'inverse, les autres seront inhibés. À partir de ce premier filtrage, une « carte » visuelle est créée, qui va indiquer les zones potentielles dans l'ordre décroissant d'intérêt et servir à guider les saccades visuelles de recherche suivantes. À chaque fixation du regard, les neurones des modules des niveaux plus élevés, les détecteurs de motifs et d'objets, vont être de la même manière *réglés* pour le repérage des caractéristiques a priori intéressantes. En parallèle, à chaque étape, est effectué une comparaison avec des formes connues, ce qui va permettre de reconnaître certains éléments plus rapidement que d'autres. Comme argument pour cette hypothèse,

45. Cf. la revue des expérimentations récentes dans [Lobben, Lawrence, Olson, 2009].
46. Cf. [Goldstein, 2010], *op. cit.*, p. 120.

V.S. Ramachandran et W. Hirstein[47] évoquent la célèbre image du dalmatien : une fois qu'on l'a trouvé, on ne peut plus le manquer lors de visualisations ultérieures de l'image. La forme du chien est devenue un élément de reconnaissance automatique qui intervient tôt dans le déchiffrage progressif de la scène visuelle (cf. figure n°15, ci-dessous).

figure n°15 : La loi de regroupement illustrée, ou « cherchez le dalmatien », [Gregory, 1970][48].

On retrouve ici des idées qui ont été exprimés par J.J. Gibson dans la théorie écologique de la perception : la scène visuelle possède sa propre *structure*, discernable progressivement, qui va guider, en partie, la perception (cf. *supra.*, § 1.2.2). Mais cette explication interne à la scène ne répond pas à toutes les situations et ne tient pas compte de l'entrainement, de l'expérience et de la capacité à expérimenter du système perceptif.

Ce fonctionnement, en grande partie inconscient, est efficient et rapide, mais reste dépendant des contraintes et limites relevées précédemment (concernant entre autres la faible taille de la zone de netteté), donc de la nécessité de déplacer rapidement les yeux pour optimiser les ressources de détection disponibles.

La conséquence directe de ce processus est l'une des hypothèses centrales de la théorie de la vision active : la perception visuelle est réglée, configurée, par la tâche en cours et les hypothèses que l'on développe quant à la façon de parcourir une scène visuelle pour aider à l'accomplissement de cette tâche. Ainsi, non seulement on ne perçoit pas distinctement la globalité d'une scène visuelle instantanément, donc il faut plusieurs saccades pour la parcourir, mais la façon dont on la découvre progressivement est dirigée par des objectifs spécifiques et par une détection progressive de potentialités, de zones d'intérêt. La perception visuelle serait donc dépendante du croisement des deux parcours, ascendant et descendant, c'est-à-dire à la fois des réactions successives des groupes de neurones

47. [Ramachandran, Hirstein, 1999]
48. Photographe : Ronald C. James.

détecteurs, filtrants, organisateurs et des modèles d'attention visuelle qui vont les contrôler et guider l'exploration visuelle. Mais comment l'organisme sait-il quel modèle attentionnel appliquer ?

S. Pinker[49] propose de distinguer les scènes visuelles qui ne demandent qu'un traitement selon le parcours ascendant, qu'il qualifie de scènes banales ou « par défaut », des scènes « élaborées » qui demandent une intervention du parcours descendant, donc la mise en œuvre d'une attention spécifique, la recherche de caractéristiques coordonnées. Il en vient à s'intéresser aux processus cognitifs de niveau supérieur mis en œuvre dans les phases de perception.

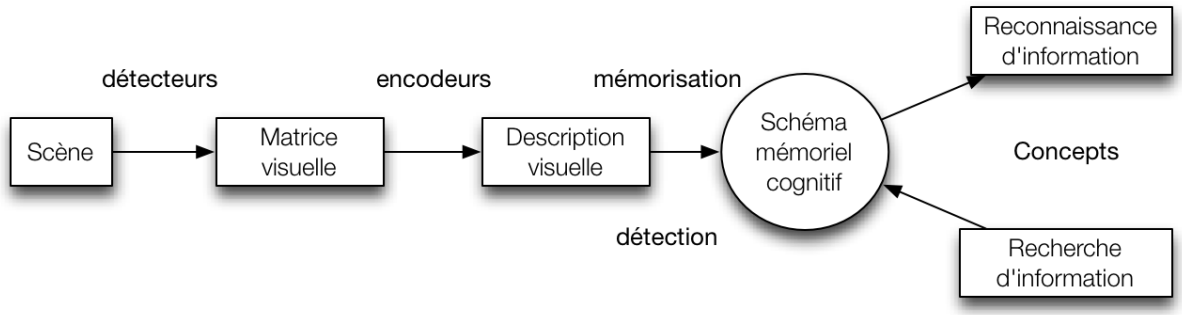


figure n°16 : Modèle de S. Pinker, d'après [Pinker, 1990], fig. 4.14, p. 94.

S. Pinker, alors chercheur au M.I.T., propose dans cet article fondateur de 1990 de décrire et représenter sous la forme de schémas des structures d'information cognitives et leurs représentations, selon les propriétés de leurs composants et les relations qui les organisent (cf. figure n°16, ci-dessus). Par exemple, un graphique statistique en histogramme peut être décrit schématiquement comme un ensemble de barres alignées, mais ordonnées, de hauteur variable, dans un contexte normé par deux axes. Chaque barre est un élément, qui possède des propriétés de hauteur (et potentiellement de largeur), donc de taille et de contraste par rapport au fond, ainsi que des relations de position et d'alignement avec les autres éléments ainsi qu'avec les axes. Ainsi, chaque élément du graphique est décrit à la fois par ses propriétés visuelles (taille, couleur, luminosité, texture) et ses relations avec les autres éléments (alignement, position, donc relation spatiale). Les propriétés graphiques simples sont perçues par les détecteurs de premier niveau pour former une première image simplifiée de la scène, nommée « matrice visuelle » dans le schéma ci-dessus (« *visual array* » en anglais), les propriétés spatiales et relationnelles sont perçues par les détecteurs de motifs et assemblées en objets, dont la somme forme une « description visuelle », stockée en mémoire visuelle de travail. Cette description est ensuite enregistrée plus durablement sous la forme d'un schéma cognitif et mémoriel. C'est ce schéma qui va permettre à la fois la reconnaissance du contenu de la scène mais aussi de pouvoir interroger ce contenu pour y faire des recherches. Ces recherches vont être effectuées en comparant ce schéma perçu avec les schémas stockés d'un objet ou d'une idée recherchés, but de l'attention, à l'aide d'un réglage adapté des détecteurs selon le parcours descendant de la perception.

49. [Pinker, 1990], cité par A. McEachren, *op. cit.*

S. Pinker reprend et prolonge une idée du milieu des années 1970 (cf. les recherches de D. Marr et D. Navon) selon laquelle le stockage en mémoire des objets visuels correspond à la séquence des réactions des modules neuronaux de la vision qui les perçoivent. On reconnaît un objet parce que la série de détecteurs de caractéristiques et de motifs du parcours ascendant et les structures de l'attention mises en œuvre dans le parcours descendant sont stockées en mémoire, leur séquence a été mémorisée. On se rapproche du concept d'image mentale, et de la « pensée visuelle » développée par R. Arnheim. D. D. Hoffman[50] conforte cette hypothèse et l'étend même à l'intelligence en général, qui naîtrait alors de la capacité du néocortex à stocker et reproduire des structures d'information selon ce type de modèle.

L'avantage de cette représentation est sa proximité avec la façon dont l'information serait stockée dans la mémoire (d'après les connaissances de l'époque), mais aussi celle dont un graphisme va être perçu, sous la forme d'une *structure* d'éléments. Ce sont donc des sortes de modèles, à la fois ensembles complexes d'informations, mais aussi les façons de procéder pour les visualiser. La justification de ce concept est claire : lorsque l'on a à faire à des structures complexes, la façon dont elles sont organisées en mémoire va jouer un rôle dans la manière de les repérer et de les percevoir visuellement. Ces schémas-modèles ont aussi la propriété, toujours selon S. Pinker, d'être construits progressivement selon une structure, ce qui permet d'accéder rapidement à leur configuration générale (pour les comparer par exemple avec une description visuelle simplifiée), ou d'accéder aux propriétés et relations de leurs éléments en les examinant plus longuement.

A. MacEachren[51], qui présente dans son ouvrage ces schémas cognitifs, souligne qu'intervient ici l'expérience, la formation, de l'individu : avec de l'entraînement ou de l'habitude, certaines configurations graphiques complexes, comme peuvent l'être les cartes, sont lues assez rapidement, sans effort particulier d'attention (on parle alors de compréhension *précognitive*, réalisée avant que des processus conscients de cognition soient utilisés). L'environnement quotidien, les habitudes de lecture, vont ainsi former et développer certaines habitudes de visualisation appelées aussi *manières de voir*.

À partir de ce concept de schémas-modèles cognitifs, des chercheurs vont développer des adaptations plus spécifiques aux graphiques d'information, par exemple S. M. Kosslyn[52], ainsi qu'aux cartes, avec J.R. Eastman et A. M. MacEachren.

50. [Hoffmann, 2000], *op. cit.*
51. [A. M. MacEachren, 1995], *op. cit.*, p. 39.
52. [Kosslyn, 1989]

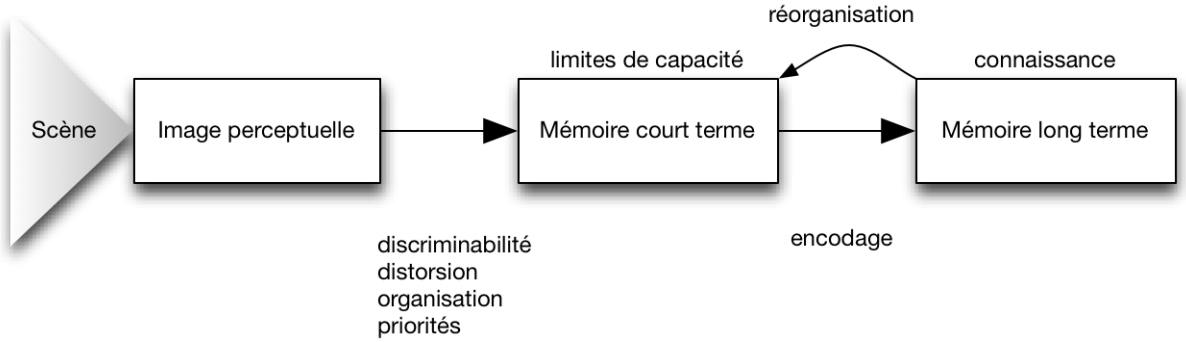


figure n°17 : Modèle de S.M. Kosslyn, d'après [Kosslyn, 1989], fig. 2, p. 190.

Le modèle de Kosslyn (cf. figure n°17 ci-dessus) est présenté par A. McEachren (*op. cit.*) comme inscrit dans le cadre de la théorie cognitiviste de la vision. Il insiste sur les contraintes de la perception, en mettant en évidence une série de facteurs limitants dont il faut tenir compte pour obtenir une lecture claire du graphe, et son bon encodage sous forme de schéma dans la mémoire à long terme. Ces facteurs sont de plusieurs types : liés à nos capacités physiologiques de perception et à nos capacités cognitives de traitement des informations.

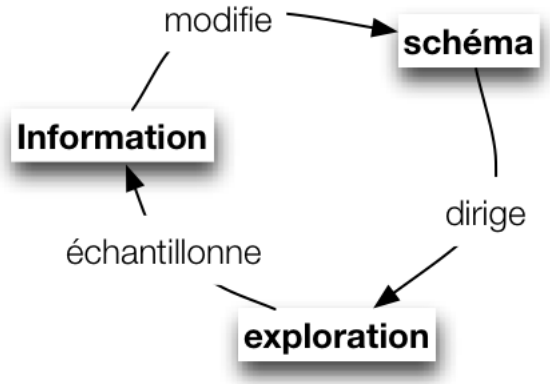


figure n°18 : Modèle de J.R. Eastman, d'après [Eastman, 1985], fig. 3, p . 99.

Le modèle de J. Ronald Eastman (figure n°18 ci-dessus) est influencé par les expériences de suivi des mouvements oculaires réalisées sur des cartes, et favorise une position dominante du parcours descendant, qui va intervenir en premier lieu pour décider de l'exploration de la scène visuelle. A. McEachren cite cependant de nouvelles expériences qui sont plutôt en faveur d'une détection précognitive de certains symboles cartographiques[53]. Ensuite, on note que ce modèle est cyclique, avec une modification régulière des schémas cognitifs en fonction des opérations précédentes de perception, qui ont permis la compréhension d'informations. Eastman insiste par ailleurs sur l'aspect hiérarchique du concept de schéma cognitif, avec des éléments simples accessibles rapidement, formant une structure évidente et des blocs lisibles, qui se ramifient ensuite en éléments plus complexes et plus longs à concevoir.

53. *ibidem*, p. 42.

La limite entre cette étape du processus de vision active, le traitement, et la suivante, la perception, tient dans la prise de conscience des éléments repérés dans la scène visuelle. Les objets repérés et stockés dans la mémoire de travail ont été reconnus par une comparaison, consciente ou non, avec la mémoire à plus long terme.

1.3.3. Étapes 7, 8 et 9 : Expérience et action

Lors de l'étape de perception, nous sommes conscients d'avoir perçu visuellement un objet. Les étapes suivantes, reconnaissance d'après expérience et action, ont longtemps été détachées du processus général de perception visuelle. C'est une réflexion à un niveau supérieur, prenant en compte l'ensemble environnement-organisme, qui a permis, notamment avec la théorie écologique de la perception (cf. *supra*, §3.2.2), de concevoir ces deux étapes supplémentaires comme faisant partie d'un même cycle que les étapes précédentes. Comme on l'a vu, c'est la présence de certains éléments dans la scène visuelle qui va guider l'attention et la perception progressive de la scène dans son entier. La perception, à son tour, va guider l'action en permettant à l'organisme de dérouler son programme d'activité.

La reconnaissance est cependant bien distincte de la perception consciente, car elle fait intervenir des systèmes cognitifs différents. Ainsi on peut être conscient de percevoir visuellement un certain ensemble de caractéristiques formant un objet, mais être incapable de le reconnaître, faute d'en avoir déjà eu l'expérience ou à cause d'une déficience du système cognitif permettant la reconnaissance[54].

Enfin la dernière phase du cycle, l'action, implique un mouvement, une réaction motrice suite à la reconnaissance, dans l'objectif général en cours, qui peut aussi être un déplacement pour obtenir une visualisation de la scène sous un autre angle, à une meilleure distance.

À l'issue de cette présentation des processus physiologiques et cognitifs de la vision, il est utile de faire le point sur les apports potentiels de cee connaissances à propos de la lecture des cartes, « scènes » visuelles complexes et bien particulières.

54. Cf. l'intéressant ouvrage de C.D. Frith à ce propos : [Frith, 2007]

1.4. Conséquences pour la lecture et la composition cartographique

1.4.1. Point de vue global

En quelques mots, et pour reprendre la conclusion du premier chapitre de l'ouvrage de C. Ware, on pourrait synthétiser les résultats sur la perception visuelle de la façon suivante : la perception visuelle n'est pas instantanée et parfaite ; elle met en oeuvre des processus perceptifs et cognitifs complexes et progressifs.

> Pour proposer une conception graphique efficace il faut connaître et comprendre les tâches cognitives, leurs limites, ainsi que les requêtes visuelles qu'une représentation graphique est censée faciliter (C. Ware, *op. cit.*, p. 14).

Le géographe-cartographe doit intervenir dans la conception et la composition de la carte en identifiant les catégories d'informations importantes à transmettre, les requêtes visuelles et les traitements cognitifs nécessaires à leur perception ainsi que les formes graphiques qui les assisteront le mieux. C'est la composition générale de la carte, l'assemblage d'éléments visuels qu'elle forme, qui va être perçue en premier lieu. Elle va organiser la découverte *progressive* des éléments de l'image, en guidant l'attention et en établissant des relations cognitives signifiantes qui expriment des informations géographiques. La réflexion au niveau de la composition générale va aussi permettre de prévoir les interférences potentielles entre éléments, leur perturbation mutuelle, pour établir une hiérarchisation visuelle claire des informations.

B. B. Petchenik[55] l'exprime en ces termes :

> When planning a map, it is not particularly difficult to specify precisely and in detail the characteristics of each of the component graphic elements considered in isolation. But the viewer's first reaction to the map, under most conditions of use, is not to these individual elements of the display, but rather to the map as a whole. And this reaction to the whole is likely to be more affective than cognitive in nature.

1.4.2. Application à chaque niveau de la perception

1.4.2.1. La rétine et les neurones récepteurs

Étant donnée la configuration de l'œil-objectif, et spécialement la répartition des neurones récepteurs sur la rétine, on ne perçoit nettement et avec une nette distinction des couleurs que sur une faible portion de la scène visuelle (à chaque focalisation). On a donc besoin, pour percevoir de façon satisfaisante cette scène (c'est à dire assez pour la lire, la

55. [Petchenik, 1974]

comprendre et agir selon l'activité en cours) de nombreux déplacements de l'attention, de variations du point focal de la vision. Ces déplacements de l'attention se font dans un ordre et selon des durées qui sont fonction de facteurs construits cognitivement à la fois à partir des informations perçues lors des fixations précédentes et d'un modèle prédictif de ce que la scène contient. Ce modèle est alimenté par l'expérience et la capacité à imaginer, avec une intervention plus ou moins importante de la fixation d'objectifs conscients à l'acte de percevoir (recherches d'objets ou contextes d'action spécifiques comme une première lecture, la sélection d'un composant de légende, d'un thème particulier, la comparaison de valeurs).

La perception d'une image est étonnamment complexe et longue, formée de plusieurs étapes, soit des opérations de même niveau effectuées à différents endroits de l'image, soit des opérations successives de simplification et d'amélioration qualitative, cognitive, du statut des formes, motifs et objets perçus. La perception d'une image n'est pas réalisée de façon analytique, en la décomposant en éléments distincts qui sont étudiés un par un, mais par des requêtes visuelles progressives, d'un aperçu global rapide à des recherches de caractéristiques spécifiques, guidées par la construction d'un modèle d'interprétation de l'image (ou la reconnaissance d'un modèle connu). Ainsi, la première impression va souvent guider la découverte d'une image, et cette première impression est influencée par la composition générale.

> Si l'on souhaite que la carte soit perçue sans effort, l'adaptation des moyens graphiques d'une carte doit donc se faire en harmonie avec les parcours prévisibles de l'attention qu'ils provoquent, individuellement, mais surtout une fois rassemblés sur une image.

L'apport principal de la théorie de la vision active, et des recherches sur l'attention effectuées sur ses bases, est de proposer un modèle du parcours prévisible de l'attention. Ces modèles ont été approchés par différentes méthodes informatiques de simulation, qui proposent une estimation des probabilités d'attirance, de captation de l'attention des images. Ces modèles seront testés du point de vue de notre questionnement sur la composition dans un chapitre spécifique consacré (chapitre 8).

Par ailleurs, la physiologie de l'oeil indique que les saccades visuelles qui réalisent le déplacement du point focal de l'attention se font certes très rapidement, mais ne permettent une exploration de la scène que dans deux dimensions, hauteur et largeur. La troisième dimension, la profondeur par rapport à l'observateur, n'est perceptible distinctement que lorsque l'on dispose de deux points de vues différents, obtenus par un déplacement physique[56]. Certains indices visuels permettent d'estimer la profondeur (taille, masquages, ombres, etc.), mais ils sont beaucoup moins directs et fiables que la perception dans les autres dimensions. Ainsi, même si l'on vit dans un environnement en trois dimensions, sa perception en tant que tel est parfois problématique, et la représentation en deux dimensions ne nous semble pas véritablement artificielle ou étonnante. L'utilisation de méthodes simulant la profondeur va renforcer la distinction fond/forme, mais le gain apporté par une véritable simulation 3D n'est que marginal.

56. C. Ware, *op. cit.*, p. 44.

Les neurones récepteurs de la rétine présentent des capacités différentes à capter la luminosité et les couleurs, leur répartition n'est de plus pas régulière. Ce constat renforce la remarque précédente sur la nécessité de réaliser plusieurs saccades pour percevoir une scène visuelle. On peut aussi en déduire que la sensibilité aux nuances de couleur est irrégulière selon la teinte : on percevra bien mieux les dégradés de valeur (saturation/luminosité) dans la gamme de teinte rouge-jaune-vert que dans celle des bleus. De plus, cette perception fine des variations de valeur est assez souvent perturbée par des déficiences visuelles plus courantes qu'il n'y paraît. Les différentes variantes des défauts de perception des couleurs, correspondant à l'absence ou la déficience des neurones spécialisés dans une partie du spectre coloré, touchent un peu moins de 8% des hommes et 0.5% des femmes[57]. Lorsque la transmission d'une information sur une carte est assurée par la variation de la valeur d'une teinte, il faut donc privilégier les gammes de couleurs dans lesquelles la rétine est performante, et tenir compte de la possibilité non négligeable d'un public en partie daltonien[58]. Du point de vue de la composition, ce résultat va influer sur la façon dont les contrastes et équilibres colorés vont être perçus. La frontière perceptive entre un dégradé subtil qui va atténuer un contraste local et une différence de teinte devant marquer une différence de valeur d'information n'est donc pas un problème simple. À cela s'ajoute que les couleurs interagissent pour provoquer des contrastes simultanés qui vont modifier la perception de leurs valeurs.

1.4.2.2. les détecteurs de bas niveau

Les détecteurs de bas niveau fonctionnent de manière quasi instantanée car ils sont très nombreux et très simples. Cependant ils sont aussi hyper-spécialisés dans la détection de certaines caractéristiques visuelles déterminées. Les formes graphiques qui utilisent des variables visuelles correspondant à ces détecteurs sont donc potentiellement très performantes (efficacement perçues et donc lisibles, exprimant une information), mais également très rapidement perturbées (cf. figure n°19, page suivante).

57. Cf. [Sharpe *et al.*, 1999]
58. Les travaux de C. Brewer font référence à ce propos en cartographie, cf. [Olson, Brewer, 1997] et [Harrower, Brewer, 2003]

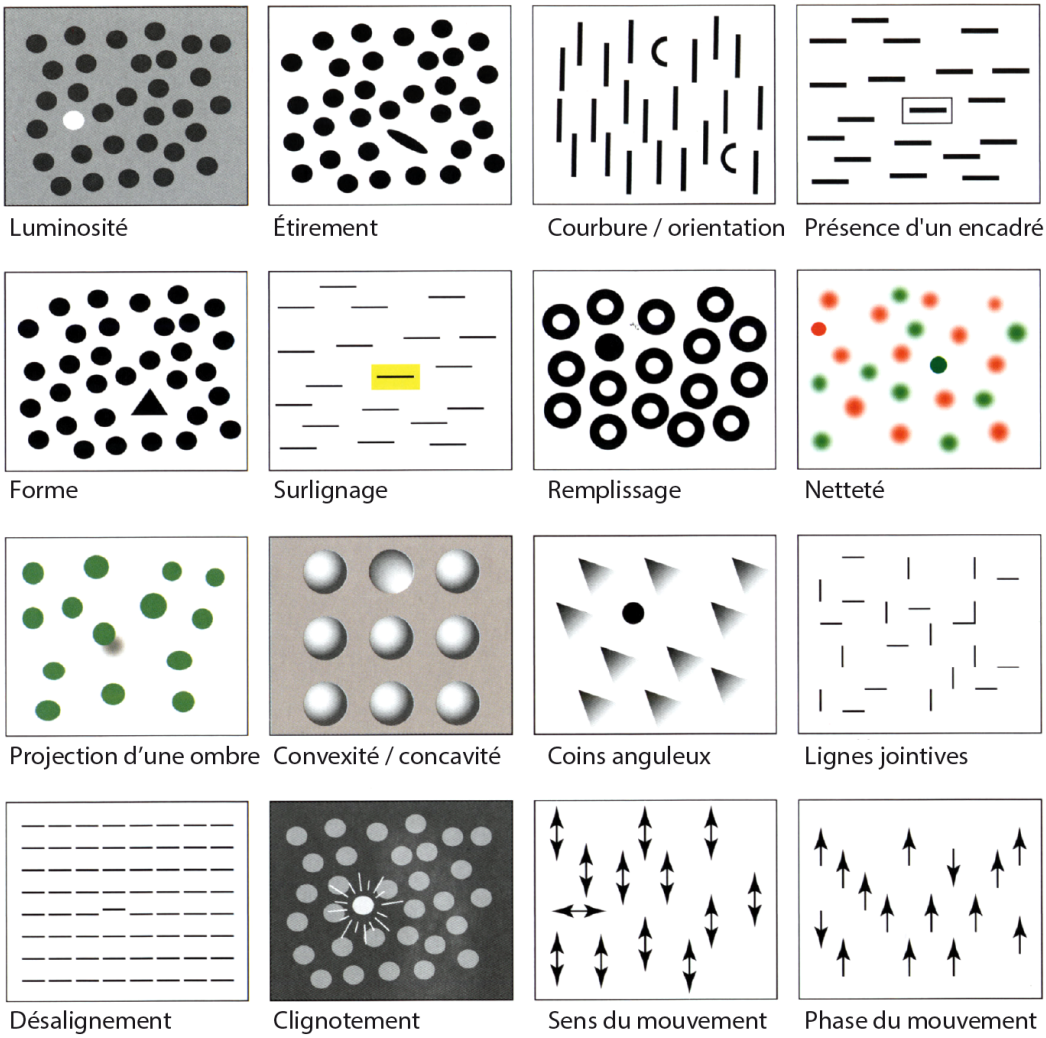


figure n°19 : Les éléments graphiques saillants, selon [Ware, 2008].

En effet, ces détecteurs ne fonctionnent que dans un contexte précis et selon certaines limites (quantité d'éléments différents, taille minimale, répartition, etc.). Ces limites sont importantes car elles vont influer négativement la lisibilité de l'image : toute perturbation va gêner la conformation des éléments graphiques et donc leur détection. De la même manière, une superposition ou un mélange trop dense d'éléments vont gêner la lecture.

Le fait que les détecteurs de bas niveau soient spécialisés implique qu'il est possible de représenter plusieurs informations en même temps, du moment que ces représentations utilisent des groupes de détecteurs différents et ne soient pas perturbées. Ces groupes de détecteurs peuvent être conçus comme des canaux, au sens de filières ou voies de détection distinctes :

- forme (dont élongation, rectitude/courbure, orientation et taille) ;
- couleur (selon les canaux de détection) ;
- mouvement et orientation ;
- répartition spatiale (groupes / isolats).

Cependant ces formes simples sont rarement utilisables seules, directement. Leur mise en place dans une représentation graphique, a fortiori cartographique, va forcément complexifier l'image, avec la nécessité de réaliser une imposition dans le plan (affecter des représentations dans des zones précises), une intégration graphique (composer des représentations organisées), et de structurer le tout de façon lisible. La notion de composition cartographique est ici directement impliquée.

Du point de vue du concepteur de cartes, les enseignements récents des recherches en perception visuelle reprennent et étendent ceux de la *sémiologie graphique*. Des auteurs comme S.I. Fabrikant, D. Montello[59] et A. McEachren ont intégré ces résultats et leurs travaux construisent une nouvelle base de connaissances pour la représentation cartographique. Cependant l'essentiel de la recherche sur la représentation semble aujourd'hui en grande partie tournée vers des visualisations interactives assistant l'analyse de données complexes et volumineuses. Cette orientation constitue un développement important et intéressant, en phase avec les tendances actuelles de visualisation interactive, les nouveaux outils et interfaces, l'analyse de masses de données complexes. On peut toutefois estimer que cette spécialisation a en partie laissé de côté la réflexion sur l'objet carte en soi, son aspect global, sa perception holistique, alors qu'on a montréé son importance et que beaucoup de résultats pourraient aussi y être appliqués.

Ainsi, la découverte de la spécialisation des détecteurs de caractéristiques graphiques de bas niveau a validé les règles empiriques énoncées par les méthodologies cartographiques depuis la *sémiologie graphique* de J. Bertin, et a encouragé les chercheurs dans une démarche analytique d'isolation des variables rétiniennes. La période « psychophysique » de la recherche en perception des représentations graphiques a accumulé les expérimentations et les résultats dans ce domaine (cf. le §1.2 du présent chapitre et le chapitre 2). Cette accumulation expérimentale a peut-être aussi encouragé un modèle d'image cartographique visuellement complexe, en surestimant la capacité à effectuer des détections rapides et multiples d'éléments graphiques sans prendre en compte leur assemblage dans une image de niveau d'organisation supérieur, leur composition.

Parmi les critiques de cette démarche psychophysique déjà évoquée en introduction générale, on peut citer des éléments concrets et précis. Les travaux de M.C. Carswell montrent en 1992[60] que les modèles de lecture de graphes établis par W. S. Cleveland[61] ne sont pas valables lorsque le lecteur découvre un graphe pour la première fois, cherche à y relever des relations spatiales non évidentes, ou à en avoir une vision synthétique. Dans ce dernier cas le modèle est même d'une *efficacité négative* pour prédire le résultat de l'expérience réelle. M.C. Carswell met alors en place les notions de traits émergents et relationnels, qui ne sont pas de simples variables visuelles, mais le produit d'interactions entre elles, ce qui nous renvoie directement à la notion de composition.

59. La revue de littérature présentée dans [Montello, 2002] fait d'ailleurs référence.
60. [Carswell, 1992]
61. Un tenant du positivisme analytique qui isole les variables graphiques, dont les travaux sur les représentations graphiques en statistiques sont caractérisés par la sécheresse des images qu'ils produisent.

La complexité perceptive d'ensemble de l'image formée par la carte n'a pas été l'objet de beaucoup de recherches, ceci malgré l'importance de l'effet de cette complexité, essentiellement négatif[62]. Si l'efficacité des variables visuelles est absolument indéniable et constitue la base de la représentation en cartographie thématique, la perturbation de cette efficacité est cependant rapide et radicale dès qu'on doit utiliser plusieurs variables sur un même fond de carte. Cette perturbation peut être la conséquence de plusieurs facteurs, dont l'influence des distracteurs évoqués ci-dessus, de seuils de détection des modules neuraux et autres éléments simples (du point de vue fonctionnel), mais surtout de la complexité au niveau de perception globale. On peut faire l'hypothèse que cette complexité se rapproche de la somme des complexités de chacune des variables visuelles utilisées, complétée de la complexité de niveau supérieur qu'implique leur assemblage dans une image unique. L'approche de la composition cartographique trouve ici une justification supplémentaire.

Les formes simples repérées par les détecteurs de bas niveau sont assez rapidement regroupées en motifs par l'étape suivante de la perception visuelle, quand leur extension et leur configuration spatiales le permettent.

1.4.2.3. Les détecteurs de motifs

La deuxième phase du traitement cognitif (selon le parcours ascendant décrit plus haut) met en œuvre des détecteurs de motifs. Ce terme recouvre en fait deux capacités : la mise en évidence de textures, de répétitions spatiales de formes simples cohérentes et le repérage de contours, à partir des alignements de discontinuités entre textures. Le simple fait que les graphismes utilisant uniquement la ligne comme moyen de représentation fonctionnent, c'est-à-dire que leur représentation est correctement interprétée, alors que ces contours nets n'existent pas dans la réalité, indique la force de ce principe cognitif de détection visuelle[63].

Certains auteurs (C. Ware, D. D. Hoffman, *op. cit.*) sont d'avis de placer cette capacité de détection de motifs au cœur de la pensée visuelle, car elle constitue le saut qualitatif majeur qui permet la reconnaissance des objets et donc répond à la majorité des requêtes visuelles (des problèmes que la perception doit résoudre).

Le simple fait de visualiser une ligne, forme continue, à partir d'une détection forcément discrète basée sur des neurones punctiformes et non alignés, constitue en soi une performance que les simulations informatiques ont longtemps eu du mal à approcher en termes de puissance de calcul. Les neurones spécialisés dans le repérage des alignements, leur assemblage et leur mesure sont en effet très nombreux et d'une efficacité étonnante. D.D. Hoffman[64] utilise cet argument pour démontrer qu'une grande partie de ce que l'on croit percevoir visuellement est en fait *construit* cognitivement, donc indirectement, artificiellement. Ce constat de différence entre la réalité ressentie et sa perception

62. Cf. [Jégou, Deblonde, 2012], dont les résultats seront repris et étendus au chapitre 8.
63. Cf. [Cavanagh, 2005]
64. Cf. [Hoffman, 2000], *op. cit.*

consciente est à la base de la plupart des illusions d'optiques, qui ont été l'une des principales pistes d'investigation de la psychologie de la perception avant la disponibilité des technologies d'observation et de modélisation du fonctionnement des neurones. C'est aussi l'argument le plus évident pour l'idée d'une vision active.

Le travail des détecteurs de motifs et de contours va d'abord établir l'une des premières distinctions opératoires du parcours ascendant : la séparation des figures du fond. J. Hochberg[65] définit cette opération primordiale en utilisant le concept de netteté : la figure est ce qui est net, délimité, qui possède une forme, un contenu, contrairement au fond amorphe qui est un contenant, un environnement[66]. On trouve ici un lien avec l'une des idées centrales de la théorie de la forme / configuration, la Gestalt : le repérage des formes indiquant des objets cohérents sur un fond inorganisé est une des fonctions de base de la perception visuelle.

B.D. Dent[67] explore les pistes ouvertes pour la conception cartographique par cette capacité de séparation figure - fond de notre perception visuelle dans un article de 1972. Après plusieurs études psychophysiques de facteurs visuels spécifiques réalisées par des psychologues de la perception, qui suivaient une méthodologie assez réductionniste[68], B. D. Dent constate[69] :

> " Although these studies have been extremely important in developing our knowledge of the psychophysical aspects of map symbols, they have not specifically treated how map readers perceive the total map. The proper coordination of all the map's elements affects its efficiency as a communication device. "

Après avoir rappelé le rôle de media de la carte, de support de communication (on est dans la pleine époque de ce paradigme), cet auteur propose de considérer la rapide capacité de séparation visuelle de la forme du fond comme un outil dont le cartographe pourrait se servir, en distinguant selon ce critère les éléments de la carte appartenant au fond géographique d'un côté, et au contenu symbolique informatif de l'autre. Il constate que lorsque le fond (de carte) interfère visuellement avec la figure (les symboles), la carte est moins claire et plus longue à comprendre. La séparation fond - figure est selon B. D. Dent la première phase de la nécessaire organisation visuelle d'une carte, pour que sa compréhension soit facilitée[70]. Les étapes suivantes de cette organisation visuelle de la carte doivent fidèlement refléter la hiérarchie de l'information à communiquer par la carte. Ce principe méthodologique, empiriquement sous-jacent en cartographie depuis des

65. Cf. [Hochberg, 1980], cité par A. M. MacEachren, [MacEachren, 1995], *op. cit.*, p. 107.
66. Au sens de contexte inorganisé.
67. [Dent, 1972]
68. Cf. l'influence du positivisme moderniste à l'époque, évoqué plus haut par A.J . Kent, *supra.*, introduction générale § 1.2.
69. *op. cit.*, p. 79.
70. On retrouve derrière cette idée le concept de structure. L'auteur cite en effet les travaux de J. J. Gibson, et on peut retrouver les concepts-clés de la théorie écologique de la perception visuelle dans le modèle proposé par B. D. Dent : perception globale, structure progressive qui guide la perception.

décennies, a été évoqué spécifiquement dès 1969 dans la troisième édition du massif *Elements of Cartography*[71], le manuel d'A. H. Robinson *et al.*

M. Wood avait proposé en 1968[72] de représenter la hiérarchie de l'information à transmettre sur des plans visuels successifs, dont la profondeur par rapport au lecteur augmenterait en fonction inverse de l'importance. B. D. Dent retient ces idées et les intègre à son modèle. Basiquement, une figure n'est isolable que si deux conditions sont réunies : l'image globale est assez hétérogène visuellement pour que l'on puisse distinguer des différences et les figures y sont circonscrites par un contour perceptible. On retrouve ici des caractéristiques simples détectées très rapidement par les détecteurs de motifs, comme la capacité à suivre des alignements pour former des contours, des bordures aux figures. Somme toute, la séparation figure-fond peut bien être rapide, elle fait appel à des fonctions de détection assez précoces.

La présence de contours est cependant très souvent rendue difficile à percevoir si de nombreux éléments graphiques fins peuvent être confondus avec des contours. C'est évidemment le cas lorsque des textures de lignes sont utilisées, et B. D. Dent a démontré dans une expérience de perception résumée dans cet article qu'il faut utiliser des textures régulières d'une certaine épaisseur pour que la distinction figure - fond se réalise correctement.

La présence de nombreux éléments pouvant être confondus avec des contours de figures, de symboles, est un élément important de ce qu'on peut définir comme la complexité graphique d'une carte, perturbant sa lecture normale. On a ici une piste intéressante d'évaluation de la complexité de la lecture d'une image cartographique, qui sera explorée par des développements spécifiques dans la troisième partie.

Malgré la pertinence des remarques de B.D. Dent et M. Wood et la relative ancienneté de leur publication, il semble que la pratique cartographique en ait peu tenu compte, si l'on observe selon ce critère les productions courantes actuelles. Les exemples choisis et illustrés par B. D. Dent dans son article de 1972 ne peuvent qu'évoquer des échos récents chez toute personne s'intéressant aux images cartographiques.

Peut-être que le paradigme de la carte comme lieu de stockage d'information d'un côté (l'accumulation étant privilégiée sur la lisibilité), et celui de la carte comme démonstration d'une certaine science, par la capacité à représenter ces informations au travers de constructions graphiques complexes, de l'autre (cf. annexe n°1), n'a pas aidé à la simplification des cartes.

A. M. Eachren[73] reprend en 1995 cette idée de hiérarchisation selon des plans visuels et cite les travaux de M. J. Kraak concernant la représentation de la profondeur, du relief, sur une image en deux dimensions (travaux qui étendent la liste établie par M. Wood et B. D. Dent en 1968 et 1972). Les détecteurs de motifs vont en effet influer sur la perception de la profondeur dans une scène visuelle, en complément de la comparaison binoculaire qui

71. La dernière édition est : [Robinson *et al.*, 1995]
72. [Wood, 1968], cité par B. D. Dent, *op. cit.*, p. 80.
73. 1995, *op. cit.*, pp. 135-147.

n'est pas parfaite pour cette fonction. Outre les astuces graphiques pour évoquer le relief comme la perspective, de puissants moyens graphiques existent comme l'ombrage (et le jeu sur les contours dégradés), le masquage sélectif (une forme masquée est perçue comme « derrière » la forme masquante), l'utilisation de plages contrastées de couleurs (chromostéréoscopie), les indices visuels de distance (réduction de la netteté et de la saturation des couleurs avec la profondeur). Cependant l'objectif d'A. M. MacEachren dans cet article était de mettre l'accent sur les éléments visuels permettant une bonne *discrimination* des informations, pour une meilleure cohérence sur des supports interactifs de visualisation, son sujet de recherche. L'ambition d'améliorer la perception globale de la carte, qui était présente chez les auteurs initiaux, n'est plus aussi évidente.

1.4.2.4. La couleur

On l'a vu plus haut, la perception des couleurs est une construction du cerveau. Cette construction est hétérogène dès ses premières phases et notamment l'acquisition par la rétine. Plus loin dans le traitement de la scène perçue, ce constat se complexifie avec le positionnement relatif des couleurs selon des gradients colorés préférentiels, ou canaux de la perception colorée.

Dans la synthèse des connaissances sur le sujet proposée par C. Ware, le schéma de la figure n°20 ci-dessous permet de mieux comprendre la hiérarchie de la perception des nuances colorées.

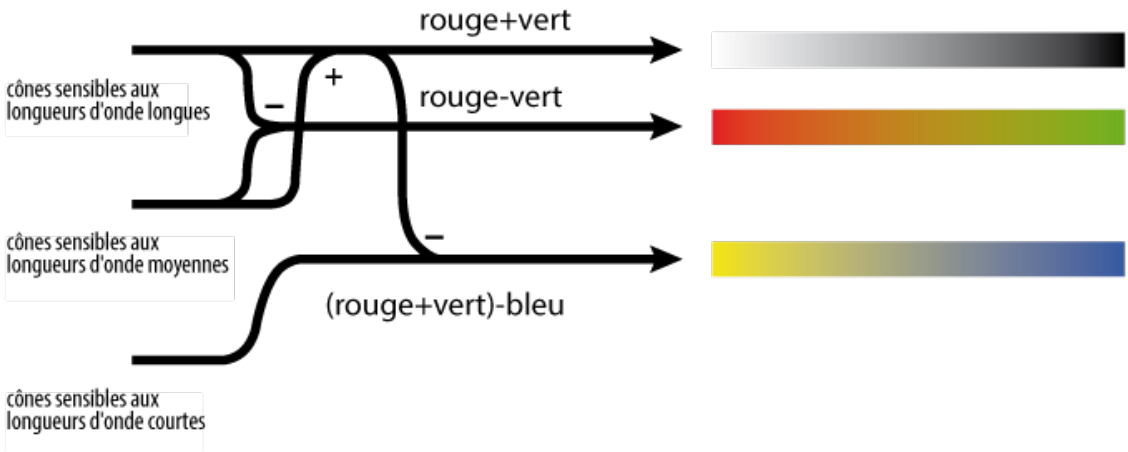


figure n°20 : Perception des nuances colorées, d'après [Ware, 2008], simplifié.

A partir d'expériences, la recherche en neuropsychologie a établi que les sensations de couleur étaient organisées en canaux d'information, correspondant à des valeurs au sein de dégradés de couleurs fixes. En effet, comme on le lit sur le schéma, les niveaux perçus par chaque type de neurone sont combinés pour former trois canaux renseignant sur la teinte perçue selon trois dégradés.

- Une valeur de luminosité, basée sur la réaction des neurones couvrant le plus grand intervalle de valeur en quantité de lumière perçue, c'est à dire la combinaison des réponses des cônes sensibles aux longueurs d'onde moyennes et longues (rouge et vert).
- Une valeur sur un dégradé allant du rouge au vert, avec une baisse de sensibilité pour les valeurs moyennes, tirée de la soustraction des réponses des cônes dédiés au rouge et au vert.
- Une valeur sur un dégradé allant du jaune au bleu, tirée de la soustraction entre la somme des sensations des cônes dédiés aux rouge et vert et de ceux dédiés au bleu. Il faut rappeler que la sensibilité dans les bleus est très mauvaise, à cause de la faiblesse du nombre de neurones sensibles à ces fréquences et de leur répartition périphérique sur la rétine.

De cette répartition des sensibilités il découle logiquement les constats suivants :

- La luminosité est facilement confondue avec la quantité de couleur jaune, et inversement l'ombre avec des bleus. Même avec une quantité de photons identique, un bleu sera toujours perçu comme plus sombre qu'un jaune[74].
- Les dégradés utilisant les rouges et les verts seront plus faciles à décomposer en teintes de valeurs intermédiaires nettes, notre sensibilité visuelle est meilleure dans ces teintes. Cela explique la plus grande lisibilité des cartes choroplèthes utilisant ce dégradé de teintes en camaïeux.
- Pour mettre en évidence une partie de l'image, ou un type particulier de symbole, une couleur vive et lumineuse sera efficace (principe du surlignement fluorescent).
- La capacité à distinguer les couleurs est d'autant plus grande qu'on fera aussi jouer la luminosité, et par conséquent la quantité de jaune d'un côté, de bleu de l'autre.

> De ces remarques ont peut tirer la conclusion qu'il est impossible de réaliser des dégradés et camaïeux qui soient à la fois clairement perceptibles et équilibrés en utilisant des écarts réguliers et identiques de teinte et de valeur.

Par exemple si l'on utilise avec un outil numérique la technique de conception des couleurs dite Teinte - Saturation - Luminosité, qui permet de faire varier indépendamment la teinte des deux autres paramètres pour réaliser des palettes de couleurs coordonnées, il faudra tenir compte de la luminosité intrinsèque des teintes. C'est pourquoi il convient de réduire la saturation des jaunes médians pour que leur luminosité ne pas perturbe les gradients colorés qui les entourent. Ces pistes seront explorées en troisième partie, à la fois du point de vue analytique-critique et de celui de la conception.

74. Une étude de R. Bunch et R. Lloyd a montré en 2000 une efficacité plus grande pour le repérage des couleurs chaudes (rouge) et lumineuses, par rapport aux couleurs froides et sombres dans une carte, cf. [Bunch, Lloyd, 2000].

1.4.2.5. Objets et significations

Le dernier élément du parcours ascendant est constitué par la reconnaissance des objets et leur mise en relation avec l'expérience individuelle et la mémoire. Mais ces « objets » sont stockés dans une mémoire visuelle de travail, à court terme et de faible capacité, qui ne sert simplement qu'à alimenter les processus cognitifs en cours. La capacité de cette mémoire visuelle de travail ne permet de stocker qu'environ quatre « objets », le temps de leur utilité pour l'action engagée[75]. Cette capacité relativement faible explique, selon C. Ware[76] et S. M. Kosslyn[77], notre besoin d'assistance visuelle pour lire des graphiques complexes. Auparavant cette limite était plutôt considérée comme étant de sept objets[78] (limite reprise par de nombreux auteurs de manuels de cartographie, notamment pour le nombre maximal de classes d'une carte par couleurs).

Le point important ici est ce concept d'assistance visuelle : des formes graphiques volontairement conçues pour, d'une part, rendre claire la structure générale de l'image, en guidant le parcours du lecteur et, d'autre part, rafraîchir régulièrement les objets importants dans la mémoire par un rappel, afin de renforcer leur expression et leur reconnaissance. Lorsque les éléments graphiques d'un document complexe sont à la fois clairement hiérarchisés et coordonnés[79], la lecture et la compréhension sont plus simples. Cette règle est bien connue empiriquement dans le domaine de la conception graphique[80]. Elle trouve dans les recherches psychocognitives une justification plus scientifique.

Un autre produit important de cette phase du traitement visuel est un approfondissement de la distinction figure(s) - fond. Le repérage des motifs, textures et des contours va isoler des éléments cohérents, les figures, sur un fond moins distinct et plus homogène. Comme on l'a vu plus haut, c'est un élément potentiellement important en cartographie thématique, où l'on peut considérer que l'objectif est de disposer des objets figuratifs sur un fond, mais un fond qui lui même doit aussi présenter des repères lisibles, permettant une représentation de l'espace. B.D. Dent montre[81] que la lecture d'une carte se base sur la distinction de figures symboliques sur un fond géographique et que la distinction figure - fond est améliorée si les motifs utilisés présentent une texture grossière et un plus fort pourcentage de surface encrée.

Ce regroupement *visuel* des éléments significatifs sur la carte va faciliter leur stockage dans la mémoire à court terme, et donc leur traitement par des processus de plus haut niveau[82] et le stockage d'éléments utiles supplémentaires dans la mémoire ainsi libérée.

---

75. Cf. [Vogel, Woodman, Luck, 2001], cité par [Luck, 2007], ou [Ericcson *et al.*, 1980], cité par S. M . Kosslyn [Kosslyn, 2006]
76. *op. cit.*, p. 11.
77. *op. cit.*, p. 17.
78. Cf. l'expérimentation de [Peterson, Dugas, 1972], citée par [Ware, 2008], *op. cit.*
79. Par une hiérarchie visuelle, un alignement, la coordination de couleurs, l'organisation dans l'espace, etc… Ces moyens graphiques seront explorés dans la partie suivante.
80. On retrouvera cette idée à plusieurs reprises dans les chapitres suivants.
81. [Dent, 1972]
82. [Lobben, Lawrence, Olson, 2009]

A. Lobben *et al.* l'écrivent ainsi :

> Again, for cartographers, there is evidence that map design affects brain activity. [...] By identifying and more clearly understanding the neurological underpinnings of perceptual grouping, we gain a basic scientific platform on which cartographers can build theories of map use. Perceptual grouping is a key element in map design, and there are reasons beyond our intuition, and even beyond responses from human users in behavioral research tests, for us to pay attention to it.[83]

Cependant ce regroupement de formes et de motifs en objets est contrôlé par l'attention, donc par le parcours descendant, comme l'ont montré S. Han *et al*[84].

1.4.2.6. Parcours descendant et attention

Dans un article[85] de 2005, S. Han *et al.* établissent que le regroupement en objets des éléments perçus par les détecteurs de premier niveau (le cortex visuel humain) est bien configuré par l'attention. Ils montrent aussi que le regroupement par proximité spatiale est effectué par un circuit différent de celui par la forme des éléments et qu'il est plus rapide.

Les différentes études utilisant l'IRM fonctionnelle passées en revue par A. Lobben *et al.*valident plusieurs hypothèses de contrôle de la perception visuelle par l'attention, la recherche organisée de structure dans la scène visuelle pour contrôler et régler le parcours ascendant. Ce contrôle consiste, entre autres, en un filtrage des stimulus considérés comme intéressants pour la suite du traitement de la scène. En cartographie cela signifie qu'il est possible d'utiliser des types de formes / textures / couleurs pour assister la recherche visuelle dans une scène complexe.

1.5. Les schémas généraux de perception

Après cette description des principes de fonctionnement de la perception visuelle, tels qu'ils ont été progressivement découverts et sans détailler outre mesure les circuits cognitifs mis en œuvre, il faut maintenant évoquer les tentatives de synthèse réalisées par différents auteurs. Ces synthèses, souvent sous la forme de schémas, permettent à la fois de résumer un processus complexe, mais aussi de mieux comprendre comment il est activé lors de l'opération de lecture d'une carte. Ils ont déjà été en partie évoqués au paragraphe 1.3.2.2., *supra*, mais dans le cadre de la description de la dernière partie du parcours cognitif descendant de la perception visuelle. Il est utile ici de les mobiliser à nouveau et de les compléter au titre de leur rôle de synthèse et pour souligner l'articulation entre perception, interprétation et connaissance.

83. *ibidem*
84. [Han *et al.*, 2005]
85. *ibidem*

Le modèle des transformations de W. Tobler, réutilisé récemment par C. Cauvin *et al.*[86], est aussi à mettre en relation avec ces approches cognitives, car la carte y est alors le résultat d'une série de transformations qui vont permettre de relier le monde réel au *modèle mental* du lecteur au moyen de la perception visuelle et de sa cognition.

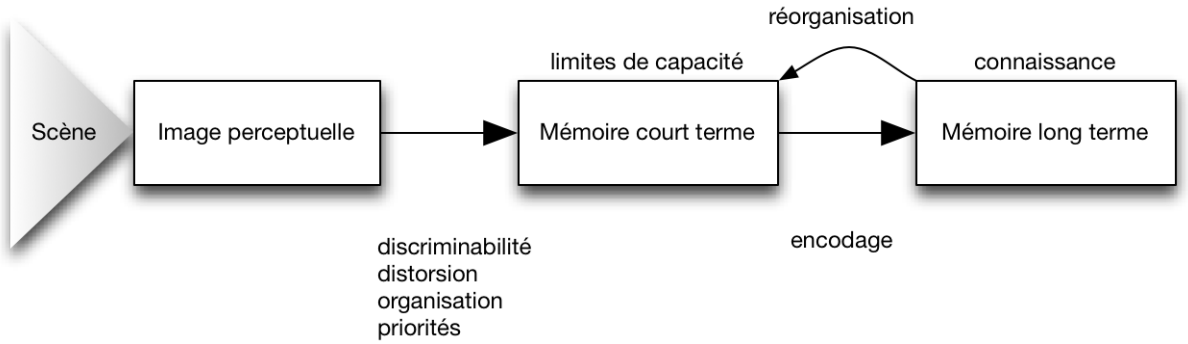


figure n°21 : Modèle de la perception visuelle de M. Kossly, [Kosslyn, 1989]

M. Kosslyn, psychologue de la perception, propose le schéma de la figure n°21 ci-dessus. La perception y est décomposée en étapes successives, les opérations impliquant la mémoire (les mémoires, en fait, à court et long terme), sont particulièrement présentes. La scène visuelle est tout d'abord convertie en image perceptuelle par les capteurs, puis cette image est filtrée, transformée, organisée, en fonction des priorités définies par l'action en cours. Enfin les éléments sélectionnés de cette image qui sont hébergés temporairement dans la mémoire à court terme, dont la capacité est limitée, vont être encodés dans la mémoire à long terme si le besoin en a été ressenti, selon l'utilité, la répétitivité, la connexion de l'élément aux connaissances qui y sont stockées. On a donc nettement deux types d'opérations : des traitements automatiques et rapides tout d'abord qui sont quasi physiologiques, puis des processus cognitifs, de reconnaissance, de sélection et d'encodage de connaissances.

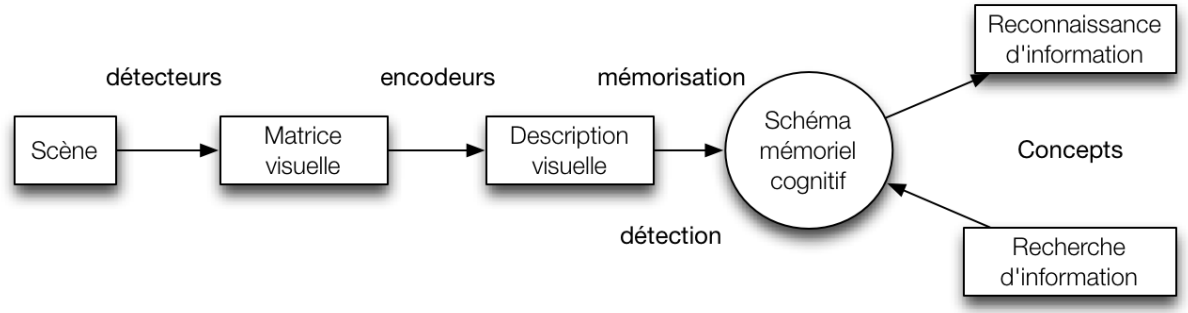


figure n°22 : Modèle de la perception visuelle de S. Pinker, [Pinker, 1990].

Le schéma de S. Pinker (figure n°22 ci-dessus) présente des éléments communs avec le précédent. Il y ajoute une étape intermédiaire entre image perçue et mémoire : une « description visuelle », sorte d'image mentale. Il regroupe ensuite les opérations

86. dans [Cauvin *et al.*, 2005].

mémorielles en un « schéma mémoriel cognitif », les fameux « *schemata* », concept qui a fait la renommée de cet article. L'opération qui lie ces deux états est une « détection ».

En présentant ces modèles, A. MacEachren[87] souligne l'importance de l'idée d'image mentale et fait la relation avec les théories proposant la capacité à utiliser des images pour penser, notamment celles de R. Arnheim[88]. Ces images mentales sont notamment présentes à part entière du modèle proposé par M. Peterson[89], cf. la figure n°23 ci-dessous, qui à la particularité d'être spécifiquement destiné à la lecture de cartes. M. Peterson suggère que les images mentales vont constituer, avec les « informations propositionnelles » c'est-à-dire les associations d'idées, la source de notre capacité à reconnaître et comprendre les formes perçues.

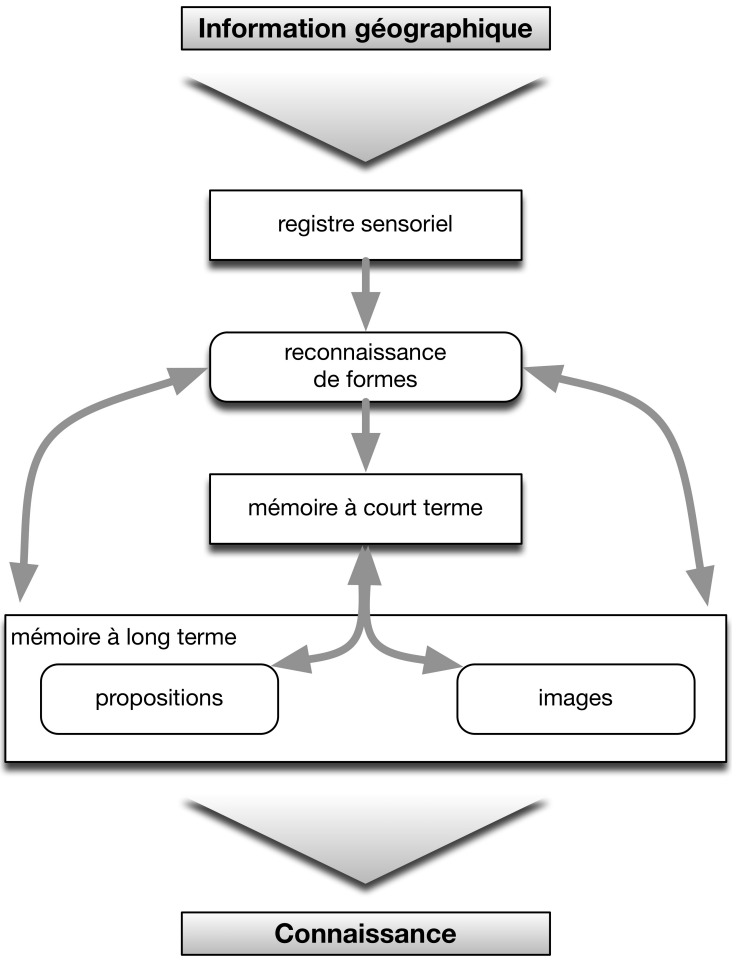


figure n°23 : Modèle de M. Peterson, [Peterson, 1987].

La structure et la composition des cartes vont influencer la facilité avec laquelle l'information qu'on peut en tirer conduit à des représentations cognitives sous forme d'images (ou, comme ajoute A. MacEachren, stimuler la génération d'images à partir de

87. [MacEachren, 1995], *op. cit.*
88. [Arnheim, 1976]
89. [Peterson, 1987]

connaissances existantes). Ces représentations sont ensuite interrogées par la comparaison avec des données de référence, pour en retirer différents niveaux de sens ou aboutir à de nouvelles connaissances par élaboration de schémas de reconnaissance de relations. Ces données de référence sont les connaissances déjà acquises, organisées sous forme de modèles simplifiés de la réalité, rapidement mobilisables pour ces comparaisons inconscientes[90]. A. MacEachren souligne que l'information ici n'est plus simplement transmise, elle est créée et recréée par une série de processus interprétatifs.

Ces schémas ont l'intérêt de résumer simplement des modèles complexes, d'en dégager les principales étapes. Cependant on peut leur reprocher de présenter des éléments possédant des niveaux très différents de validation expérimentale, et surtout de ne pas mieux décrire et expliquer la dernière partie du processus, celle de la reconnaissance et de l'interprétation des images.

1.6. Le concept de complexité comme guide

Les théories de la lecture cartographique, présentées précédemment sous une forme schématique, présentent l'intérêt de concilier psychologie de la perception et psychologie cognitive, pour aboutir à une modélisation transversale assez complète. Cependant ces modèles restent très théoriques et n'offrent pas beaucoup de perspectives de mise à l'épreuve dans un cadre cartographique. Leur niveau d'abstraction, intéressant pour une vision synthétique générale, les éloigne quelque peu de la pratique.

Au cours de leur étude, cependant, a émergé un concept plus concret et assez riche pour offrir des applications à plusieurs niveaux : celui de complexité. Si elle met plutôt en avant les aspects négatifs d'une image (en évoquant les difficultés de lecture), la complexité offre néanmoins des perspectives intéressantes en relation avec à la fois la perception visuelle et la cognition. En 1999, L.W. Pickle et D.J. Hermann publient les résultats d'une longue enquête sur la lecture de cartes thématiques et les processus cognitifs engagés[91]. Leur conclusion utilise le concept de complexité pour identifier les obstacles à l'efficacité des cartes thématiques, au sens de leur bonne compréhension par le public visé. Si le lecteur ne comprend pas correctement comment la carte représente les données (les transformations et réductions utilisées), il ne peut l'interpréter et l'utiliser de manière juste.

L'article de D. Fairbairn sur la mesure de la complexité de l'image cartographique, paru dans *The Cartographic Journal* en 2006[92], comporte une très complète analyse de la question et sera notre base pour cette approche d'une définition de la complexité.

90. Par exemple, il a été démontré l'existence d'un modèle visuel simplifié des propriétés physiques du monde, qui est utilisé pour vérifier la consistance d'une image avec ce que l'on sait de la réalité physique. Mais ce modèle est par définition très incomplet, l'analyse des différences permet justement d'avoir une idée du fonctionnement du cerveau. Cf. [Cavanagh, 2005] et [Cavanagh, Leclerc, 1989].
91. [Pickle, Hermann, 1996]
92. [Fairbairn, 2006]

Le premier problème dans la définition de la complexité est celui de sa nature par rapport à l'observateur : est-elle objective, extérieure, ou subjective, intérieure, dépendante de l'expérience ? La question est de savoir si la complexité est déterminée par la difficulté de la perception visuelle (nombre, densité, diversité, résolution des motifs et signes de la carte), ou bien par celle de la compréhension du message intellectuel de la carte.

On retrouve dans cette formulation de D. Fairbairn l'opposition entre les notions de complexité structurelle et fonctionnelle, ou complexité visuelle et intellectuelle. On retrouve également ici une nouvelle évocation du double héritage de la carte, artistique (ensemble de formes graphiques, esthétiques) et fonctionnel (représentation d'idées sur la localisation et les relations spatiales d'un territoire donné)[93]. Naturellement, la réponse est hybride : la carte procède des deux types de complexité, que l'on peut articuler en se basant sur le processus de lecture d'une carte. Le lecteur rencontre la complexité visuelle tout d'abord, puis la complexité intellectuelle, en interprétant les signes que la carte présente et en les confrontant avec ses acquis et ses objectifs (cf. la figure n°24 ci-dessous). Une définition plus précise des termes utilisés est ici nécessaire, du fait de leur polysémie.

Opérations cognitives	Perception visuelle pré-attentive (formes, textures, couleurs)	Perception attentive, consciente Compréhension des signes	Compréhension de l'organisation spatiale
Types de Complexité	**Graphique type 1** Structurelle Visuelle Informationnelle	**Sémiologique Graphique type 2**	**Intellectuelle** Fonctionnelle Conceptuelle

figure n°24 : Les différents types de complexité.

La complexité caractérise ce qui est « composé d'éléments qui entretiennent des rapports nombreux, diversifiés, difficiles à saisir par l'esprit, et présentant souvent des aspects différents. »[94] Si l'on prend comme guide l'acte de lecture d'une carte, on rencontre tout d'abord la complexité dans l'opération de perception visuelle. Cette perception est au départ pré-attentive (avant que n'interviennent les opérations conscientes de direction de l'attention), elle est traitée par les moyens physiologiques de l'œil et du cerveau. Cette complexité est donc visuelle, et comme elle se base sur des éléments physiques, concrets, qui sont des éléments graphiques (les formes, textures et couleurs dessinées physiquement sur la carte), on peut aussi la qualifier de graphique (premier type). De même, elle est liée à la structure de la carte (par opposition à sa fonction), et D. Fairbairn la qualifie de *structurelle*. Enfin, du point de vue de la théorie de l'information, ce type de complexité se caractérise directement par une valeur élevée de densité d'information, d'où le qualificatif

93 Cette description n'est naturellement pas exhaustive des fonctions que peut assurer la carte, elle ne tient pas compte par exemple de son intérêt scientifique comme support de la réflexion et outil d'exploration, mais ces deux appréciations des fonctions de la carte, artistique et fonctionnelle, classiques, se relient bien aux deux types de complexité que nous voulons évoquer.
94 Définition du Trésor de la Langue Française Informatisé (ATILF CNRS), http://atilf.atilf.fr/

d'informationnelle. C. Cauvin *et al.* parlent de « densité graphique »[95], en suivant J. Bertin. A.M. MacEachren, quant à lui, définit la complexité visuelle comme « le degré de combinaison des éléments de la carte » (cité par C. Cauvin *et al.*), il distingue la complexité visuelle due à la répartition spatiale du phénomène cartographié d'une part, et celle due à la symbolisation choisie pour le représenter d'autre part.

L'étape suivante de la lecture d'une carte thématique recouvre en effet la combinaison des éléments graphiques repérés auparavant en unités de figures et de formes (donc la reconnaissance de leur appartenance à un groupe de niveau supérieur), qui sont les signifiants de signes visuels, au sens de la sémiotique. Ces signes peuvent être nombreux, variés, leur sens plus ou moins facile à saisir, d'où la possibilité d'un autre type de complexité, d'interprétation ou sémiotique. La sémiotique mise en œuvre ici étant celle de la *sémiologie graphique*, on peut aussi qualifier cette complexité de graphique (type 2), à ne pas confondre avec le type précédent. Cette étape est intermédiaire du point de vue de l'activité consciente du lecteur : certains signes sont repérables/interprétables inconsciemment, automatiquement, avec l'aide de l'expérience, d'autres demandent un apprentissage.

Nous en arrivons enfin à l'étape de la compréhension du sens des signes repérés à l'étape précédente. Il s'agit de l'interprétation de leur position et de leurs interactions (regroupement, hiérarchie, relations spatiales) sur le fond de carte, qui doit normalement aboutir à la compréhension du « message » géographique de la carte, si son efficacité est bonne. La réflexion sur la répartition spatiale des éléments et leur mise en relation avec l'expérience subjective du monde réel fait intervenir les mécanismes cognitifs de représentation dans l'espace et de mémorisation de l'espace[96]. Cette complexité est donc intellectuelle, conceptuelle, liée à la fonction de communication de la carte.

La carte présente donc différents types de complexités, imbriqués, ce qui implique des approches différentes et coordonnées pour les mesurer et potentiellement les visualiser. La carte est aussi un document complexe et une image originale au sens où plusieurs types d'informations, sur plusieurs niveaux de lecture, sont représentés en même temps. Ces différents types de complexité sont donc assez directement reliés à des étapes de la lecture d'une carte, on peut y attacher des formes concrètes plus facilement que dans les modèles théoriques examinés précédemment. Cette caractéristique permet de pouvoir imaginer différents moyens d'évaluer les types et niveaux de complexité d'une image cartographique, notamment pour en évaluer l'utilité et les limites, et pour approfondir l'analyse des variantes cognitives, plus difficiles d'accès. C'est ce qui sera tenté au chapitre 8 de la troisième partie du présent mémoire, consacrée à ces expérimentations concrètes.

L'approche par la complexité permet aussi de mieux intégrer le concept de composition à la réflexion sur la lecture de la carte. La composition, en tant qu'assemblage d'éléments et de réflexion sur les interactions à un niveau supérieur d'organisation, fait en effet référence à des types de complexité particuliers, liés par exemple aux interactions des formes élémentaires et à leur aspect général et leur fonctionnement en tant qu'ensemble. Outre la complexité intrinsèque des éléments du modèle (diversité et intelligibilité des formes

95 [C. Cauvin *et al.*, 2007], vol. 2, ch. 1.
96. Cf. [Lobben, Lawrence, Oslon, 2009]

graphiques, des signes, des idées), c'est leur interaction et leur organisation qui va apporter une complexité de second niveau, d'ordre supérieur.

Ce concept de complexité, appliqué à la lecture d'une carte, permet enfin de mieux faire ressortir le rôle important, charnière, de *l'acquisition de sens* par les formes graphiques, suite à leur interprétation par le lecteur. Dans les modèles théoriques de la perception, cette phase est souvent peu développée, confondue dans celle qui relie reconnaissance et mémoire. Or il s'agit d'un moment important de la lecture d'une carte, qui a fait l'objet de nombreux travaux et sur lequel on peut mettre à profit des résultats spécifiques. Mieux comprendre comment des niveaux de signification sont dégagés dans la lecture d'une image, identifier les signes qui sont à l'œuvre et leur fonctionnement, est l'objet de l'approche sémiotique envisagée au chapitre suivant.

Au fil de ce chapitre, on a tout d'abord présenté l'intérêt de la psychologie de la perception pour une réflexion renouvelée sur la lecture de la carte. Avoir passé en revue l'évolution des théories et des acquis de cette discipline a permis de poser les concepts-clés, comme par exemple celui de *Gestalt* ou de processus perceptif actif.

Ensuite, nous avons examiné plus précisément les étapes du cycle de la perception visuelle, pour en dégager les processus importants (de détection, de simplification, de construction, de reconnaissance), ceux qui sont à la base de toute vision d'image. Ces processus présentent des principes, des orientations préférentielles, dont on doit tenir compte pour concevoir des images plus lisibles, plus efficaces. On remarque qu'ils jouent souvent en négatif, c'est-à-dire qu'un écart à ces principes va influer négativement sur la lisibilité. Ces mécanismes avaient été en partie repérés empiriquement et intégrés dans la méthodologie cartographique, mais de nouvelles découvertes permettent de réfléchir à un niveau supérieur, celui de leur interaction et de leur intégration, qui correspond à la composition de l'image. On a aussi mis en évidence l'importance d'un fonctionnement basé sur des cycles de traitement de l'image, contrôlés par deux logiques : l'une ascendante, guidée par les éléments progressivement découverts dans l'image, l'autre descendante, guidée par l'action en cours contrôlant l'attention, notamment de repérage puis de recherche d'information.

Que ce soit dans l'analyse des principes de détection de base comme dans celle des parcours de la perception visuelle, on a relevé l'importance de l'aspect visuel général de l'image et notamment de sa structuration visuelle en éléments discernables et organisés, ce qui implique directement l'idée de composition. L'image globale de la carte n'est pas neutre. Elle est à la base de la découverte progressive de l'information contenue dans la carte car elle va guider les cycles de l'attention qui vont succéder le premier regard. Elle va aussi en établir une première impression générale pour le lecteur, qui va l'encourager (ou non) à la poursuite de sa découverte. On a noté, grâce à S. Rimbert, la relation forte existant entre le « message esthétique » de la carte et sa capacité à motiver, à accompagner une lecture approfondie.

Cette réflexion plus globale sur le fonctionnement de la perception visuelle est aujourd'hui mieux reliée à la problématique générale de la cognition des images, entre perception et mémoire, par le questionnement sur l'acquisition de sens et l'interprétation. Une manière intéressante (car fertile) d'appliquer cette réflexion consiste à utiliser le concept de complexité : on peut ainsi progresser d'une complexité de perception, liée aux mécanismes évoqués précédemment, à une complexité d'interprétation puis de de compréhension de l'image. La continuation logique de ce travail sur la lecture des images cartographiques est donc la problématique de l'interprétation, qui est l'objet de la sémiotique visuelle.

Chapitre 2

De la perception à l'interprétation : la sémiotique

L'intérêt de la sémiotique en cartographie théorique n'est plus à justifier, tant cette discipline est aujourd'hui liée à l'enseignement de la conception cartographique. Si la carte n'est pas le territoire[1], elle en est une représentation qui sert à l'interpréter. Elle constitue donc un objet signifiant qui, une fois lu, doit donner une idée du monde réel, ce qui est la définition du signe sémiotique.

Tout d'abord portée par le paradigme de la carte comme moyen de communication puis comme langage (cf. annexe n°1), l'application des concepts et des outils de la sémiotique en cartographie s'est ensuite étendue à une prise en compte des processus cognitifs de la lecture des cartes, au sens de leur compréhension par le lecteur. Ainsi, après une analyse de la perception visuelle il est logique de suivre le chemin parcouru par la pensée du lecteur de carte en s'intéressant à la façon dont les éléments perçus sont interprétés puis potentiellement compris[2]. Pour ce faire, ces éléments cartographiques doivent se transformer en signes, porter du sens pour leur lecteur. Dans les différents schémas établis pour décrire l'opération de lecture d'une carte la sémiotique peut se comprendre comme l'analyse de l'étape d'interprétation, intermédiaire entre la reconnaissance des formes, d'un côté, et les opérations mettant en œuvre les objets reconnus au sein d'un schéma d'action, de l'autre.

Comme indiqué *supra.* §1.5, les modèles synthétiques décrivant la perception visuelle sont assez elliptiques en ce qui concerne les opérations reliant la détection des formes et leur reconnaissance en tant que symboles, c'est-à-dire comme intermédiaires représentant des idées. La psychologie cognitive nous guide en montrant que cette acquisition de sens s'effectue en faisant appel à la reconnaissance de formes connues et donc à la mémoire. Mais la sémiotique a développé des modèles conceptuels plus avancés qui permettent notamment de réfléchir aux notions plus complexes d'élaboration des significations multiples, de rhétorique visuelle, d'interaction globale et de porter un regard plus objectif et plus complet sur le fonctionnement de la carte en tant qu'image.

La sémiotique nous permet aussi de croiser des paradigmes importants de la cartographie théorique, comme celui du langage cartographique, de la carte comme discours, et notamment comme discours de domination (*critical cartography*, *social constructivism*), enfin, et non des moindres ici, celui de la carte comme image esthétique. D'un point de vue méthodologique, la sémiotique utilise entre autres l'approche globale, c'est-à-dire qu'elle

1. Célèbre citation d'Alfred Korzybski [Korzybski, 1941]. Il ajoute d'ailleurs ensuite qu'une carte correcte doit avoir une structure similaire au territoire, pour être lisible, utile, fonctionnelle.
2. La réflexion sur l'interprétation des cartes est d'ailleurs considérée par [Morrisson, 1976] comme un complément indispensable au paradigme de la communication cartographique, où le « récepteur » est souvent considéré comme ne pouvant au mieux que retrouver l'information intégrée dans la carte par son concepteur, cf. annexe n°1.

considère l'objet perçu dans son ensemble, lui-même un signe potentiel avant d'observer les groupes de signes, puis les signes individuels qui le composent.

À ses débuts, l'application de la sémiotique en cartographie a conduit à s'intéresser à des relations directes et isolées entre un symbole graphique et un type de signification, dans le cadre de la recherche de la meilleure façon de représenter une idée par une forme graphique. Il s'agit d'une poursuite des recherches dites « psychophysiques » évoquées au chapitre précédent. La *sémiologie graphique* de J. Bertin, s'insère dans cette logique. J. Bertin s'est aussi intéressé aux systèmes de signes, au sens de leurs relations et combinaisons, ainsi qu'à la lecture globale de l'image cartographique, mais on retient surtout sa grammaire des formes graphiques liée à des rapports entre modalités des variables à représenter.

La sémiotique est intéressante pour notre questionnement lorsqu'on s'intéresse, d'une part, aux *systèmes* de signes visuels et à leurs propriétés synthétiques, que l'on peut rapprocher de la composition, et, d'autre part, à l'idée que l'aspect visuel lui-même peut porter une signification, à plusieurs niveaux dans les groupes sémiotiques d'une carte, de façon moins directe que les sens codifiés (explicites). Cette idée, qui sera développée plus loin, revient à dire que la composition d'une image, au sens du résultat de l'assemblage, peut elle-même porter du sens, ainsi que tout regroupement d'éléments visuels compris comme des signes, alors appelés groupes sémiotiques.

> Ainsi, en allant bien plus loin que ce que l'application trop simple ou trop restreinte de la *sémiologie graphique* semble avoir développé dans la méthodologie de la cartographie thématique, la carte ne porte pas seulement du sens par les symboles repris dans sa légende, elle exprime des idées au travers de tous ses éléments graphiques, de leurs regroupements et de leur composition générale. La conception de la carte se doit donc d'en tenir compte.

Cette expression de sens, cette sémioticité de l'aspect visuel, correspond bien à ce qui pourrait être une base pour réfléchir aux propriétés esthétiques d'une image cartographique : des sensations d'ordre esthétique seraient exprimées par l'interprétation de certaines caractéristiques formelles de la carte. Cette idée ne semble pas avoir été prise en compte par la recherche cartographique, cependant on la retrouve assez logiquement dans les travaux d'histoire de l'art et d'esthétique (comme on le verra par la suite dans les chapitres trois et quatre qui suivent).

Comme le disent abruptement Denis Wood et John Fels[3] à propos de ses codes de signification : « *Il n'y a rien de naturel dans une carte* ». Dans une carte *tout* est code, rien n'est directement, naturellement, explicite. Or ce fait est largement ignoré, ou masqué, par les théoriciens de la cartographie (toujours selon Wood et Fels, p. 55), qui défendent plutôt un signe cartographique évident, simple, conventionnel. L'approche de D. Wood et J. Fels permet de se détacher d'une vision positiviste de la conception cartographique qui rechercherait une méthode optimale pour la représentation cartographique d'un type de variable, sur un type de support et pour un type de public donnés. Si l'on regarde bien,

3. [Wood, Fels, 1986], p. 65.

tous les éléments graphiques d'une carte sont des représentations codifiées d'une façon ou d'une autre. Ces codes sont basés sur des signes et des systèmes de signes.

Cette approche de la carte nous permet de l'envisager non plus comme un ensemble de formes graphiques, comme précédemment, mais comme un ensemble de signes, qui possèdent des relations complexes de juxtaposition, d'imbrication et enfin de synthèse (supersignes, groupes, etc.), qui renvoient à la composition. La carte est alors un *assemblage* de signes, en commençant par son image globale, pouvant être considérée comme un signe en elle-même, et qui imbrique ensuite différents groupes de signes, formant des significations successives lors de la lecture (titre, légende, régions, etc.). D. Wood et J. Fels parlent de *cycles d'interprétation*, qui découvrent des significations progressives, les *déplient* (p. 88), pour le lecteur. Ces cycles progressifs évoquent une certaine profondeur, idée que l'on retrouvera par la suite car elle constitue un indice esthétique. Naturellement ces interprétations ne sont pas absolues et intrinsèques à la carte : c'est le lecteur qui les réalise, de façon plus ou moins consciente. Les fonctions de la carte sont donc le résultat des significations que le lecteur lui donne, consciemment ou non. Le créateur de la carte peut essayer de guider ces interprétations, mais il ne les contrôle pas complètement. On retrouve ici deux idées importantes : le glissement de la fonction de la carte de communication directe à celle de la stimulation d'interprétations progressives évoqué par A.M. McEachren, et l'aspect subjectif de la qualification esthétique d'une image.

2.1. Qu'est-ce que la sémiotique et comment l'appliquer à la carte ?

La sémiotique, science humaine, est une discipline bien établie, avec un corpus abondant et différents courants de pensée développés depuis la fin du XIX^{ème} siècle. Au point que les concepts utilisés et le vocabulaire spécifique semblent très touffu au néophyte. Dans l'objectif de sélectionner les concepts utiles et d'en donner une définition accessible, on commencera ce chapitre par une synthèse et des définitions[4].

1) Sémiotique

Tout d'abord le nom même de la discipline fait (ou faisait) débat : sémiologie ou sémiotique ? La différence tient en fait à l'école de pensée, avec d'un côté une source européenne (parfois qualifiée de « continentale ») liée à la linguistique (Ferdinand de Saussure, Roland Barthes), et de l'autre une école issue des travaux de C.S. Pierce, vulgarisés par Ch. W. Morris, plutôt liée à la philosophie et la logique. Aujourd'hui les deux termes sont toujours employés, notamment en cartographie où l'influence de la *sémiologie graphique* de J. Bertin est toujours très sensible, mais il semble se dégager une nette tendance à la simplification par l'utilisation de « sémiotique », qui a l'avantage d'être homophone en français et en anglais.

4. De nombreuses sources sont disponibles, le site « Sur l'image » proposé par J.P. Achard de l'ENESAD (Dijon) propose une présentation accessible et claire : http://www.surlimage.info/ecrits/semiologie.html (visité le 21 septembre 2011).

Ensuite, le terme lui aussi est polysémique (!). La sémiotique en tant que discipline scientifique est à la fois une une « science qui étudie la vie des signes au sein de la société » [Saussure, 1910] et une « science étudiant les systèmes de signes (langues, codes, signalisations, etc.) » (Petit Robert 2011), notamment les pratiques, comportements et phénomènes culturels en tant que systèmes de signes (J. Courtès). Différents courants de pensée vont établir leur propre définition, à partir du paradigme choisi. Pour simplifier, on posera que le dénominateur commun est bien l'étude des signes, de leur fonctionnement (leur interprétation) et de leur interaction (entre eux et avec le contexte), de leur organisation en systèmes.

F. de Saussure[5] décrivait la linguistique comme une partie d'une science sémiotique plus générale. R. Barthes, qui reprend l'idée structuraliste que l'objet (texte, image, film...) est le principal lieu du sens, propose de renverser cet ordre et de placer la sémiotique comme une partie de la linguistique. Cela lui permet d'utiliser l'approche linguistique sur des objets sémiotiques différents du langage, et donc d'analyser l'image comme un discours, comme la source possible de différents niveaux de signification. Son célèbre article « *Rhétorique de l'image* », paru en 1964[6], marque le début d'une approche et d'une méthode d'analyse des images avec les outils de la sémiotique linguistique, les signes n'étant plus des mots, mais des formes graphiques, des éléments visuels. Barthes montre que tout système de signes se rapproche du langage verbal : soit il en contient directement des éléments (sous la forme de mots ou de sons), soit il existe en parallèle et en reprend des principes. Le langage visuel[7] est dans un rapport structurel avec le langage verbal, ils sont complémentaires. Cette approche a connu une grande célébrité et a pu occasionner des dérives, comme la volonté d'appliquer trop directement des concepts linguistiques aux images, tels que la grammaire et la syntaxe. Un courant opposé à cette vision linguistique de la sémiose, et par extension de la cognition, est représenté par la « pensée visuelle » de R. Arnheim, plus sensorielle et intuitive, déjà évoquée plus haut (cf. §3.2.5 *supra*), mais qui présente un intérêt important et sera de nouveau mise à contribution dans le présent chapitre. Par ailleurs, la redécouverte des travaux de C.S. Pierce et l'éloignement du structuralisme linguistique vont permettre une résurgence de la sémiologie visuelle dans les années 1990, notamment avec les travaux du Groupe µ qui seront fortement mis à contribution plus loin.

Il faut aussi distinguer la sémiotique de la sémantique. Cette dernière est une discipline linguistique qui s'intéresse au sens, a ce qui est signifié, tel qu'il est produit par les éléments du langage, alors que la sémiotique s'intéresse à la *production* du sens, la relation entre l'élément matériel qui produit le sens (le signifiant) et le sens qui est exprimé (le signifié).

5. [Saussure, 1915]
6. Où il analyse les différents niveaux de sens, plus ou moins évidents, d'une publicité pour les pâtes « Panzani » qui utilise des évocations de la gastronomie italienne et de la vie quotidienne de la ménagère visée.
7. [Joly, ., 1994], p. 19.

2) Signe

Le signe, l'objet d'étude de la sémiotique, est un concept abstrait : il s'agit de la relation existant entre une manifestation physique perçue (signifiant) et l'idée ou l'image mentale qui lui est associée (signifié) par un individu « récepteur ».

On retrouve des idées importantes, évoquées précédemment : au départ se trouve un élément sensoriel qui est perçu (image, son), cet élément est interprété par une personne, qui l'associe à une image mentale, une idée, en fonction d'un contexte. Cette interprétation est guidée par la découverte ou la reconnaissance d'un type de rapport entre signifiant et signifié :

- rapport d'identité : l'élément perçu est le même que celui que je connais déjà.
  - photographie ou dessin d'un objet connu.
  - en cartographie : pictogrammes stylisant des éléments du monde réel.
- rapport d'équivalence : le signifiant n'est pas identique, mais ressemble à des éléments connus d'un signifié.
  - photographie d'un objet inconnu, mais d'une catégorie connue.
  - en cartographie : étendue bleue sur la carte, zone en eau sur le terrain.
- rapport de déduction : un signifiant perçu est la manifestation ou la conséquence d'un autre élément moins perceptible, et le signifié va être déduit.
  - fumée, indice de feu.
  - en cartographie thématique : une opposition de teinte de couleur va évoquer une opposition de valeur du phénomène représenté.
- rapport d'induction : un signifiant perçu est l'indice de la possibilité d'un signifiant non perceptible.
  - un individu armé évoque le danger.
  - en cartographie : la proximité de deux symboles évoque la possibilité d'une relation entre eux (causale ou non, première « loi » de la géographie[8]).

Les deux écoles principales de la sémiotique sont d'accord pour présenter les relations qui composent le signe sous la forme schématique d'un triangle (figure n°25) :

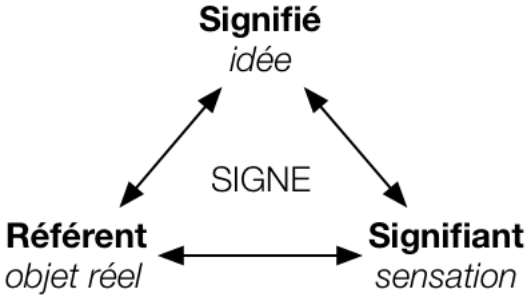


figure n°25 : Le signe sémiotique, relation entre trois éléments.

8. Cf. [Fabrikant *et al.* , 2002], citant [Tobler, 1970]

Le nouvel élément par rapport à la définition ci-dessus est le référent, qui est l'objet du monde réel qui est évoqué par le signe. Cette évocation est une idée, le signifié, qui a été déclenchée par la perception d'une sensation, le signifiant, qui peut être une partie de cet objet réel, une image, une description, etc. Le signifiant et le signifié sont indissociables, ils n'existent qu'en référence de l'un à l'autre, dans le cadre du signe. Pour prendre un exemple cartographique, le symbole d'un arbre n'est un signifiant que si le lecteur lui associe le signifié de la forêt, sinon il n'y a pas acquisition de sens et donc pas signe au sens sémiotique.

La carte elle-même est un signe et un assemblage de signes (figure n°26) :

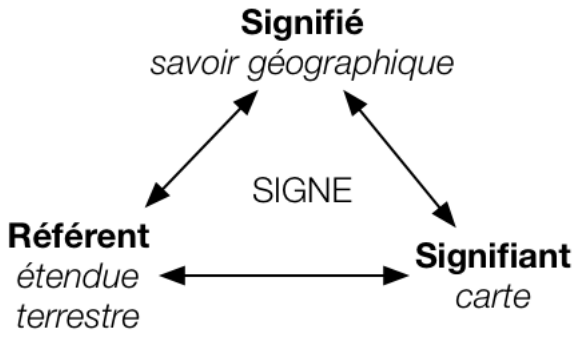


figure n°26 : Le statut sémiotique de la carte, d'après [Fontanabona, 1999]

2.1.1. Organisation des signes

Les signes sont rarement isolés, et leur organisation en groupe, en séquence, provoque souvent la création d'un nouveau signe de niveau supérieur, un *syntagme*. Ce principe important d'organisation en niveaux successifs de signification fonctionne dans les deux sens : de signes élémentaires vers un groupe de signes exprimant lui-même du sens, et d'un signe complexe vers les signes élémentaires qui le composent. Dans le domaine visuel, cela permet de prendre en compte une découverte progressive des éléments significatifs d'une image, en accord avec le fonctionnement de la perception visuelle évoqué au chapitre précédent.

Le fonctionnement des syntagmes obéit à des règles conventionnelles, pour que l'ordre dans lequel les signes élémentaires sont utilisés puisse avoir lui-même un sens conventionnel, équivalent à la syntaxe et à la grammaire du domaine linguistique. L'interprétation du sens du syntagme ne peut se faire correctement que si l'on a interprété correctement les sens qui le composent. À l'intérieur d'un syntagme des signes peuvent être remplacés par d'autres signes pour nuancer la signification sans la détruire et créer ainsi des variantes, dont la valeur d'interprétation sera différente. Ces variantes constituent des styles, et les formes courantes sont ainsi des figures de style, que l'on emploie dans le cadre d'une rhétorique.

2.1.2. Les catégories de signes

La sémiotique s'est attachée à décrire et catégoriser les types de signes, selon plusieurs points de vue. Selon le type de signifiant, on aura des signes linguistiques (sons, mots), des signes visuels (images, films). Selon le type de rapport entre signifiant et signifié, C. S. Pierce distingue trois catégories largement reprises par la suite par les autres auteurs :

- **l'icone**[9] : signe dont le signifiant a une relation de similarité, d'analogie, avec son référent. Généralement il s'agit d'une ressemblance visuelle, et l'on cite souvent l'exemple de la carte postale qui évoque un lieu. Les formes, les couleurs, les objets présents sur la carte postale ressemblent directement au lieu réel qu'elles évoquent. Cependant le signifié peut être différent, puisque subjectif : le spectateur de la carte postale interprétera le paysage selon son expérience du lieu (vacances, travail, origines…). L'analogie peut aussi ne pas être visuelle, C.S. Pierce parle plus globalement d'un partage de propriétés.
- **l'indice** : signe possédant une relation de causalité directe ou de contigüité physique entre signifiant et signifié. C'est le cas par exemple des signes naturels, issus de l'expérience. Le signifiant est la trace sensible du référent, une empreinte : fumée pour le feu, nuages pour la pluie. C'est aussi le cas des étiquettes et libellés.
- **le symbole** : le signifiant n'a pas de ressemblance ni de contigüité avec le référent. On y trouve tous les signes arbitraires et abstraits, qui prennent leur sens par l'activation d'un code ou d'une convention : signes du langage, drapeaux, symboles mathématiques, etc.

Muni de ces catégories, on peut essayer de classer les types de signes rencontrés en cartographie (cf. figure n°27).

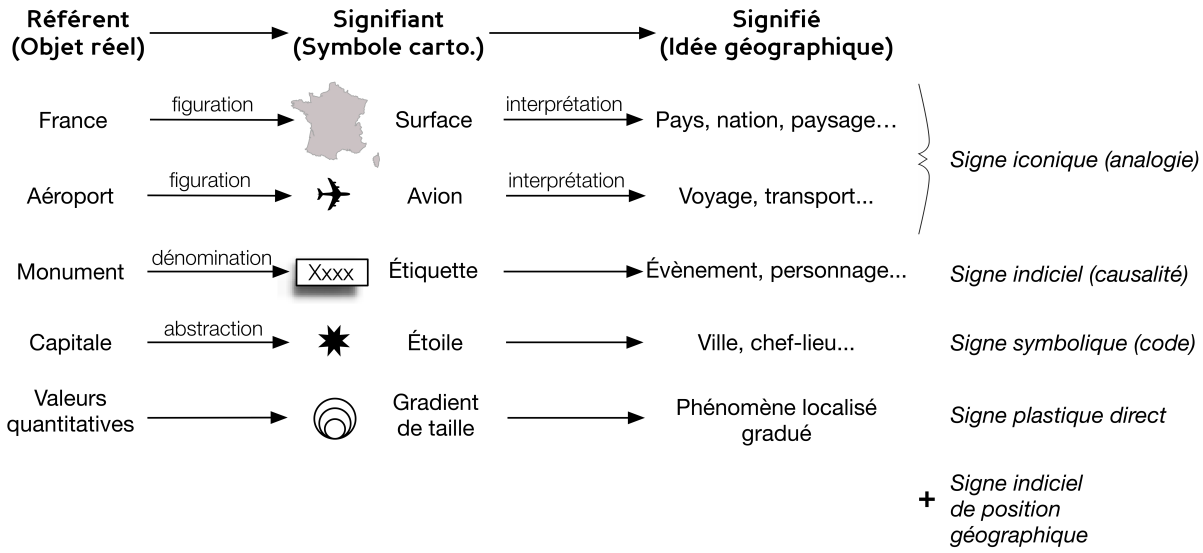


figure n°27 : Types de signes en cartographie.

9. Le mot « icône » avec un accent circonflexe ayant une connotation religieuse, il est d'usage en sémiotique d'utiliser « icone » pour désigner la catégorie de signes.

Les signes cartographiques les plus évidents sont naturellement ceux dont le signifiant est un graphisme autonome. Les graphismes dont la forme est un analogue de la réalité se retrouvent classés comme des signes iconiques : continents, rivières, routes. On y classe de même les signes qui évoquent par leur forme une symbolisation réductrice de leur référent : un avion stylisé pour un aéroport. Les symboles abstraits d'une carte (une étoile pour une ville, par exemple) sont logiquement classés dans les signes symboliques, car ils nécessitent une convention ou un code pour être interprétés et acquérir du sens, code qui est matérialisé dans la légende. Dans ce groupe abstrait on peut aussi distinguer les signes qui ne varient pas, dont la seule variation sur la carte est la position, des signes qui présentent une variation dans une dimension formelle. On aura reconnu la notion de variable visuelle de la *sémiologie graphique*, provoquant une interprétation préférentielle. On peut les classer dans la catégorie sémiotique des signes visuels *plastiques*, car c'est la variation de leur aspect visuel, une qualité plastique, qui va porter un sens, au lieu de leur forme ressemblante ou de leur appartenance à une nomenclature.

L'approche sémiotique va par ailleurs aider à identifier des signes moins évidents pour le cartographe, des significations dont l'interprétation est moins directe. C'est le cas des cadres, socles, étiquettes, qui, en plus de la présence éventuelle d'un signe linguistique, sous la forme d'un libellé textuel, vont pouvoir être interprétés comme des délimitations, des mises en évidence, des séparations logiques ou des identifications à l'intérieur de la carte. Ce sont alors des signes indiciels.

Enfin il faut citer une autre manière de classer les signes, moins courante : selon l'intentionnalité. En effet, tous les signes ne sont pas intentionnels, conçus en tant que tels, prémédités. Il existe toute une catégorie de signes qui sont potentiellement interprétés sur la base de signifiants non spécifiques : phénomènes naturels, cooccurrences, coïncidences, contiguïtés… Pour aller un peu plus loin il existe même des signes qui ne sont pas perçus consciemment comme des signes, mais qui sont tout de même interprétés. Ils peuvent être immatériels, comme les phonèmes du langage parlé, dont on oublie avec l'habitude que ce sont des éléments signifiants. Ainsi, on note que certains signes peuvent être actifs sans qu'ils aient été construits explicitement comme des signes, et sans qu'on aie même conscience que ce sont des signes. Cette catégorie des signes implicite sera importante dans les développements à venir.

2.2. La sémiotique visuelle et les signes iconiques

La sémiotique est une approche pertinente lorsqu'on s'intéresse à l'objet image. En effet, elle permet de dépasser les catégories fonctionnelles de l'image pour l'observer sous l'angle plus abstrait de l'interprétation, dans une démarche plus globalisante et qui s'intéresse à la façon dont l'image est reçue par le lecteur[10]. Du point de vue de la cartographie, cette approche répond à un manque évoqué par plusieurs auteurs[11].

10. Cf. [Joly, Vanoye, 1993]
11. Cf. notamment [Robinson, Morrison et Muehrcke, 1977].

C.S. Pierce classe l'image comme une sous-catégorie de l'icone. Si l'image possède une relation d'analogie avec son référent, il existe plusieurs types d'analogie, composant des sous-types de signe iconique :

- **L'image** : type d'icone dont le signifiant possède une relation d'analogie qualitative formelle avec le référent, des relations externes sont partagées. Une photographie, par exemple, va présenter certaines qualités formelles de son référent : formes, texture, couleurs, proportions.
- **Le diagramme** : le rapport référent-signifié est une analogie non formelle, mais relationnelle. Le diagramme partage des relations *internes* de son référent, à la différence de l'image. Les organigrammes fonctionnels ou hiérarchiques en font partie.
- **La métaphore** : une icône dont le rapport référent-signifiant est un parallélisme qualitatif. On retrouve cette figure de style célèbre du langage dans le cadre des signes visuels car il s'agit d'un procédé de rhétorique, stylistique, qui dépasse la distinction du type de media. Il existe ainsi des métaphores visuelles, jouant sur la comparaison implicite, le parallélisme qualitatif, entre deux éléments, l'un physique, le signifiant, l'autre évoqué, le signifié. C'est la fonction des statues allégoriques, par exemple, ou des symboles utilisés en publicité visuelle, que l'on développera plus loin.

Ainsi, le mot image n'est pas utilisé que dans son sens visuel dans cette définition originelle de C. S. Pierce. Ce dernier inclut dans sa classification des figures de style qui peuvent être utilisées dans le langage comme dans d'autres formes de systèmes de signes. L'idée que des moyens rhétoriques puissent être utilisés ailleurs que dans le langage est importante, elle sera d'ailleurs une base de travail pour de nombreux sémiologues de l'art.

Cependant, comme le souligne M. Joly (*ibidem*), les signes visuels sont souvent complexes et traversent les catégories. Entre autres, les images photographiques, signes iconiques évidents, sont aussi des traces, des enregistrements, des constructions, donc des signes indiciels. De plus, si ces images construites, fabriquées, sont reconnues et comprises par leurs spectateurs, c'est qu'il existe une convention socio-culturelle qui les désigne en tant que telles, et donc une signification de type symbolique. Les images sont donc des signes complexes, polysémiques, profonds, qui peuvent être interprétées selon différents modes.

Le caractère le plus évident des images, leur ressemblance formelle avec leur référent, est la source de nombreuses manipulations et distorsions. La puissance de signification d'une photographie, que toute personne comprendra d'abord comme une copie fidèle de la réalité, a rapidement été exploitée et la sémiologie visuelle s'est employée à déconstruire ces dérives. Dans la pratique, à partir des travaux de Roland Barthes, le terme d'image a pris progressivement le sens de représentation visuelle. Dans l'article de 1964 déjà cité, R. Barthes s'intéresse spécifiquement aux « messages visuels », à leur fonctionnement spécifique en tant que langage et notamment à leur force rhétorique, c'est-à-dire à leur puissance d'expression de sens, leur éloquence visuelle.

Par ailleurs, la sémiotique de l'image a développé des hypothèses de processus cognitifs qui ont été repris ensuite en neuropsychologie. En effet, l'interprétation du sens de l'image

n'est peut-être pas due seulement au rapport de similitude analogique entre signifié et référent, mais à celui existant entre signifié et *image mentale* du référent, ou modèle perceptif (*schemata*). On retrouve ici l'idée de la pensée visuelle ou de la cognition par la manipulation et la comparaison d'images mentales, émise en psychologie cognitive[12]. Cette idée, dont Umberto Eco est l'un des promoteurs en sémiotique[13], a guidé une série de critiques et de raffinements de la classification de C.S. Pierce qui reprennent et développent les modèles établis par Louis Hjelmslev (idée de plan du contenu / plan de l'expression).

2.3. Sémiotique visuelle iconique et cartographie

Les catégories de C.S. Pierce sont des cadres mentaux utiles pour analyser les relations sémiotiques des cartes, notamment d'un point de vue pédagogique, comme le formule J. Fontanabona[14]. Car la carte est un objet signifiant particulier, qui possède des modes de fonctionnement sémiotiques spécifiques. Tout d'abord une carte est elle-même un signe iconique, elle va ressembler dans ses formes au territoire qu'elle représente. C'est donc une *image*, au sens de C.S. Pierce, un signe iconique ressemblant. Naturellement la variabilité de l'interprétation due à la subjectivité est ici largement réduite par les qualités de rigueur, de scientificité, d'officialité de la carte, qui en font aussi, par conséquent, un signe *symbolique*. Cette catégorisation permet de structurer l'approche de la carte comme discours, et guider sa déconstruction.

Ensuite, la carte établit de manière globale sur sa surface un rapport *indiciaire* entre la position des éléments qu'elle contient et la position du référent correspondant dans le monde réel représenté. À un niveau d'analyse différent, si l'on passe de l'objet carte en totalité à son contenu, le rapport essentiel du fonctionnement de la carte est en effet un rapport de représentation, de retranscription. Là encore, il est présupposé que ce rapport est effectué de la manière la plus objective et rigoureuse possible, avec les détournements que cela peut supposer si cette confiance est trahie.

Enfin la carte exprime du sens géographique par la répartition des signes sur sa surface, les relations qu'ils entretiennent. Cet aspect est central dans la fonction de transmission ou d'évocation de connaissances géographiques, c'est ce qui alimente la fonction de la carte comme outil d'étude des relations spatiales, instrument de recherche et de diffusion des idées géographiques. L'application de la réflexion sémiotique à propos des cartes est bien synthétisée par J.-F. Thémines dans un article pour la revue Mappemonde en 2001 (cf. figure n°28 page suivante).

12. Cf. [Denis, 1979]
13. Cf. [Eco, 1992]
14. [Fontanabona, 1999], p. 529. Cet article présente une analyse détaillée de la sémiotique de la carte, notamment dans un contexte pédagogique.

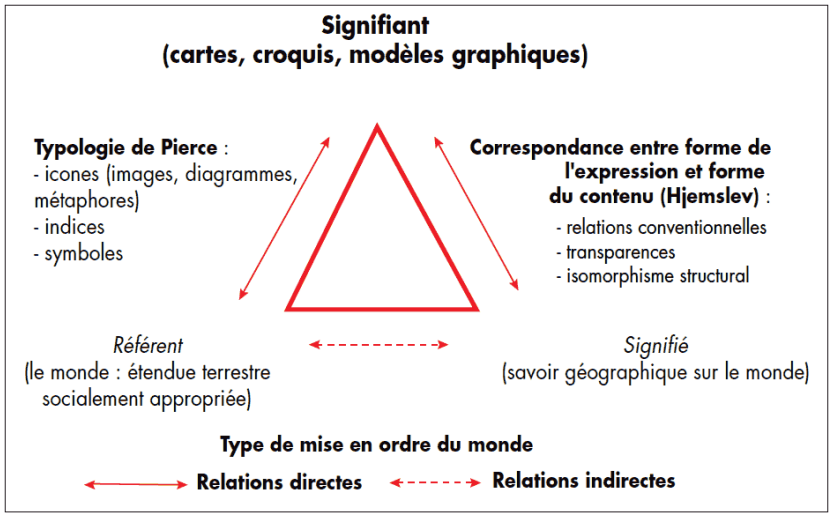


figure n°28 : « Les statuts sémiotiques de la carte de géographie », [Thémines, 2001]

Lorsque l'on s'intéresse à la conception cartographique thématique en utilisant les catégories de la sémiotique, on peut ainsi établir une passerelle conceptuelle et examiner les principes de la *sémiologie graphique* de J. Bertin. C'est ce que réalise Ch. Metz (l'un des sémioticiens de l'image les plus cités, notamment pour ses travaux sur le cinéma), dans un article de 1971[15].

Ch. Metz note dans cet article que la *sémiologie graphique* de J. Bertin est une étude de la substance du signifiant propre au système graphique (p. 757). Selon lui, la *sémiologie graphique* constitue « une étude systématique, profonde et tout à fait originale » des moyens de transmission d'information sous forme graphique. Elle se caractérise par une dualité active entre une approche théorique et abstraite qui constitue un cadre d'analyse des contenus cartographiés / à cartographier, et une méthodologie pratique pour la représentation cartographique de ces contenus. Les variables visuelles sont « […] des ordres sensoriels dans lesquels le code graphique découpe des écarts différentiels (écarts du signifiant), auxquels il fait correspondre des différences de signifiés. » Des variations perceptibles, déterminées par des variations spécifiques dans la forme graphique, vont donc produire des variations préférentielles dans les signifiés.

Toujours selon Ch. Metz, la sémiologie graphique emploie à la fois l'étude de la structure des symboles graphiques à l'intérieur d'un code, comme la sémiotique, mais aussi une approche empirique de la façon dont la substance des signifiants, leurs caractères propres, vont les prédisposer à certaines structures de signification plutôt que d'autres. Cette dernière approche est nécessaire car le fonctionnement du langage visuel est encore à découvrir, les propriétés substantielles intrinsèques de ses éléments. En linguistique ce serait l'équivalent de la phonologie. Pour simplifier, on peut traduire cette idée comme la détermination d'une méthode qui permet d'exprimer au mieux différentes significations, ou du moins de susciter le plus d'interprétations justes chez le lecteur, au moyen de variations graphiques formelles spécifiques. J. Bertin a donc découvert, puis réalisé une étude systématique de formes (substances) de signifiants graphiques, dont l'interprétation favorise des types de significations spécifiques.

15. [Metz, 1971], *op. cit.*

J. Bertin développe une nouvelle série de concepts, qui vont étendre le dictionnaire de la sémiotique. Ainsi, *l'image* est pour lui l'unité perceptuelle, l'ensemble de corrélations graphiques que le lecteur peut percevoir en un « instant » de perception. On a donc ici l'évocation d'une image mentale qui serait générée par la perception d'une composition coordonnée, un assemblage expressif. C'est l'un des points sur lesquels le concept de composition vient s'immiscer dans l'œuvre de J. Bertin : dans certains cas, minutieusement construite en suivant les règles de la sémiologie graphique, une planche graphique / cartographique peut être perçue instantanément, et produire une image mentale prédéfinie, conçue par le concepteur de la carte.

J. Bertin apporte aussi un critère d'évaluation de la performance des graphiques, de leur efficacité, lié à ce concept d'image : « un graphique est d'autant plus efficace qu'est élevé le nombre de questions auxquelles il permet de répondre par une seule image. » (Ch. Metz, p. 762). Ce critère, s'il fonctionne en communication et en science, est aussi très intéressant pour la pédagogie, naturellement.

Ainsi, même si la relation de la *sémiologie graphique* avec la problématique générale de la sémiotique, la prise en compte de ses concepts et approches, n'est pas très évidente, l'ouvrage a énormément apporté sur les plans théorique comme méthodologique en cartographie. Ch. Metz relève aussi un certain manque de prise en compte des codes externes qui sont sous-entendus, notamment les codifications socio-culturelles qui vont affecter des signifiés préférentiels aux formes graphiques.

L'objectif de la méthodologie de la *sémiologie graphique* est la conception de graphiques et de cartes. L'auteur utilise ce point de vue dans son plan, avec tout d'abord l'étude de l'information, des signes et des moyens graphiques, puis sa mise en application avec des exemples. On peut naturellement l'utiliser dans une démarche inverse, pour analyser une carte ou un graphique, a posteriori, mais c'est plus difficile et il n'y a pas de présentation d'une méthode plus adaptée à cet exercice que les deux pages (140 et 141) sur « les étapes du processus de lecture ». J. Bertin y décrit ces étapes comme articulées autour de trois moments :

- identification externe : reconnaissance qu'il s'agit d'une représentation graphique et isolation de l'invariant et de ses composantes principales.
- identification interne : détection des modalités des composantes principales et de leurs variables visuelles (aidée par la légende éventuelle).
- perception des correspondances originales, c'est-à-dire des rapports entre propriétés graphiques signifiantes (position, taille, couleurs, etc.) et propriétés signifiées.

On le voit, ces étapes de lecture correspondent à la lecture d'une carte parfaite, idéale, suivant les principes et conseils méthodologiques de la *sémiologie graphique*. Lorsque l'on veut utiliser cette même méthode pour analyser ou déconstruire une carte « ordinaire » ou problématique, il faut passer du temps à essayer de retrouver ces éléments descriptifs.

La sémiotique visuelle, notamment telle qu'elle a été développée ensuite par le Groupe μ, permet justement de dégager des règles plus générales de fonctionnement de la

signification visuelle, tout en s'appuyant sur les acquis de la psychologie de la perception. Ces règles pourraient fournir des moyens plus pratiques pour déconstruire une image cartographique, analyser son fonctionnement sémiotique plus complètement, en commençant par son aspect général.

2.4. Sémiotique visuelle du *Groupe μ* : signe iconique et signe plastique

Le *Groupe μ*, constitué de sémioticiens de l'Université de Liège, publie en 1992 son « Traité du signe visuel »[16], dans le cadre de travaux visant à concevoir une rhétorique générale, commencés au début des années 1970 avec une étude de la rhétorique du langage et notamment de la poésie. En s'intéressant au signe visuel et à la rhétorique qui le met en œuvre, le Groupe μ a réalisé un très impressionnant travail de synthèse et de modernisation des connaissances, à la fois sur la perception visuelle, la sémiotique et l'esthétique, selon une approche structuraliste. Car l'une des caractéristiques majeures de cet ouvrage est, pour nous, d'avoir réussi à relier perception, formation du sens et jugement esthétique dans un théorie cohérente et fonctionnelle. Ce travail a depuis été critiqué et étendu, notamment par les travaux de Göran Sonesson (Université de Lund, Suède) et de Fernande Saint-Martin (historienne de l'art et sémioticienne, UQAM[17], Montréal). Toutefois, la sémiotique visuelle du Groupe μ constitue une base relativement accessible qui nous permet de mettre en place des concepts et des méthodes d'analyse utiles pour notre problématique.

2.4.1. De la perception visuelle à la sémiotique

Le postulat de départ de ce traité est que le langage est un système de transmission « étroitement codé » (p. 60), qui se trouve être linéaire (on lit un texte ou on entend un discours de façon séquentielle), alors que, comparativement, la communication visuelle est peu codée, ses unités sont instables, mal reconnues, n'ont pas de relations syntaxiques bien définies (codifiées) et s'expriment de façon simultanée. En conséquence, l'interprétation des images ne sera jamais simple, jamais arbitraire. Plus important, par rapport à celle du langage écrit, l'interprétation d'une image va être beaucoup plus dépendante du « canal » utilisé, c'est-à-dire des moyens par lesquels elle est transmise, ainsi que du « récepteur », le lecteur et ses motivations propres.

La première partie du travail du *traité* consiste en la définition d'un modèle de la perception visuelle qui tiendrait compte des acquis de la psychologie cognitive tout en le reliant avec les recherches sémiotiques sur l'interprétation et la formation du sens.

16. [Groupe μ, 1992] : Francis Edeline, Jean-Marie Klinkenberg et Philippe Minguet.
17. Université du Québec à Montréal.

Ce modèle est résumé dans la citation suivante, tirée de la p. 82 :

> "[Le système *retinex*, visuel rétine-cortex] analyse, intègre et organise les stimuli notamment à travers les mécanismes que sont l'inhibition latérale, et l'extraction de figures. Tant sur le plan de la spatialité que sur celui du chromatisme ou de la texture, ces mécanismes ont pour fonction d'accentuer d'une part des égalités dans la stimulation (production de similitudes) et de l'autre des inégalités (production de contrastes). C'est ainsi qu'apparaissent le champ, avec ses caractéristiques spatiales (l'indifférenciation) et la limite, le premier correspondant à la reconnaissance d'une même qualité translocale (similitude), la seconde à une modification de cette qualité (contraste). Cette distinction aboutit à l'opposition figure-fond, produit de la discrimination, ou ségrégation de deux ou plusieurs régions du champ par la limite. L'apparition de ce concept entraîne une modification du statut de la limite (ou de son analogon, la ligne) qui, prise dans l'opposition fond vs figure, devient contour (ou limite d'une figure). La figure elle-même peut à son tour changer de statut lorsqu'elle cesse d'être occurrence pour devenir type, mobilisant ainsi une activité mémorielle : on parlera alors d'objet. Cet objet peut connaître une complexité croissante si, cessant de se définir sur un plan strictement visuel, il est associé à d'autres informations provenant d'autres canaux sensoriels, en vue d'objectifs pratiques."

Il est intéressant de noter l'importance des notions de similitude et de contraste, qui seront réemployées par la suite lors de la description de la rhétorique visuelle.

Ce modèle est synthétisé par le schéma de la figure n°29, ci-dessous.

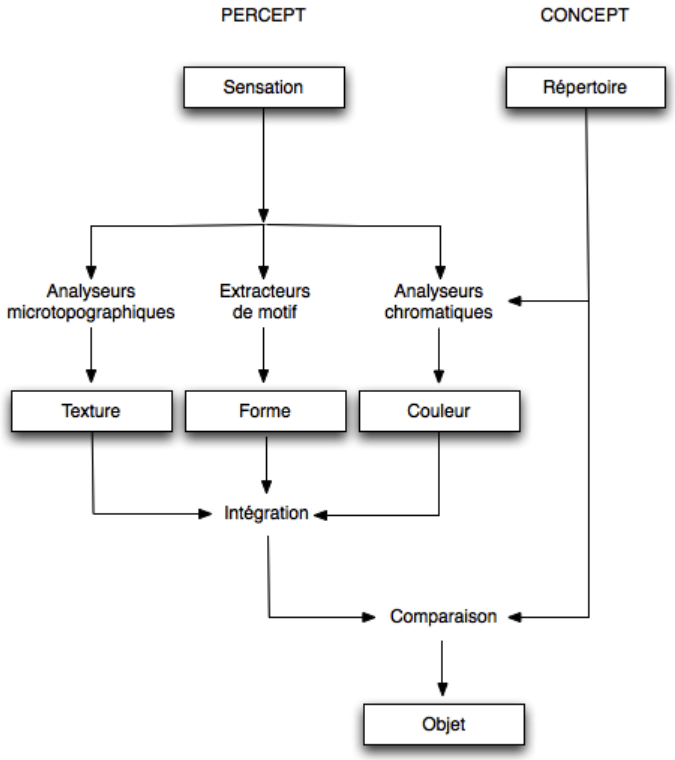


figure n°29 : Modèle du système perceptif ([Groupe μ, 1992], p. 91).

On retrouve dans ce modèle les grandes lignes de ce que la psychologie de la perception a pu établir (cf. le chapitre 1 *supra.*) : des détecteurs de motifs vont filtrer la scène visuelle pour produire une représentation intermédiaire, « matrice », « description » visuelle, modèle théorique ou image mentale, qui va être comparée à la mémoire à long terme pour y reconnaître des concepts, les interpréter, leur affecter un sens et produire un objet (cf. §1.3.2 *supra.*). Le Groupe µ ajoute à ce fonctionnement, dans la phase finale du processus, les éléments qui constituent les apports de la sémiotique. Le principal est le raffinement de la description de l'assemblage des percepts en objets, par la comparaison avec un répertoire de types.

Ce répertoire de types est défini comme :

> L'organisation, hiérarchisée en niveaux, des propriétés visuelles ou non visuelles mobilisées par la mémoire du sujet percevant, et attribuées à l'objet. Toutes les figures perçues sont soumises à une épreuve de conformité : elles sont confrontées à des types, et l'hypothèse est faite qu'elles sont des occurrences de ce type. (p. 97)

Le répertoire est donc créé et mis à jour par un processus itératif lié à la perception même, et les types sont en fait des modèles cognitifs constitués par les propriétés perçues et retenues comme représentatives des objets du monde réel. Cette conception est très proche des théories cognitives modernes de la perception et de la mémoire, voire de l'intelligence (Cf. §1.2.4 *supra*, R. Arnheim, D.D. Hoffman).

Le sens est alors le produit d'une interaction entre l'homme et son environnement, au travers de la perception et de la reconnaissance. Le *Traité* précise plus loin (p. 98) le rôle de l'appareil perceptif dans la sémiose[18], qui est d'extraire une information utile de la scène visuelle, de trouver le signal dans le bruit, en dégageant des propriétés invariantes qui permettent de classifier des types et en négligeant des traits particuliers, singuliers[19].

2.4.2. Approfondissement du signe iconique

Cependant, ce modèle de la perception et de la sémiose qui en découle ne correspond pas aux catégories existantes en sémiotique à l'époque et pousse les auteurs à modifier le triptyque classique référent-signifiant-signifié.

18. Néologisme signifiant la création du sens.
19. On peut y reconnaître l'influence de la théorie de la Gestalt.

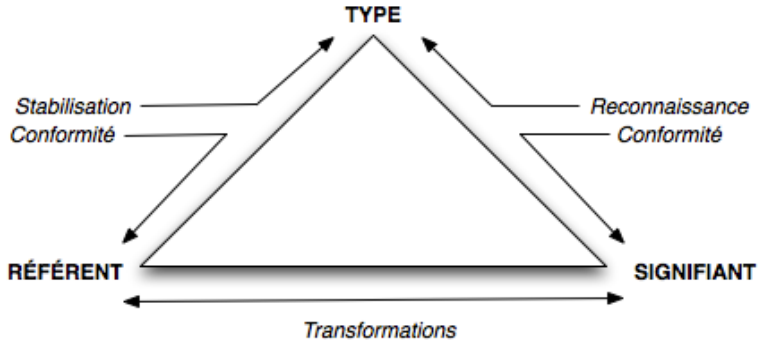


figure n°30 : Modèle du signe iconique, [Groupe µ, 1992] p. 136.

Le schéma-modèle de fonctionnement du *signe iconique* est alors mis à jour, pour rendre compte de sa spécificité par rapport au modèle du signe général (figure n°30, ci-dessus). On y retrouve le concept de type, qui remplace le signifié, mais aussi une définition étendue, complétée, des autres concepts de la « triade ». En effet, le référent n'est plus « un objet du monde », mais l'actualisation d'un type, c'est-à-dire une version matérialisée, une manifestation concrète d'un modèle d'objet mental. L'interprétation du signe n'est plus une simple reconnaissance, c'est un processus cognitif de transformation, en cohérence avec la théorie de la perception en psychologie cognitive.

Avec les apports d'U. Eco et du Groupe µ, le signe iconique n'est plus basé sur la simple copie d'une partie des propriétés externes (perceptibles) du référent par le signifiant (définition de C.S. Pierce), mais par une *transformation* (U. Eco) ou une *reconstruction* (Groupe µ)[20].

Dans la figure n°30 ci-dessus, les flèches indiquent les opérations reliant les sommets de la triade :

- du signifiant vers le type : reconnaissance. Le signifiant est la manifestation concrète du type, le relier au type qu'il représente est le reconnaître.
- du type vers le signifiant : conformité. Le signifiant est conforme au type si le signe fonctionne.
- du référent au type : stabilisation. Le référent est un exemplaire physique du modèle mental que constitue le type. Ce dernier est constitué par les propriétés stables, un résumé de l'essence des différentes versions possibles dans la multiplicité des référents.
- du type au référent : conformité. De même que pour le signifiant, si le type est relié au référent, c'est que ce dernier est conforme au modèle.
- du référent au signifiant : transformation / reconstruction. Le rapport central du signe n'est plus une simple similitude ou recopie de propriétés, mais la transformation de certaines propriétés.

20. Cf. M. Joly, [Joly, ., 1994], p. 96.

Le Groupe μ propose l'exemple du dessin d'un chat pour mieux comprendre cette définition du signe iconique :

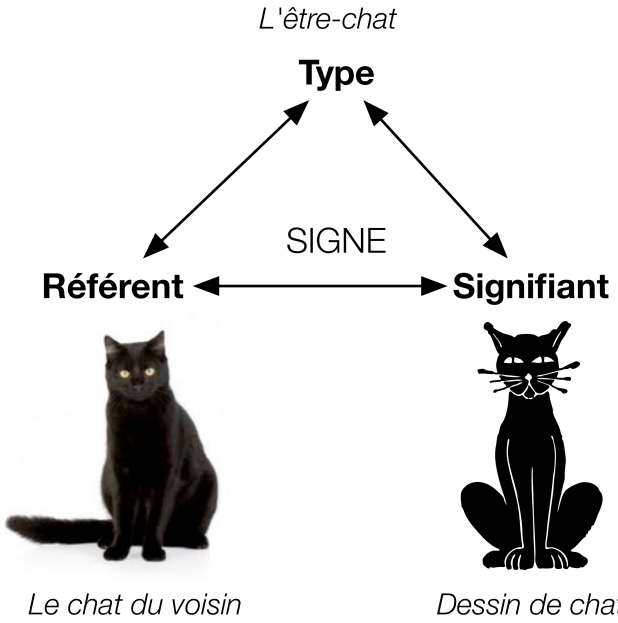


figure n°31 : Exemple du signe iconique « chat » représenté par un dessin.

Cette redéfinition du signe iconique permet de rendre compte de relations signifiantes plus étendues, par exemple entre les signifiants de deux icônes, en plus des relations déjà évoquées entre référent et signifiant. En utilisant cette nouvelle définition dans le domaine de la représentation cartographique, on peut par exemple évoquer les relations entre une photographie aérienne et une carte, des icones, en plus des relations plus classiques entre monde réel (référent) et photographie aérienne et avec carte. On peut aussi utiliser le remplacement du concept de signifié par le concept de type pour mieux catégoriser les référents. Le statut de modèle mental du type a un effet sur le référent, qui n'existe dans le signe que parce qu'il est une version du type. La classification possible des types en répertoire autorise une classification parallèle des référents. En cartographie, on peut par exemple qualifier une carte thématique comme étant un signe iconique dont le type (l'interprétation que la carte cherche à provoquer chez le lecteur) est un modèle de comportement spatial d'un phénomène thématique, le référent l'espace géographique concerné ou une certaine façon de l'observer, de l'interroger (un modèle spatial, cf. figure n°32 page suivante).

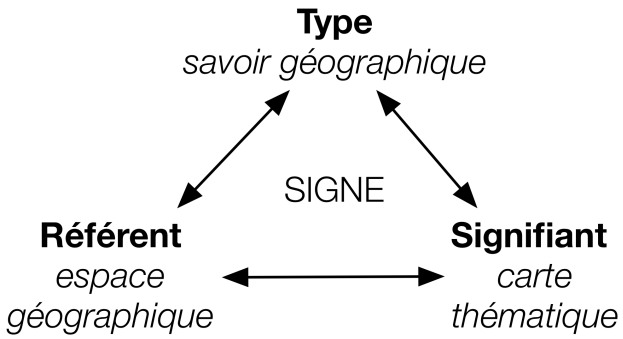


figure n°32 : Le statut sémiologique de la carte thématique comme signe iconique.

Cette transformation du modèle du signe iconique va donc permettre un renouvellement de la réflexion sur l'image. Les problèmes principaux posés par l'image à la sémiotique étaient sa continuité et sa simultanéité, à la différence du langage qui est linéaire et composé d'éléments distincts sur deux niveaux : mots/phonèmes et phrases (ce qu'on appelle la double articulation saussurienne du langage). Avec le signe iconique, on peut essayer de découvrir des unités constitutives du sens à l'intérieur d'une image, pour essayer de mieux les comprendre et les utiliser.

Ces « unités » visuelles de sens peuvent fonctionner selon diverses modalités, selon les propriétés qu'elles activent. Le tableau n°1 ci-dessous rassemble ces propriétés :

Déterminations intrinsèques	**Déterminations extrinsèques**	
	Synchroniques	Diachroniques
Propriétés globales (forme, texture, couleur)	Superordination Coordination Subordination	Préordination

tableau n°1 : Propriétés des unités sémiologiques visuelles, [Groupe μ, 1992], (p. 108).

Ce tableau présente les différentes variantes de fonctionnement des signes visuels : un signe visuel peut n'utiliser que des propriétés intrinsèques ou fonctionner en groupe, par interaction avec d'autres signes, en syntagme (relations positionnelles, d'ordre). Cette interaction des unités visuelles sémiotiques est donc une composition, un assemblage, qui lui même fait sens. Ainsi, au delà de l'interprétation des signes visuels eux-mêmes, leur composition aussi est expressive. La cartographie utilise largement cette propriété par la spatialisation qui donne du sens à la position respective des symboles, à leur distance, leur surface, leur organisation respective. D'autres interrelations significatives entre signes visuels existent, qui seront examinées plus loin.

Un autre type de coordination entre signes est important à décrire, lorsqu'un « signe plein » (signifiant + signifié) devient le signifiant d'un autre signe, à un deuxième niveau. C'est ce que Roland Barthes a appelé le *discours de la connotation*. Par exemple, dans la

publicité *Panzan* qu'il a étudiéei[21], le signe de la tomate, composé d'une image de tomate (signifiant) qui évoque le fruit « tomate » parce qu'il ressemble visuellement au type « tomate » que l'on a appris à reconnaître, est aussi le signifiant d'un deuxième signe, qui pourrait être « Italie » ou « Cuisine méditerranéenne », que l'utilisation de la tomate dans un contexte culinaire évoque. Certains auteurs[22] parlent même d'un *quatrième signe* dans cette image : la *composition* elle-même, qui évoque la composition d'œuvres picturales (de type nature morte) évoquant elles-mêmes la gastronomie. Ainsi, les signes visuels peuvent posséder plusieurs interprétations successives, chaque reconnaissance pouvant démarrer une nouveau processus sémiotique de niveau supérieur. Comme l'écrit M. McLuhan dans un ouvrage contemporain à l'article de R. Barthes : « *The medium is the message* »[23].

En cartographie ce type de signes secondaires était relativement courant sur les cartes possédant un objectif secondaire évident, en plus de la simple représentation d'un territoire. Par exemple, les cartes éducatives anciennes reprennent souvent autour du fond de carte lui-même des illustrations figuratives, l'un des exemples les plus connus étant celles de la société éditrice Deyrolle (cf. figure n°33 page suivante), récemment rassemblées dans un ouvrage[24]. Dans ce cas, les reproductions minutieuses de fruits compensent l'utilisation de simples noms (signes linguistiques, non visuels) sur le fond de carte, et évoquent par leur regroupement et leur positions le climat, la cuisine, des régions. Dans le même type de fonctionnement par connotation, on peut aussi classer un certain type des cartes officielles, qui flattaient le pouvoir en magnifiant les réalisations de ce dernier (cartes des colonies, infrastructures ferroviaires, etc.).

21. [Barthes, 1964]
22. Cf. [Chalumeau, 2002], p. 112.
23. [McLuhan, 1969]
24. [de Broglie, 2010]

figure n°33 : Carte Deyrolle, fin XIXème siècle, (site Internet de l'éditeur[25]).

Dans la poursuite de l'étude du signe iconique, les chercheurs se sont rapidement heurtés à deux problèmes. Premièrement les signes iconiques n'ont pas forcément de sous-unités dénombrables : par exemple il existe une infinité de couleurs, les pixels d'une image ne sont pas forcément tous significatifs, etc. Ce constat réfute l'approche simpliste qui consisterait à rechercher une équivalence directe entre signes iconiques et signes linguistiques, en sous-entendant qu'il existerait des signifiants visuels stables dans leur interprétation et dans leur combinaison. Deuxièmement, les signes iconiques ne rendent pas compte de tout ce qui peut faire sens dans une image. Il existe une autre catégorie de signes actifs (interprétés) qui ne sont pas caractérisés par la ressemblance d'une partie des propriétés externes du référent dans le signifiant (qui soient figuratifs, pour utiliser un terme pictural), mais plutôt par une interprétation directe de certaines propriétés formelles du signifiant lui-même, les signes *plastiques*.

2.4.3. Le signe plastique, un concept récent qui a de profondes conséquences

Le concept de signe plastique est assez récent, il a longtemps été analysé comme étant une variante stylistique de signes iconiques[26], malgré sa présence en histoire de l'art et chez les théoriciens de l'art comme W. Kandinsky, Paul Klee ou P. Mondrian. L'idée

25. Source de l'image : http://www.deyrolle.com/laboutique/vmchk/Planches-p%C3%A9dagogiques/Cartes-de-g%C3%A9ographie/Carte-de-g%C3%A9ographie-les-fruits.html
26. M. Joly, [Joly, ., 1994], *op. cit.*, p. 100.

centrale est de *considérer la dimension plastique des représentations visuelles comme un système de signes*, et non plus comme une variation non expressive du signifiant de signes iconiques.

Le Groupe µ a constitué une étude très complète des signes plastiques et de leur fonctionnement sémiotique, pour pouvoir les intégrer à leur rhétorique visuelle[27]. L'intuition leur en est venue en étudiant les signes visuels selon la classification de Louis Hjelmslev, qui utilise les concepts de plan de l'expression (aspect manifeste, sensible) et de plan de contenu (interprétation à susciter). Le signe plastique reste solidaire du signe iconique, car il partage avec lui la substance du signifiant, mais il n'en est pas dépendant pour son interprétation : il peut exprimer un sens autonome. Un bon exemple ce ce fonctionnement sémiotique est fourni par l'utilisation de la couleur en cartographie thématique. Le schéma de la figure n°34 ci-dessous résume la façon dont on peut appliquer les concepts sémiotiques de L. Hjelmslev, J. Bertin et de F. de Saussure - C. S. Pierce à la « substance signifiante » couleur, en cartographie thématique.

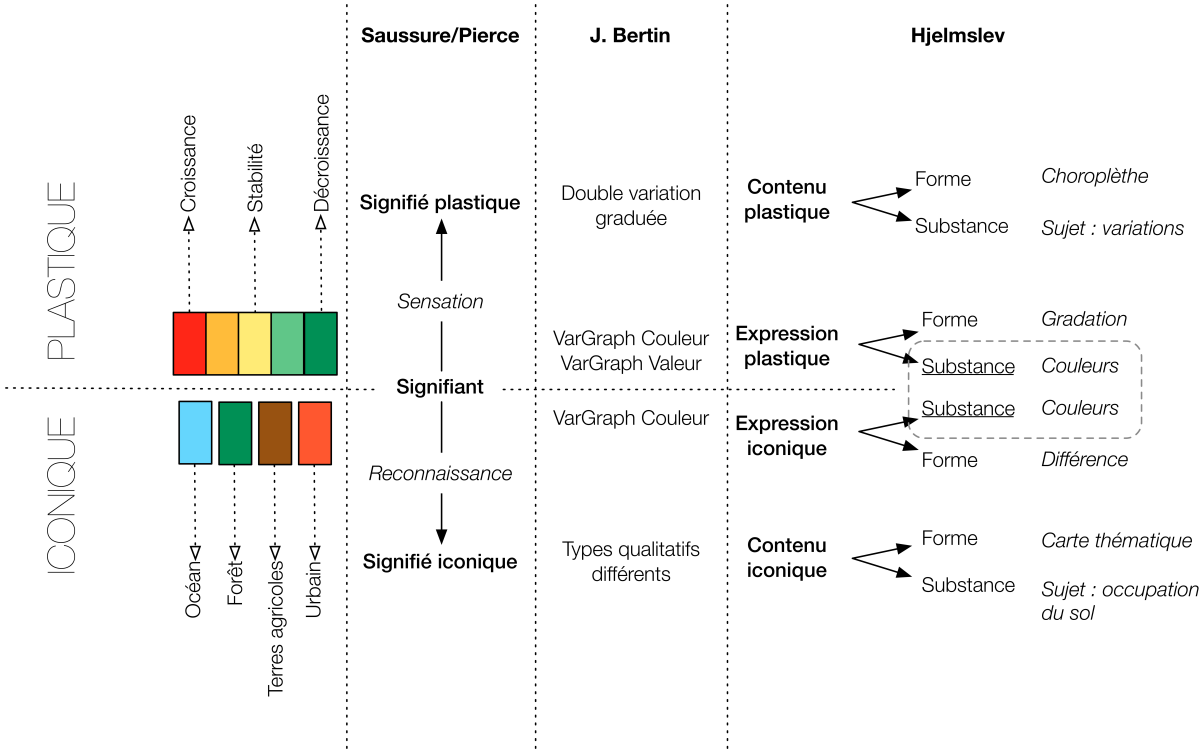


figure n°34 : Signe iconique et signe plastique en cartographie thématique, l'exemple de la couleur-valeur.

L'utilisation de couleurs différentes pour représenter des différences d'occupation du sol, chaque teinte étant choisie pour sa « ressemblance » avec l'idée qu'on peut se faire de la couleur moyenne d'un *type* d'espace, correspond à la variable visuelle de couleur définie par J. Bertin. Dans ce premier cas, la couleur fonctionne en tant que signe car on l'interprète par sa ressemblance avec le modèle mental de l'objet géographique concerné. Il s'agit donc d'un signe iconique, et plus précisément d'une image au sens de C. S. Pierce.

27. Cf. [Groupe µ, 1992], *op. cit.*, p. 186.

Le second mode d'utilisation de la couleur diffère dans ce que L. Hjelmslev ferait correspondre à la *forme* du signifiant, alors que la substance reste la même. Il s'agit cette fois d'utiliser la variation de la couleur, au sein d'un dégradé progressif de ses propriétés de teinte et de luminosité/densité (valeur), pour créer visuellement deux dégradés opposés. Cette technique très classique en cartographie thématique produit des cartes colorées désignées sous l'appellation technique de choroplèthes. Dans ce cas, c'est la capacité de percevoir un *ordre* entre les teintes qui va exprimer l'idée d'ordre entre les situations des espaces géographiques du point de vue de la thématique représentée. Il n'y a plus de ressemblance, de partage de propriété formelle, entre référent (terrain) et signifiant (carte), la propriété qui est partagée est de l'ordre de la relation, du rapport interne entre composants visuels du signifiant[28].

Ainsi, il existe des formes visuelles qui expriment du sens par la simple détection de relations formelles, autrement dit la sensation visuelle. Ces rapports formels sont dans certains cas détectés très rapidement par notre système perceptif. J. Bertin a en grande partie basé ses *variables graphiques* sur ces signes plastiques. Ce type de signe plastique fonctionne (est interprété correctement) lorsqu'il est détecté et reconnu en tant que signe. C'est parce que l'on est conscient du classement ordonné des teintes de la légende que l'on comprend qu'il existe un classement en théorie équivalent des valeurs discrètes de la variable représentée.

Le Groupe µ a réalisé un travail important de recherche de la grammaire des signifiants des signes plastiques, c'est-à-dire une description du fonctionnement des « familles » de substances : couleurs, formes et textures, et de leur association préférentielle à des signifiés, en reprenant en partie la *sémiologie graphique* de J. Bertin.

Selon M. Joly[29], on peut établir deux classes de signes plastiques, selon leur spécificité aux messages visuels :

- les signes non spécifiques, qui sont issus directement de l'expérience visuelle, comme la couleur, le forme ou la texture ;
- les signes spécifiques à la représentation visuelle et à son caractère conventionnel, comme le cadre, le cadrage, la perspective, la pose du modèle, ou la *composition*.

L'étude des signes plastiques non spécifiques, comme la couleur, est un domaine travaillé depuis longtemps par les théoriciens et historiens de l'art, ainsi que par les psychologues[30]. Il est désormais considéré comme valide d'évoquer la capacité d'une teinte seule à exprimer du sens. Il existe même des œuvres d'art dites « monochromes » qui ne sont composées que d'une couleur unie (le bleu d'Y. Klein, par exemple). On peut trouver des équivalents du côté de la texture (P. Soulages) ou de la forme rythmée (Vasarély, Mondrian). On constate que le signe plastique est un outil sémiotique important pour l'étude de l'art dit « abstrait », c'est-à-dire non figuratif, que l'on peut maintenant aussi

28. Rapport qui évoque la sous-classe piercéenne des *diagrammes.*
29. *ibidem*, p. 102.
30. On pense notamment aux travaux de Michel Pastoureau comme [Pastoureau, 2000].

décrire par l'expression « non iconique ». On y reviendra dans les chapitres suivants (au chapitre cinq notamment).

L'étude des signes plastiques spécifiques de l'image est potentiellement intéressante car moins développée, moins évidente, mais pourtant tout aussi active. On peut, en suivant M. Joly, citer les principaux exemples dans le domaine général des images :

- le cadre, sa forme, sa taille, sa couleur
- le cadrage, ou l'échelle des plans, c'est-à-dire la distance entre l'observateur et la scène et l'angle de vision de l'image (grand-angle, zoom, etc.)
- la perspective et les techniques utilisées pour « aplatir » une scène sur un plan
- la *composition*, au sens de la répartition spatiale des éléments dans l'image, liée au cadre et au cadrage
    - composition axiale, dans l'axe du regard
    - composition séquentielle, en organisant le parcours du regard
- la pose du modèle, sa posture, peut aussi avoir un sens interprétable.

À cette classification des signes plastiques il faut ajouter une autre distinction importante, celle séparant les signes implicites (involontaires ou inconscients) des signes explicites (voulus et conçus), du point de vue du concepteur et du lecteur (cf. figure n°35, ci-dessous). En effet, puisque le signe plastique présente un signifiant non figuratif, il peut être présent dans une image d'une part sans avoir été explicitement prévu par le concepteur et d'autre part sans que le lecteur s'en rende compte véritablement (avec tout de même un effet interprétatif, sinon ce ne serait pas un signe). Cette distinction nous semble importante car elle met en évidence un fonctionnement qui est potentiellement difficile à prévoir et à mesurer. On retrouve ici le concept de connotation utilisé en linguistique et appliqué aux images par Roland Barthes.

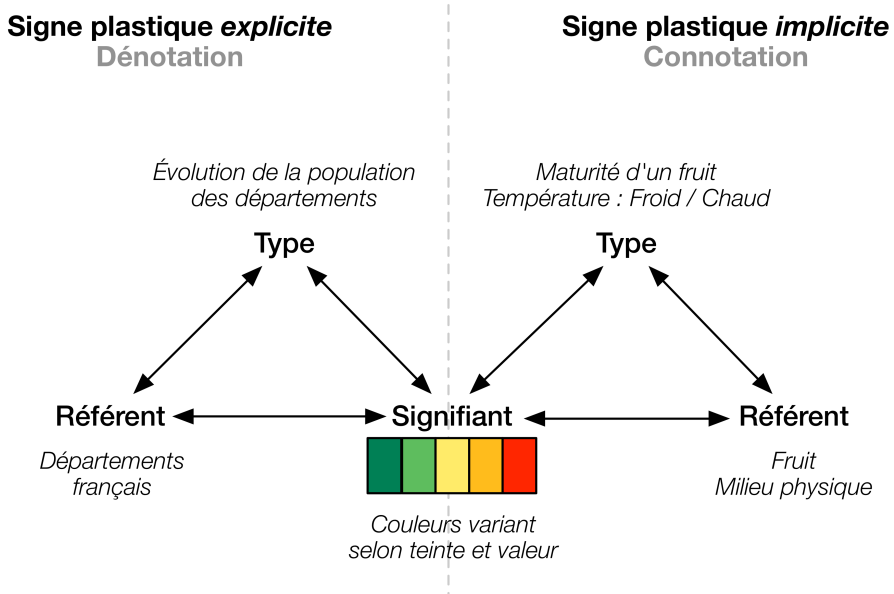


figure n°35 : Signe plastique explicite et implicite.

En cartographie beaucoup de signes plastiques existent implicitement et fonctionnent sur le plan de la connotation appelé aussi deuxième sens. Toute utilisation de la couleur, par exemple, ouvre la voie à des interprétations secondaires liées à la puissance évocatrice des couleurs et de leurs combinaisons. De même, des textures vont renvoyer à des interprétations de granulosité, de rythme, de complexité. Enfin, la composition des formes au niveau de l'aspect général est elle-même un signe plastique. Elle va contribuer à une impression générale de style, de touche, d'une certaine « patte » graphique. Les productions des grands organismes officiels de cartographie (ou les éditeurs spécialisées comme Rand McNally ou National Geographic aux USA, Michelin en France) vont en effet avoir chacune leur style, leur choix spécifiques de signes (symboles, images, signes plastiques) qui vont ensemble créer un signe de niveau supérieur renvoyant aux organismes eux-mêmes. Des recherches sur ces styles sont en cours de développement, notamment au laboratoire COGIT de l'IGN[31]. Nous sommes bien ici dans la problématique de l'aspect général de la carte, de l'interaction de ses formes graphiques donc de sa composition, au sens de résultat comme de l'acte de création.

Dans l'approche classique de la carte par les moyens de la sémiotique ces modes de signification ont rarement été évoqués. Seul le rôle de la codification des signes iconiques symboliques, au sein d'un dictionnaire plus ou moins stable et conventionnel, est pris en compte : « *Without a code there are no signs.* » écrit H. Schlichtmann[32] en 1985, en réponse à la présentation de C.G. Head sur le « langage cartographique »[33]. La légende serait ce dictionnaire, la transcription complète et définitive de chaque signe visuel utilisé dans le langage pour le lecteur. Rendu possible en cartographie topographique par l'établissement de conventions, un dictionnaire sémiotique complet devient pratiquement irréalisable en cartographie thématique. Cet idéal positiviste de la légende comme moyen unique et parfait d'interprétation de la carte est battu en brèche par la sémiotique plastique : on ne peut contrôler toutes les interprétations possibles, naturellement subjectives, des signifiants graphiques.

Si les manuels de cartographie évoquent les signes plastiques implicites, c'est toujours en tant que « supplément de substance », venant appuyer des signes plastiques explicites (dégradés de couleur, variations de taille ou de grain, etc.) ou des signes iconiques symboliques (formes normalisées, panneaux signalétiques, etc.) Le manuel de G. Weber[34] est un exemple de manuel de cartographie très complet où l'auteur fait entrer des considérations de psychologie et d'esthétique importantes, mais sur un plan secondaire par rapport aux signes iconiques.

Les recherches du Groupe μ permettent au contraire de prolonger l'analyse sémiotique de la carte par l'approfondissement du concept de signe iconique et le développement de celui de signe plastique. Ainsi, nous pouvons justifier la recherche des apports possibles des domaines ouverts par les études sémiotiques nouvelles qui sont applicables en cartographie.

31. Notamment la thèse en cours de Jérémie Ory.
32. [Schlichtmann, 1985], p. 23.
33. [Head, 1984]
34. [Weger, 1999], http://fad.ensg.eu/moodle/course/view.php?id=9, visité le 16 avril 2012.

Ces domaines ouvrent des perspectives assez larges, puisqu'on y trouve une passerelle interdisciplinaire vers l'esthétique, la théorie artistique et l'histoire des arts.

2.4.4. Synthèse du fonctionnement des signes plastiques selon le Groupe µ

Dans le *Traité du signe visuel* le Groupe µ propose une étude du fonctionnement (types de signifiants, de signifiés et de relations) des trois grands types de signes plastiques : textures, formes et couleurs. Une synthèse de cette description est utile ici, pour repérer des moyens possibles de détection et d'analyse de ces signes, qui pourront devenir des pistes de mise en pratique. Ce fonctionnement est aussi étudié en design graphique, on y reviendra (cf. chapitre six).

- **Texture**
  - Signifiants (texturèmes) :
    - Grains, éléments individuels, regroupés pour produire une surface.
    - Répétition, rythme, pouvant être complexe.
  - Signifié global selon trois modalités :
    - Tridimensionnalité, profondeur. Distinction de deux plans (notamment du fond puis des formes ou plans formels).
    - Tactilo-motricité, rugosité tactile. Synesthétique.
    - Expressivité (rythme, répétition, hachure, grille).

Dans la texture se retrouvent aussi les évocations de la matière (grain du bois, trame de la toile, pixels de l'écran) et de la *manière* au sens pictural du terme : la façon de peindre, qui se traduit potentiellement par la forme et la taille des touches de pinceau.

L'exemple qui vient en tête à propos du potentiel de la texture pour la sémiose artistique est l'œuvre de Pierre Soulages (cf. figure n°38).

- **Forme**
  - Signifiants (formèmes) :
    - Position : relative au fond/cadre et au foyer de l'image
    - Dimension : relative, à l'image et aux autres éléments
    - Orientation : direction de la position, mouvement.
  - Signifiés :
    - Tension : attraction / répulsion
    - Dominance, rapport hiérarchique
    - Équilibre, stabilité, immobilisme

Un formème dominant va provoquer la sémiose. Les formes sont facilement objectivées car on les rapproche de notre connaissance expérimentale du comportement des solides dans la réalité en trois dimensions soumise à la force de gravité. Le sémantisme plastique de la

forme s'exerce particulièrement lorsque plusieurs formes sont en interaction pour exprimer des relations spatiales (de position) et notamment des relations d'isolement ou d'intégration à un groupe. La répétition de formes et le rythme de celle-ci peuvent former des groupes et des textures. Le rythme est un signifiant de niveau supérieur qui peut devenir un signe à part entière (dynamique, régularité, accélération, mouvement, etc.).

- **Couleur**
  - Signifiants (chromèmes, du point de vue perceptif) :
    - Luminance (luminosité)
    - Saturation
    - Dominante (teinte)
  - Signifiés des couleurs isolées :
    - Luminance : clarté, légèreté
    - Saturation : force, densité
    - Teinte : très variable, dépendant de l'expérience personnelle et de la culture

Certaines études psychologiques et anthropologiques ont essayé d'associer des qualificatifs à des couleurs, mais c'est une opération délicate car l'interprétation dépend de la culture et de l'environnement. Des associations synesthétiques assez générales existent cependant, par exemple la proximité entre les teintes bleu - vert et le froid, jaune-rouge et le chaud.

Les signifiants de la couleur isolée correspondent aux trois dimensions du modèle de couleurs dit Teinte-Saturation-Luminosité, qui permet de construire un cercle chromatique très utile pour représenter les relations entre couleurs (opposition, proximité, etc.).

La couleur isolée n'existe pas en pratique, il s'agit toujours d'une forme possédant une texture, dans le contexte d'un plan/cadre.

- Signifiés des couleurs en syntagme (en groupe) :
  - Harmonie / disharmonie
    - Couleurs analogues (même teinte, saturations proches ou même saturation, teintes proches)
    - De contraste : un chromème varie nettement alors que les deux autres sont proches
  - Tension - opposition / équilibre - neutralité
  - Différents types de contrastes :
    - Clair-obscur / saturé-désaturé
    - Chaud / froid
    - De complémentaires (teintes)
    - De quantité : dimensions des taches colorées (macules)

Toute couleur, en tant que substance du signifiant, est située en un point précis du cercle chromatique TSL. Cependant une couleur peut se positionner sur un ou plusieurs axes de signifiés, de contenus. La couleur sera toujours confrontée aux autres composants du signe plastique (forme et texture), et éventuellement à ceux du signe iconique, ce qui pourra renforcer ou affaiblir certaines interprétations (la fonction sémiotique de l'image totale).

Ces fonctionnements de la texture, de la forme et de la couleur ont été repérés, formalisés et complétés par les historiens de l'art, les théoriciens de l'esthétique appliquée et de la conception graphique (ou *design* graphique) (cf. chapitres cinq et six). Ils reprennent en partie des résultats de la psychologie, notamment de la Gestalt (cf. §1.2.1, *supra.*). On notera par ailleurs les types de signifiés qui sont exprimés (harmonie, équilibre, calme, force, …) : *on peut les qualifier de propriétés esthétiques*. Le lien est ainsi réalisé avec l'esthétique, domaine que l'on envisagera spécifiquement dans le chapitre suivant.

Il est important de noter ici que ces signes plastiques, ainsi décrits et catégorisés, complètent la boîte à outils classique du cartographe (notamment la *sémiologie graphique*), et ceci spécialement dans un domaine auquel elle n'avait pas encore été formellement étendue : celui de l'expression implicite de sensations et d'émotions. Il s'agit en outre d'un domaine qui a été repéré comme étant intéressant mais peu développé dans les recherches cartographiques (cf. l'introduction générale). Il est donc important de retenir ces signes pour une exploration de leur utilisation en cartographie, mais pour cela il faut étudier de plus près les modalités de leur manifestation. Sans être présentés en tant que tels ni que leur fonctionnement soit très clairement explicité, ces signes sont toutefois présents dans certains manuels de cartographie. Ces derniers font mention de questions « esthétiques » et de préoccupations de « beauté », comme par exemple celui de G. Weger à l'ENSG[35] (*ibidem*).

La description du fonctionnement des signes visuels, iconiques et plastiques, permet au Groupe μ de proposer des principes pour leur utilisation cohérente et raisonnée. Ces principes peuvent ensuite être étendus pour augmenter leur efficacité par un jeu sémantique et former une *rhétorique* du signe visuel.

2.5. Rhétorique de la communication visuelle et composition

La rhétorique se définit comme « technique de la mise en œuvre des moyens d'expression (par la composition, les figures) »[36]. Dans le langage parlé, elle correspond à l'éloquence. L'idée est donc d'utiliser au mieux les moyens d'expression disponibles pour produire une communication claire et persuasive. Transposée dans le domaine visuel et graphique, la rhétorique peut utiliser le fonctionnement des signes visuels pour retrouver des moyens équivalents aux figures de style et à la *composition* du langage. Les principes ainsi dégagés pourront être directement utiles à l'amélioration de l'efficacité d'une composition visuelle cartographique. L'originalité de cette approche, de cette description de variables visuelles et de leur coordination, permettra peut-être de mettre à jour des techniques nouvelles. Cependant il s'agit bien ici d'une *extension* de la fonction sémiotique de base, dans le but de provoquer un *surplus* d'interprétation. Cette exagération n'est pas sans risque, le premier d'entre eux étant naturellement de « perdre » le lecteur, de surestimer ses capacités de reconnaissance et de compréhension. La rhétorique ne doit

35. Ecole Nationale des Sciences Géographiques, qui forme les cartographes de l'IGN.
36. Le Petit Robert, 2011.

donc pas être considérée comme l'utilisation optimale des moyens d'expression, mais comme une surexploitation de ces moyens, une exagération contrôlée, en espérant développer l'efficacité de la composition.

2.5.1. Description du fonctionnement rhétorique visuel

Analysée très précisément en linguistique, dans une discipline spécifique qui est la stylistique, la rhétorique verbale a été décrite rationnellement :

> La rhétorique est la transformation réglée des éléments d'un énoncé telle qu'au degré perçu d'un élément manifesté dans l'énoncé, le récepteur doive dialectiquement superposer un degré conçu. ([Groupe μ, 1992], p. 255).

Plus concrètement, il s'agit donc d'une opération qui consiste à faire percevoir un signe implicite en plus d'un signe explicite par l'utilisation de certaines règles. Cette transformation est plus ou moins évidente, elle ajoute un « supplément de contenu » à l'énoncé, ce qui le renforce. En outre, ce jeu de langage peut suivre une forme conventionnelle et renvoyer alors à des figures de style, des façons de faire, qui sont codifiées (en poésie tout particulièrement). Le « récepteur », lorsqu'il a conscience de ces transformations, peut en retirer du plaisir (par exemple de la compréhension, de l'humour, du jeu), ce qui renvoie à la notion d'esthétique. Mais même sans que le lecteur en ait explicitement conscience, les exposés rhétoriques sont plus profonds, plus fournis. Un énoncé, qu'il s'agisse d'un texte comme d'une image, peut donc être rendu plus esthétique, au sens de plus agréable à lire, si des règles rhétoriques sont utilisées.

La transformation rhétorique présente les phases suivantes :

- présence dans l'énoncé d'un écart entre le signe attendu et le signe présent (allotopie)
- identification de l'écart par le lecteur
- réévaluation du signe et nouvelle interprétation

La différence entre la présentation habituelle, conventionnelle (mémorisée) d'une image et une présentation particulière utilisant une forme rhétorique va produire chez le lecteur une réaction de repérage, de reconnaissance puis de compréhension de cette différence. Le décalage va provoquer une relecture de l'image et sa ré-interprétation selon un nouveau sens. Il peut être jugé comme déviant, impertinent, choquant. Ce fonctionnement est d'ailleurs un des ressorts importants de l'humour visuel (caricatures notamment). La question reste posée du niveau de compréhension nécessaire au lecteur pour l'apparition de l'effet, pour l'identification de l'écart à la normale et de la stabilité de cette dernière.

Cette technique s'appuie sur les processus de détection et de reconnaissance automatiques de la perception humaine, qu'elle va prendre en défaut pour provoquer la prise de conscience. On retrouve ici les notions de similitude évoquées précédemment à propos de la description du processus de perception visuelle.

En cartographie, par exemple, l'anamorphose peut être comprise comme une figure de style rhétorique (cf. figure n°36, ci-dessous). L'énoncé visuel est une version déformée du modèle mental, sa perception provoque l'étonnement, elle pousse le lecteur à s'interroger pour en comprendre la cause et produire un nouveau sens, une nouvelle interprétation. Le degré perçu qui est présent dans l'énoncé, un fond de carte déformé, est complété (si l'opération fonctionne) par un degré conçu issu de l'interprétation du sens de la déformation.

figure n°36 : L'anamorphose cartographique comme figure de rhétorique visuelle.

Cet exemple est naturellement situé à un extrême des transformations rhétoriques utilisables en cartographie. Il en existe naturellement d'autres, plus subtiles, qui vont faire jouer des propriétés visuelles moins flagrantes.

2.5.2. Modalités du fonctionnement de la rhétorique visuelle

Le Groupe µ établit un programme d'analyse de la rhétorique visuelle ([Groupe µ, 1992], p. 257) :

- Quelles règles font qu'un énoncé apparaît comme différent, inhabituel, non acceptable ?
- Comment cette différence est-elle interprétée comme un nouveau sens ?
- Quels sont les rapports entre degré perçu et degré conçu ? (Rapports qui pourraient constituer une taxinomie des figures).

Ce programme aboutit à la définition de types de figures en rhétorique visuelle :

- Type 1 : Sémiotique visuelle iconique, les codes sont très formalisés. Les plans de l'expression et du contenu sont nettement distincts, la relation entre les unités de chacun des plans (signifiants et signifiés) est fortement stabilisée.
- Type 2 : Sémiotique visuelle plastique, les codes sont peu formalisés. Les plans de l'expression et du contenu ont des relations fluides, instables, et forment des « ensembles flous ».

Le découpage entre type 1 et type 2 n'est pas forcément net, car il existe des situations intermédiaires, notamment à cause de la formalisation variable des deux plans. La continuité du langage visuel (ne comportant pas forcément d'unités linguistiques nettement découpées et ordonnées) et son caractère analogique (des unités de langage qui ne sont pas fortement codifiées) vont en effet multiplier les occasions de mêler les signes iconiques et

les signes plastiques, dans une utilisation rhétorique. La carte, par son utilisation des différents types de signes visuels (iconiques, plastiques et même linguistiques avec la présence de textes), va être par définition un champ d'application mixte. Dans le domaine de la rhétorique plastique, le flou peut ne concerner qu'un des plans. Par exemple chez Vasarély, seul le plan du contenu, du signifié, est flou, le plan de l'expression, les signifiants graphiques, sont précis, géométriques.

Comment définir l'allotopie, cet écart moteur de la rhétorique, dans le domaine visuel ? L'écart est relatif, il se mesure par rapport à une forme de référence (nommée le degré zéro), considérée comme conventionnelle, habituelle. Cette règle peut être générale, issue du système (degré zéro général) ou à une règle interne à l'énoncé, l'image (degré zéro local). Ce degré zéro local, important dans la rhétorique plastique, est défini par l'isotopie même de l'énoncé, c'est-à-dire les régularités plastiques majoritaires dans l'image.

Dans la sémiotique visuelle iconique, il est relativement simple de produire et d'évaluer un écart à la présentation habituelle, puisque les règles du systèmes sont stables. Comme l'iconique est basé sur le partage de propriétés visuelles, la reconnaissance des figures, il suffit de remplacer un des éléments de l'image par un élément manifestement déplacé, différent, pour provoquer un écart. C'est le principe de fonctionnement des images comportant un élément figuratif incongru, un dispositif artistique très souvent utilisé, de façon humoristique ou non (cf. figure n°37, ci-dessous).

figure n°37 : René Magritte, « Le fils de l'homme », huile sur toile, 1964 (coll. privée)[37]

Dans la sémiologie visuelle plastique, la production de cet écart est plus difficile, car les codes externes à l'image, les conventions, habitudes, sont beaucoup moins stables et communs. Cependant il reste possible de repérer des isotopies locales, des régularités

37. Copyright ADAGP : http://bi.adagp.fr

internes, des degrés zéros locaux. Des énoncés visuels plastiques peuvent engendrer des régularités de forme, de couleur, de texture, toute rupture de cette régularité produit un écart. Ce fonctionnement est ici purement interne à l'image, à la différence de la rhétorique iconique ou la référence codifiée est souvent externe. La pomme du tableau de Magritte est incongrue dans le cadre d'un portrait car on ne la retrouve pas dans les autres peintures de ce genre, conventionnel s'il en est. À cela s'ajoute la nécessité que la redondance plastique soit suffisamment stable et intersubjective (partagée) pour que le fonctionnement rhétorique naisse ([Groupe µ, 1992], p. 265).

On peut en trouver des exemples dans l'art abstrait, non figuratif, basé sur des signes plastiques. P. Soulages emploie par exemple dans certaines de ses œuvres emblématiques des contrastes de texture et de luminosité (cf. figure n°38, page suivante). La quantité de surface occupée par chaque type de texture crée une régularité plastique locale, qui est perturbée ou contrecarrée par une autre texture de moindre surface. Cette analyse pourrait aussi être utilisée à propos de la couleur sur les œuvres bicolores de Mark Rothko (1903-1970).

figure n°38 : Pierre Soulages, Peinture 324x181cm, 17 novembre 2008, acrylique sur toile, coll. privée[38].

38. Photo: George Poncet, Archive Soulages / VG Bild-Kunst Bonn, 2010.

Il est tout aussi possible de retrouver des signes plastiques dans un tableau figuratif, iconique, selon un fonctionnement rhétorique où les deux aspects vont travailler ensemble, souvent à deux niveaux différents d'évidence, de lisibilité et de profondeur.

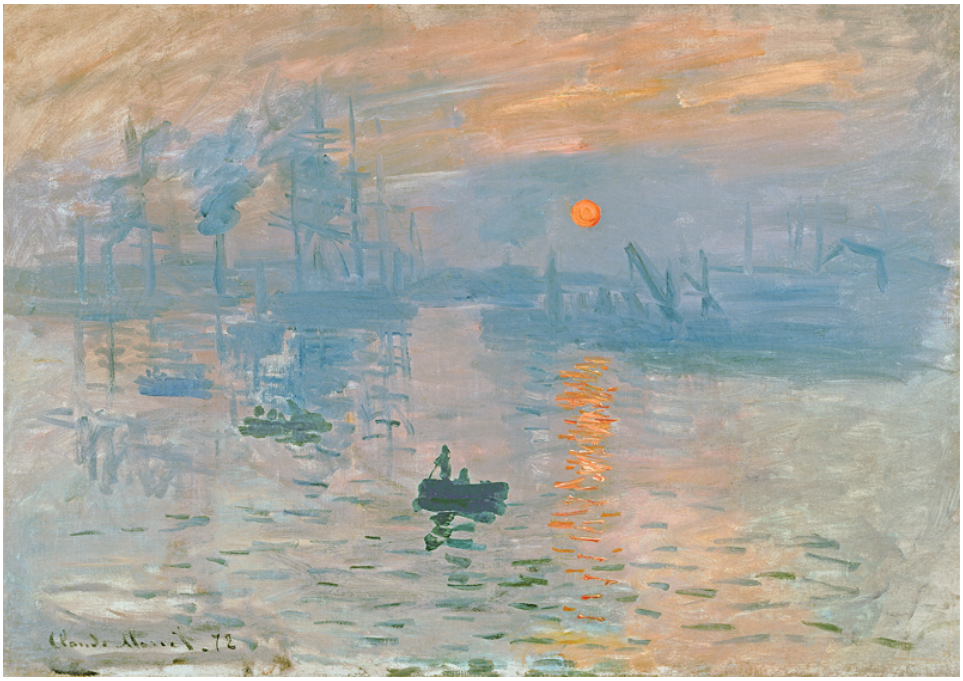


figure n°39 : Claude Monet, Impression, soleil levant, huile sur toile, 1872, musée Marmottan, Paris[39].

Dans « *Impression, soleil levant* » (figure n°39), qui est une œuvre remarquable sur bien d'autres aspects, on peut noter plusieurs signes plastiques :

- le jeu sur la densité des formes/textures : un ciel presque uniforme autour du soleil et, en contraste, de nombreuses vaguelettes dans la partie basse du tableau ;
- un rythme coloré présentant un double dégradé de couleurs complémentaires (bleu-mauve et jaune-orangé) ;
- un rythme de la figure de la barque, présente trois fois en alignement, mais avec une netteté décroissante (une véritable rime graphique).

En cartographie, la formalisation du plan de l'expression est fortement contrainte par la nécessité de représenter figurativement des formes existantes. A part l'anamorphose, dont l'allotopie est tellement importante qu'il faut surtout se préoccuper de la reconnaissance même de l'énoncé visuel, il n'existe que peu de possibilités évidentes de rhétorique visuelle iconique. Le problème de la projection, qui naît du besoin de représenter sur un plan une portion de la sphère terrestre, a généré de nombreuses solutions adaptées à des besoins variés (se déplacer, respecter les surfaces, etc.). La question qui se pose le plus souvent reste celle du choix de la projection en fonction de l'utilité de la carte, question difficile car d'une certaine complexité technique. Par ailleurs, les

39. Photo © Archives Larbor.

réalisations courantes ou « grand public », qui forment une sorte de référence implicite, posent souvent problème[40]. Ainsi le jeu sur une projection volontairement inadaptée, au titre d'une rhétorique visuelle, risque fort de passer inaperçu. Par contre, on a déjà vu des exemples d'utilisation de la déformation induite par un choix de projection inadapté dans le but d'évoquer des significations particulières, comme la projection de Mercator pour exagérer la « menace rouge » au temps de la Guerre Froide. La célèbre carte de la figure n °40 ci-dessous, utilise cette technique, complétée par un autre moyen de rhétorique graphique : la carte est centrée sur la Russie, le continent américain est relégué aux extrémités de la carte, découpé en deux parties. Le poids visuel de la Russie est renforcé, celui de l'Amérique du Nord, diminué[41].

figure n°40 : « Soviet threat to the world », [Tosević, 1954]

La cartographie est par définition une utilisation de la sémiotique iconique, on peut rechercher quelles sont les figures de la rhétorique visuelle qui sont utilisables.

40. Cf. [Jégou, Eckert, 2008]
41. A propos de la projection de Mercator, cf. [Monmonier, 2004]. Sur l'utilisation ou l'effet des projections en général, cf. [Klinghoffer, 2006].

figure n°41 : Carte d'Europe sans la France, imaginée par une revue satirique espagnole à propos d'un conflit sur la pêche de la crevette, cité par [Brunet, 1987], p. 29.

L'exemple extrême de la figure n°41 ci-dessus consiste en un remplacement iconique : la France est ôtée. Le fonctionnement rhétorique est assuré par la connaissance supposée du contour des côtes et pays d'Europe par le lecteur, et la détection du manque français. D'autres types de figures de style cartographiques iconiques sont courants, comme par exemple la surélévation artificielle des continents par l'utilisation d'un effet « 3D » ou d'un ombrage.

Le plan de l'expression iconique étant d'une utilité rapidement épuisée pour la rhétorique en cartographie, on peut essayer de trouver d'autres solutions du côté plastique. Le problème est alors de référer à une régularité externe assez connue ou d'arriver à créer une régularité interne qui puisse être perturbée. Le premier point est possible si l'on considère que l'objet carte fait partie de la culture générale, avec des propriétés plastiques régulièrement utilisées au point de créer une norme, une convention ou une habitude. Ainsi, il est possible de renforcer l'effet d'une carte thématique en utilisant une gamme de couleurs différentes des couleurs « habituelles », d'une façon qui soit plus ou moins explicite ou perçue consciemment par le lecteur.

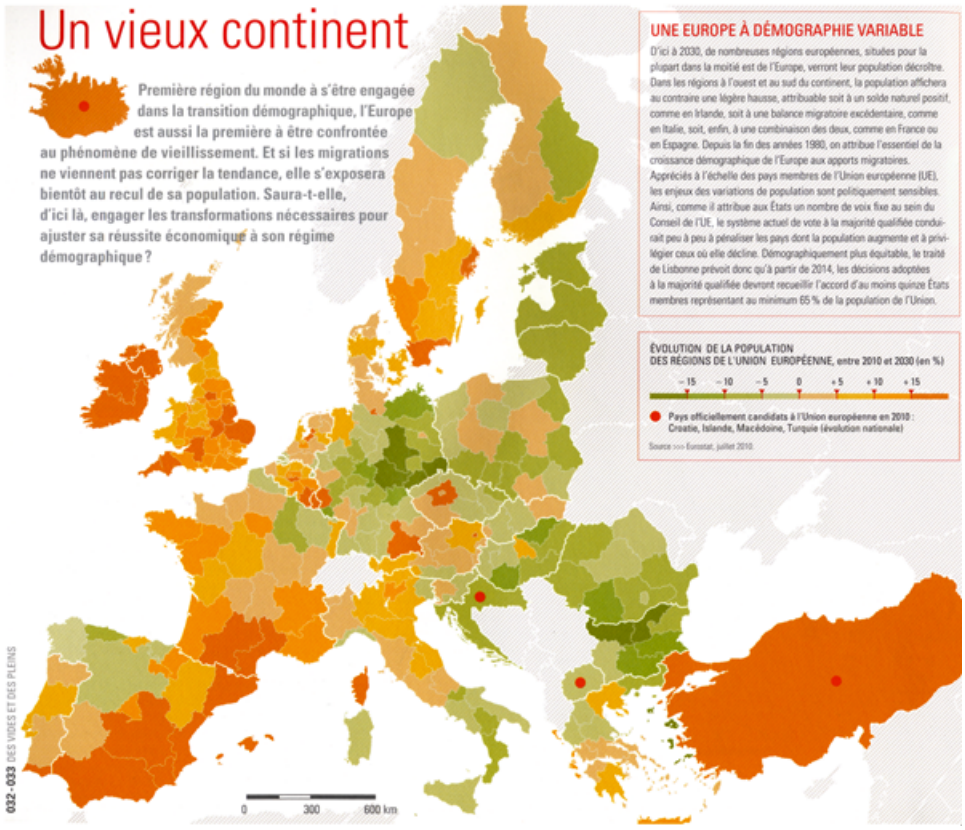


figure n°42 : Carte issue de « L'Atlas des Futurs du Monde », [Raisson, El Aktaa, 2010], p. 32.

La carte de la figure n°42 ci-dessus utilise volontairement une palette de couleurs décalée, désaturée, comme affadie, vieillie. L'ouvrage entier présente un jeu de rhétorique iconique et plastique sur les formes et les teintes, ce qui en fait un exercice de style très intéressant. Mais comment analyser le décalage des couleurs, en retrouver la méthode et les principes ? Cette piste sera examinée en troisième partie, chapitre neuf, à l'aide d'outils de mesure des rapports de couleur.

De la même manière, une carte est censée être un travail précis et rigoureux, ce qui se traduit graphiquement par des formes elles aussi précises et fines, auxquelles le lecteur est habitué, voire formé. Une figure de style plastique serait donc de s'écarter de cette convention pour utiliser des formes imprécises. C'est par exemple le choix de Philippe Rekacewicz, cartographe du *Monde Diplomatique*, dans plusieurs de ses productions éditoriales, depuis quelques années (cf. figure n°43, page suivante).

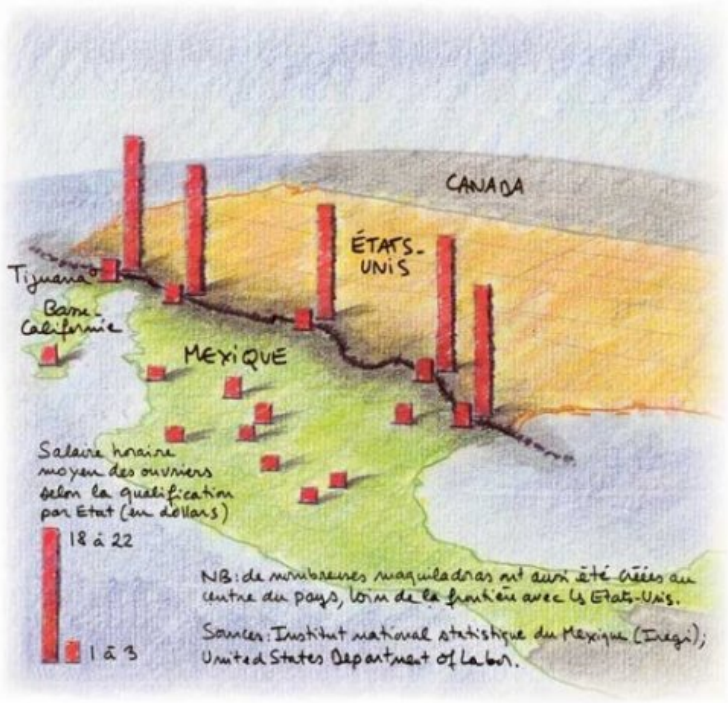


figure n°43 : Carte crayonnée de Ph. Rekacewicz, 2009, site Internet du Monde Diplomatique[42]

Ph. Rekacewicz explique son choix par le besoin de contact direct avec la carte qui permet de mieux retranscrire graphiquement son émotion, le moteur de son activité. L'imprécision n'est plus le signe d'une maladresse ou d'un manque de formation mais celui d'un retour à une production manuelle plus directe et une focalisation sur le message de la carte[43] plutôt que sur sa forme. Cette transformation plastique est donc nettement chargée de sens par son auteur. Dans les faits, la spécificité de ce style est plus une carte de visite, une marque de fabrique du cartographe, qu'une technique d'optimisation de l'efficacité de la carte.

Le Groupe μ[44] produit un tableau synthétique des modes de fonctionnement de la rhétorique visuelle, basé sur l'étude des rapports entre les deux entités de base de la rhétorique visuelle : le degré perçu et le degré conçu (cf. tableau n°2, page suivante).

42. http://www.monde-diplomatique.fr/cartes/maquiladoras, visité le 18 avril 2012.
43. Interview par B. Colombari : http://www.brunocolombari.fr/Philippe-Rekacewicz-Je-fais-des, visité le 18 avril 2012.
44. [Groupe μ, 1992], p. 271

Mode / Domaine		*In absentia* conjoint (IAC)	*In praesentia* conjoint (IPC)	*In praesentia* disjoint (IPD)	*In absentia* disjoint (IAD)
Linguistique		tropes	mots-valises	comparaisons, rimes	proverbes
Visuel	Iconique	tropes iconiques	interpénétrations iconiques	couplages iconiques	tropes iconiques projetés
	Plastique	tropes plastiques	interpénétrations plastiques	couplages plastiques	tropes plastiques projetés

tableau n°2 :Les modes de la rhétorique visuelle, [Groupe µ, 1992], p. 272

Ce tableau permet d'organiser ces modes, de les comparer avec la rhétorique linguistique, et de pouvoir trouver des exemples d'utilisation correspondants.

On organise ces modes à partir de deux caractéristiques :

- la présence des deux entités de la figure de rhétorique : degré perçu et degré conçu.
- la position relative de ces deux entités : conjointe (accolées ou assemblées, mélangées) ou disjointe.

2.5.2.1. *In abstentia* conjoint

Dans le cas où les entités ne sont pas présentes en même temps mais occupent le même espace, le degré conçu *remplace* le degré perçu au même endroit. Le remplacement d'un sens par un autre est la définition de la figure de style dite du trope. Dans le langage verbal, la forme la plus courante de trope est la *métaphore*, qui remplace un mot (un signifiant) par un autre pour provoquer une comparaison des signifiés et qu'un second signifié soit évoqué (conçu). Le Groupe µ cite l'exemple visuel iconique des bouteilles remplaçant les pupilles dans les yeux d'un capitaine Haddock particulièrement assoiffé (cf. figure n°45 ci-après). Dans le domaine plastique on peut imaginer le remplacement d'une forme par une autre qui était pourtant logique, attendue, dans une série. Par exemple, la série des Betelgeuse de Vasarély fait apparaître un carré dans des séries de cercles.

En cartographie, dans le domaine plastique, ce pourrait être l'utilisation d'une couleur à la place d'une autre, par exemple l'inversion d'une convention rouge/bleu pour marquer l'importance d'un phénomène négatif. C'est ce qu'ont utilisé D. Dorling et B. Thomas dans l'atlas « *People and Places, a 2001 census atlas of the UK* » pour la carte d'évolution de la population (cf. figure n°44 page suivante), où la variation négative de la population est indiquée par une gamme de rouges alors que la variation positive utilise une gamme de bleu, à l'inverse des couleurs habituelles (on remarque aussi l'inversion verticale de la présentation de la légende). On peut aussi citer les mappemondes où l'orientation habituelle a été inversée, le sud étant en haut de la page[45].

45. La plus connue d'entre elles étant la « McArthur's Universal Corrective Map of the World », cf. http://www.odt.org/southupmaps.htm (accédé le 14/12/12).

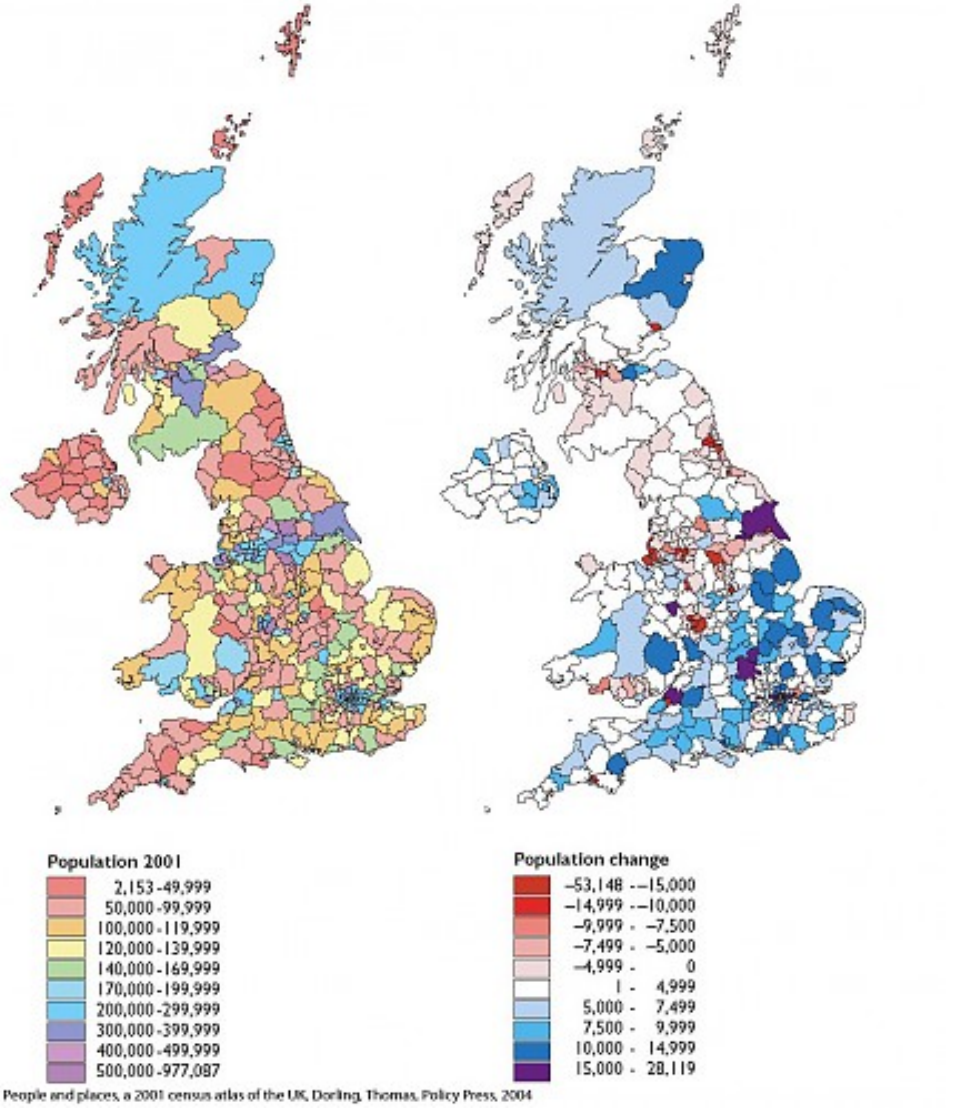


figure n°44 : Carte « *Population 1991-2001* », [Dorling, Thomas, 2004], p. 11.

Appliquée aux textures, cette figure de style rappelle la variable visuelle du grain (de la *sémiologie graphique*), qui peut renforcer l'effet de l'utilisation de la variable visuelle de forme : en plus de faire varier la forme de l'élément de base d'une texture (point, carré, lignes) on peut aussi faire varier en même temps sa granularité (taille et donc densité d'éléments). Appliquée à la forme, on peut citer l'exemple de la simplification des frontières de certains fonds de carte (généralisation) qui confine à la stylisation.

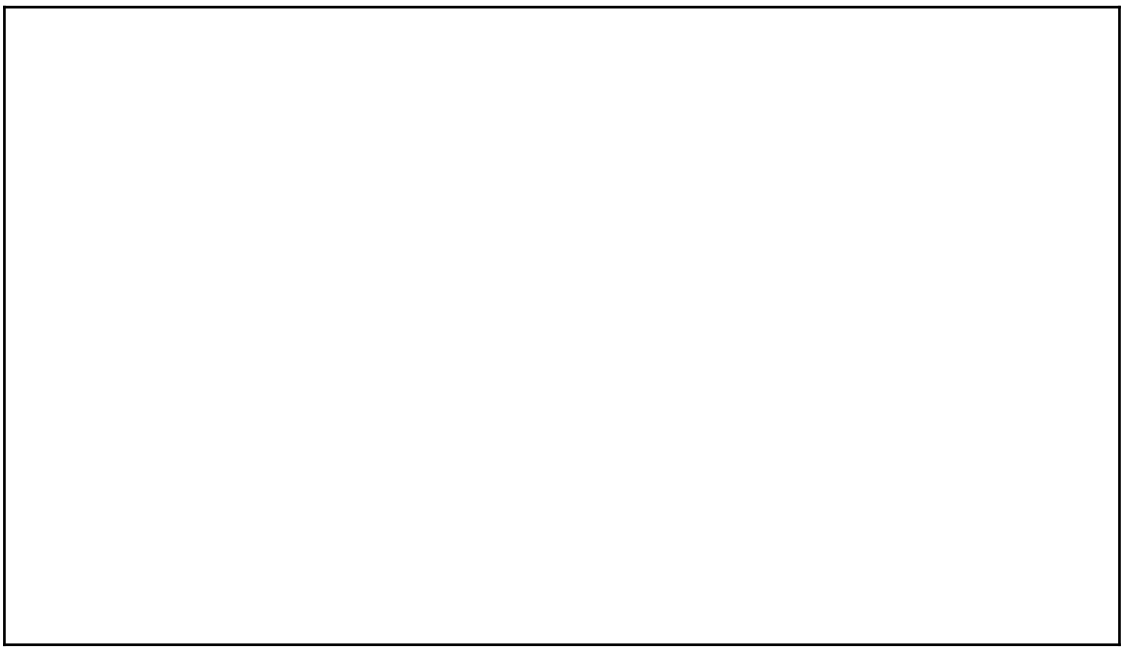


figure n°45 : Hergé, *Le crabe aux pinces d'or*, p. 33[46].

Un autre type de trope consiste à utiliser une partie d'un signe pour en évoquer la totalité, ou un élément pour le groupe, une figure appelée métonymie. Dans le langage c'est une figure souvent utilisée, par exemple dans l'expression « découvrir de nouvelles têtes », où l'on emploie tête à la place de l'individu entier, un type de métonymie appelé synecdoque. Dans le langage visuel, c'est une figure assez courante là encore, avec, par exemple, l'utilisation d'une partie d'un tableau pour évoquer l'œuvre ou l'artiste. C'est un fonctionnement essentiellement iconique puisqu'il implique la reconnaissance d'une partie d'un objet plus grand (ou un individu d'un groupe) et qu'il est difficile de provoquer cette reconnaissance sur une caractéristique plastique. On peut cependant trouver des possibilités en utilisant des formes simples avec, par exemple, un arc de cercle pour représenter un cercle entier. En cartographie on utilise souvent cette figure de manière forcée par manque de place, lorsqu'on utilise un cercle vide, voire un demi-cercle, à la place d'un cercle plein en légende. C'est aussi le cas lorsque l'on doit évoquer le reste d'un continent ou d'un pays sur une carte qui n'en représente qu'une partie.

2.5.2.2. *In praesentia* conjoint

Lorsque les deux entités sont co-présentes et conjointes, dans le domaine visuel, on obtient un mélange de leurs caractéristiques. Le Groupe µ propose l'exemple iconique de « la chafetière », d'après une affiche de l'artiste Julian Key pour la marque de café « chat noir »[47] (cf. figure n°46 ci-après). Les deux objets partagent une partie de leur forme. De nombreuses œuvres de M.C. Escher ou du dessinateur Plantu (cf. figure n°48 ci-après) viennent aussi à l'esprit. Sur le plan plastique, cette co-existence ou ce mélange de propriétés est beaucoup plus difficile à produire sans perdre la distinction des sens. La

46. © Société anonyme Moulinsart. Figure supprimée de la version en ligne du mémoire.
47. Cf. [Groupe µ, 1992], cahier d'illustrations central et [Minguet *et al.*, 1976]

détection figure/fond qui utilise la texture et la forme est très prégnante et va gêner la reconnaissance de deux caractéristiques plastiques imbriquées. Une des solutions consiste alors à changer de niveau d'analyse et ne plus considérer deux formes, textures ou couleurs juxtaposées comme deux entités, mais deux parties d'une même entité, grâce à une délimitation forte (cadre, ombre, etc.). Certaines œuvres de P. Soulages peuvent ainsi être observées à plusieurs niveaux, notamment les polyptyques.

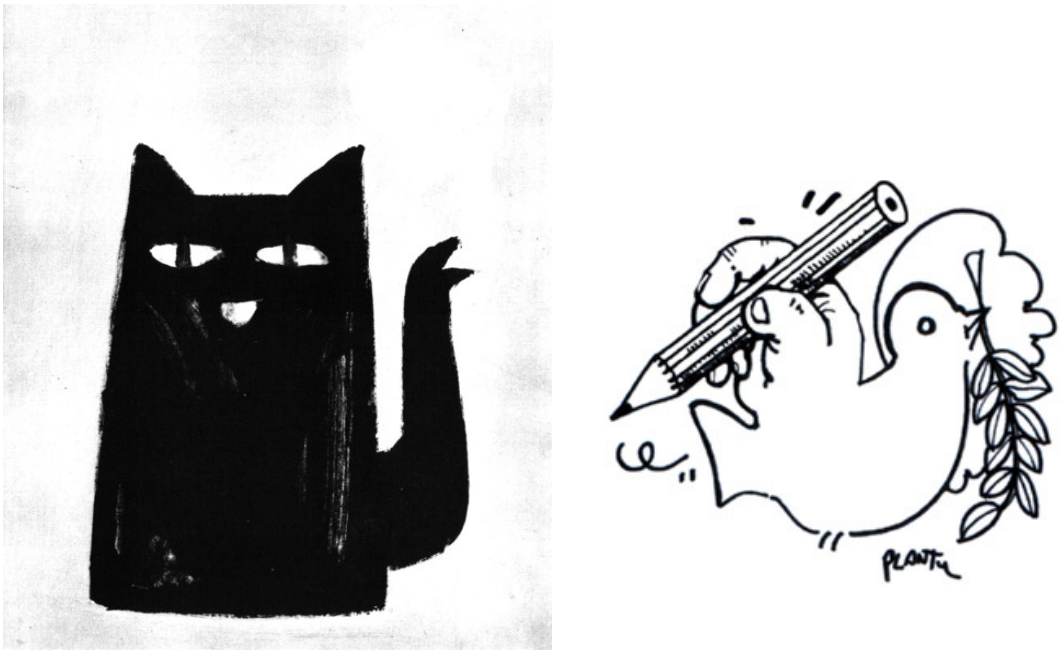


figure n°46 : « *La Chafetière* », Julian Key[48], « *La diplomatie du coup de crayon* », dessin de Plantu.

En cartographie, on a donc peu de chances de réaliser une telle figure de style visuelle, sauf à jouer sur la forme de symboles iconiques, ou à donner à une même entité géographique deux retranscriptions visuelles différentes, mais identifiables : la forme du pays est aussi la forme d'une image iconique, d'un symbole. C'est ce qui a été réalisé dans certaines caricatures cartographiques anciennes, où la forme même d'un pays est utilisée pour sa ressemblance avec des personnages (cf. figure n°47, page suivante).

48. Source de l'image : Revue Persée, vol. 29, n°29, 1976, p. 36. http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/colan_0336-1500_1976_num_29_1_4273

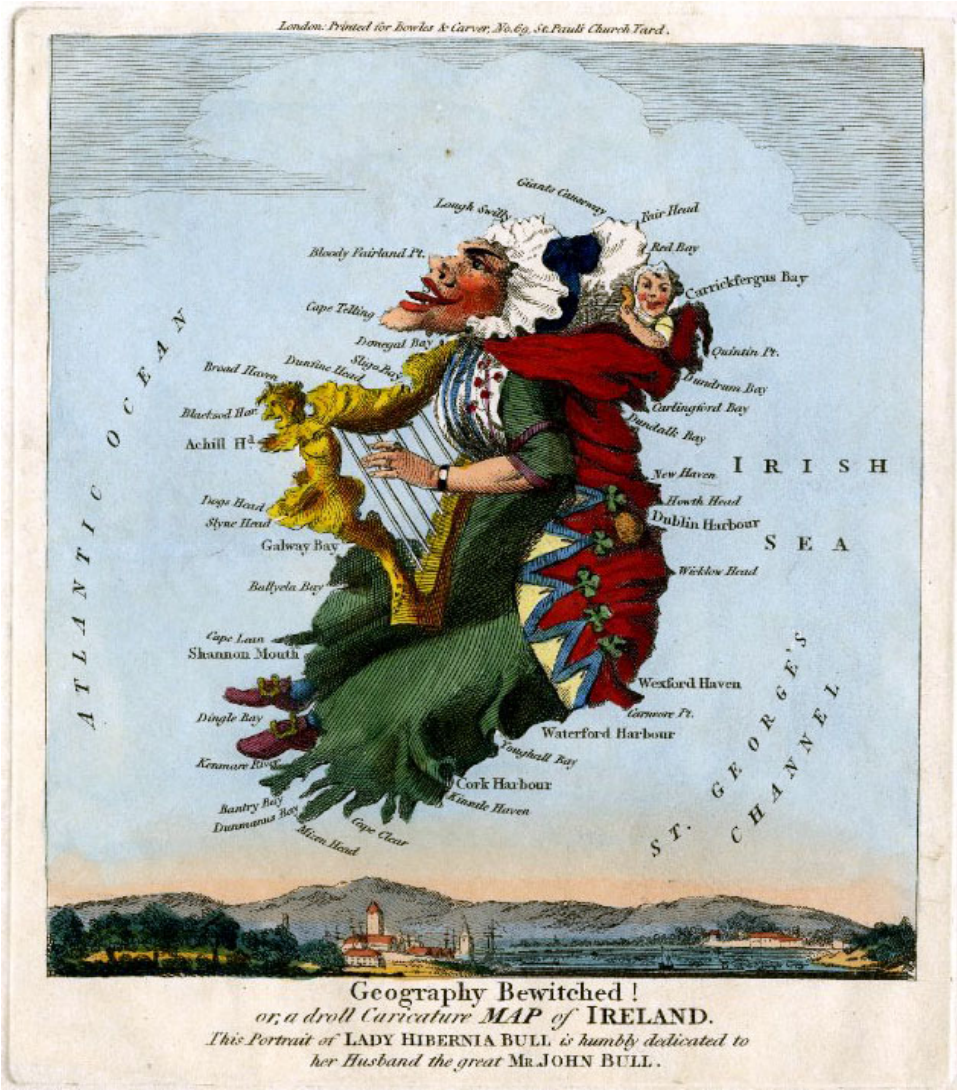


figure n°47 : « *Geography Bewitched !* », caricature de l'Irlande d'après Robert Dighton, 1793, British Museum.

Des exemples plus récents peuvent se trouver dans les dessins des caricaturistes modernes, comme ceux de Plantu, cf. figure n°48 ci-dessous.

figure n°48 : Dessin de Plantu, 1983.

2.5.2.3. *In praesentia* disjoint

Lorsque les deux entités (perçue et conçue) sont co-présentes et disjointes, on obtient une comparaison ou une rime. Ces comparaisons existent dans le domaine verbal (rimes poétiques), mais aussi dans le domaine visuel. C'est notamment une des formes les plus intéressantes dans le champ plastique. Les couplages plastiques, les comparaisons, sont en effet assez faciles à produire sans perturber l'aspect iconique de l'image. Concrètement, cette figure consiste à utiliser des *rimes visuelles* dans l'image, des rappels et comparaisons, ce qui conduit dans le domaine plastique à réutiliser les formes, textures et couleurs entre plusieurs éléments pour favoriser leur comparaison et créer un sens nouveau. Le surplus de sens peut naître du rapprochement entre deux signes différents de l'image, mais il s'agit souvent du renforcement du même signe, qui acquiert alors une structure plus profonde, sur plusieurs niveaux.

Le Groupe µ cite une autre œuvre de R. Magritte, « Les promenades d'Euclide », où le toit conique d'une tour médiévale est juxtaposé à un cône formé par la perspective d'un boulevard (cf. figure n°49 ci-après). La forme conique (plastique car non figurative dans le cas du boulevard) est répétée et provoque la comparaison entre les deux objets figurés. Simple jeu visuel ou métaphore plus subtile ?

figure n°49 : « *Les promenades d'Euclide* »[49], R. Magritte, 1965, huile sur toile, The Minneapolis Institute of Art[50].

Un autre exemple célèbre de rime plastique est l'estampe « *La grande vague de Kanagawa* », de l'artiste japonais H. Hokusai[51] (cf. figure n°50, page suivante)..

49. Dans cette image, une autre figure de style est « présente » : la toile de la peinture a été enlevée du chevalet, elle est remplacée par la vue de la fenêtre (trope iconique).
50. Image © ADAGP, http://bi.adagp.fr/
51. 神奈川沖浪裏, *Kanagawa-oki nami-ura*, 1830 ou 1831.

figure n°50 : « *La grande vague de Kanagawa* », H. Hokusai, 1830
estampe sur bois[52].

Dans cette estampe, les rimes visuelles sont nombreuses :

- Forme :
  - vague de premier plan et mont Fuji ;
  - creux des vagues et forme des barques ;
  - vagues, vaguelettes, entre elles ;
  - particules d'écume, neige et/ou cendres du volcan.

- Couleur :
  - blanc de l'écume, neige du mont Fuji ;
  - bleu des marins, bleu de la mer, bleu du mont Fuji dans le lointain.

Le jeu de la répétition sur la texture est plus difficile à reproduire, mais on le retrouve aussi sous la forme du *rythme* visuel. Le tableau « *Broadway Boogie-Woogie* » de Piet Mondrian évoque ainsi le rythme musical par une répétition linéaire de formes (cf figure n°51, page suivante).

52. De nombreuses reproductions de cette estampe sur bois sont disponibles de par le monde, l'œuvre étant tombée dans le domaine public.

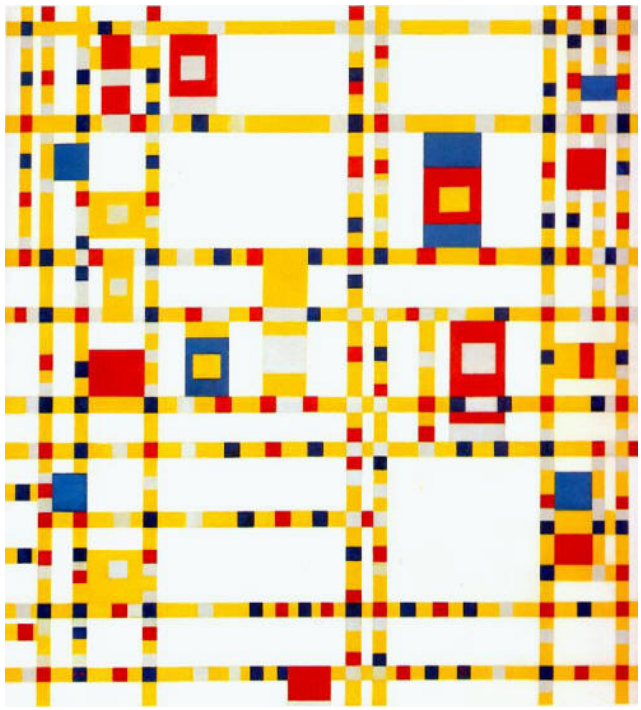


figure n°51 : « *Broadway Boogie Woogie* », Piet Mondrian, huile sur toile, 1942, MOMA, New York[53].

On le voit, cette figure de style est à la fois profonde et subtile, car son intégration visuelle n'est pas dérangeante. L'écart à l'habitude qui définit l'action rhétorique est ici moins flagrant et peut s'appliquer sur une plus grande profondeur. L'action rhétorique est moins explicite.

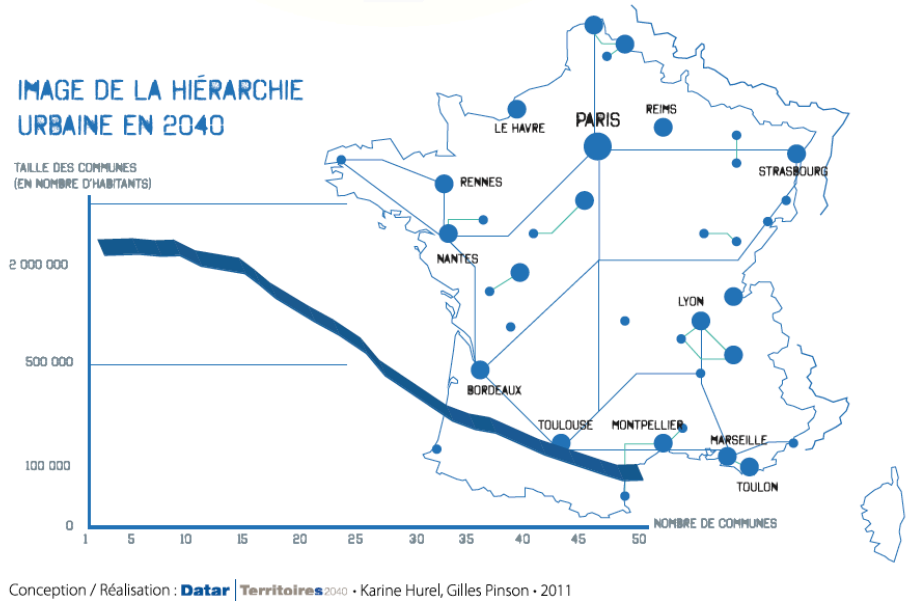


figure n°52 : Les rimes plastiques en cartographie, exemple d'une carte de K. Hurel et G. Pinson pour la revue *Territoires 2040*, n°4, 2011.

53. Image © Mondrian Trust, http://mondriantrust.com/.

En cartographie cette figure peut donc être intéressante car assez subtile tout en gardant son efficacité. Le renforcement du sens peut avoir lieu par différents moyens visuels coordonnés, sans qu'il y ait reconnaissance explicite.

Sur la carte de la figure n°52 de la page précédente, on remarque plusieurs rimes plastiques :

- la forme du réseau reliant les villes dont les angles rappellent ceux du graphique et ceux du fond de carte utilisé, généralisé en utilisant des lignes brisées ;
- une répétition des frontières de l'est du pays, donnant une impression de profondeur et de mouvement ;
- une variation de valeurs de la couleur bleu.

2.5.2.4. *In abstentia* disjoint

Dans ce mode, une seule des deux entités est présente (perçue), l'autre (conçue) étant extérieure à l'énoncé, mais projetée sur celui-ci. En rhétorique linguistique, ce fonctionnement est celui des proverbes : plus abstrait qu'une métaphore, puisque le degré conçu est totalement absent de l'énoncé. Par exemple dans le proverbe « Tant va la cruche à l'eau, qu'à la fin elle se brise. », le sens perçu d'une cruche usée évoque le sens conçu de l'issue prévisible de tout exercice répétitif. Dans le domaine visuel ce type de figure se retrouve dans l'évocation iconique par les formes d'autres objets, absents de l'énoncé. Il faut donc alors que l'objet évoqué soit assez célèbre pour que sa seule forme suffise à le reconnaître. Par exemple, la courbe des piliers de la tour Eiffel (plastique) et sa forme globale (iconique) ont été réutilisées de nombreuses fois, dans le design, en mobilier, en architecture. Un autre exemple iconique plus classique est celui de la forme du croissant de lune. Dans le mode plastique, on peut aussi utiliser une évocation par l'utilisation d'une gamme de couleurs. Le domaine de la mode (étudié déjà en sémiotique par R. Barthes) utilise régulièrement des coloris et des gammes colorées pour évoquer un certain nombre de sens, de sentiments (souvent classés par saisons). La carte de la figure n°42, tirée de l'*Atlas des Futurs du Monde*, évoquée précédemment, utilise pleinement cette figure de style visuelle par une palette nettement décalée dans sa saturation et sa luminosité, qui distingue cet ouvrage des autres atlas statistiques.

La sémiotique est une approche d'un grand intérêt pour notre question de recherche. La sémiotique s'est intéressée aux progrès de la psychologie de la perception pour les prendre en compte dans ses modèles de description de l'interprétation des images, ce qui a permis de retrouver des idées évoquées au chapitre précédent. Grâce à ses développements à propos des images, on a pu compléter le modèle de lecture de la carte, en s'intéressant à son organisation en signes et à son interprétation. Ou plutôt ses interprétations, car on a vu que les significations évoquées par l'image cartographique sont forcément multiples, à plusieurs niveaux, dépendantes des lecteurs.

La sémiotique visuelle apporte beaucoup à la cartographie lorsqu'elle décrit le fonctionnement des signes iconiques, qui constituent naturellement l'essentiel de la boîte à outils du cartographe. Un apport moins connu mais très intéressant se trouve par ailleurs dans le concept de signe plastique et dans la rhétorique visuelle. L'idée qu'il puisse exister des signes non iconiques mais plastiques, basés sur des propriétés formelles, pourrait être une base intéressante pour compléter le modèle de lecture de la carte en expliquant une partie de ses interprétations possibles, qui échappaient jusqu'alors à l'analyse. Les signes plastiques peuvent en effet avoir un rôle expressif important, alors que leur présence peut être involontaire du point de vue du concepteur et non explicite du point de vue du lecteur. Les signes plastiques sont par nature très liés aux capacités physiologiques et cognitives de la perception visuelle humaine. Ces signes constituent en outre le support d'une grande partie de l'aspect esthétique d'une image, ils forment la base de propriétés esthétiques. Leur utilisation rhétorique est de plus variée et puissante, l'examen des différentes modalités rhétoriques visuelles a permis de caractériser certaines formes originales de cartographie et d'en imaginer de nouvelles.

La sémiologie graphique de Jacques Bertin décrit une partie du fonctionnement de ces signes plastiques (par exemple à propos de la couleur), mais il est possible d'aller plus loin pour prendre en compte des effets expressifs indirects, plus subtils, qui font notamment appel à la notion de composition. La composition elle-même constitue en effet un signe plastique, la façon dont interagissent les éléments d'une image pouvant exprimer du sens et des émotions esthétiques. Le Groupe μ a ainsi proposé une liste de signes plastiques explicites et implicites qui étend ceux étudiés par J. Bertin. Les signes plastiques implicites sont enfin d'un intérêt tout particulier ici, car on peut faire l'hypothèse de leur implication probable dans la manifestation ou l'interprétation de propriétés esthétiques, à cause de leur nature formelle et de leur perception avant tout sensible, émotive.

La carte, en tant qu'outil de représentation et en tant qu'image, est fortement et forcément *polysémique*. Sa profondeur, sa richesse dans la signification, l'expression, dépasse le simple aspect utilitaire de communication directe. Elle va supporter et favoriser l'apparition de propriétés esthétiques multiples, selon un déroulement qui n'est pas forcément conscient pour le lecteur ni prévu par le concepteur.

Au final, on constatera donc une grande complexité dans les signes iconiques et plastiques, leur assemblage n'est pas toujours volontaire, conscient et leur interprétation pas toujours facile à prévoir. On peut donc remarquer un manque d'outils spécifiques, d'assistance à la conception ou à l'analyse, qui permettraient de simplifier l'image selon différentes modalités sémiotiques pour faciliter cette approche. Le fait que les propriétés qui forment le signifiant des signes plastiques soient concrètes, graphiques, peut laisser espérer des possibilités dans ce cadre, par exemple pour aider à les détecter et à évaluer leur possible activation rhétorique (par un repérage de l'allotopie par exemple).

Enfin, on peut remarquer qu'avec cette approche sémiotique, nous sommes passés d'un modèle de lecture de la carte visant à mettre en évidence les problèmes potentiels de perception et de compréhension à un modèle qui cherche en plus à intégrer les sensations, et notamment les sensations plaisantes, qui vont renforcer l'intérêt du lecteur pour la carte. Ces sensations plaisantes, que l'on rapproche des propriétés esthétiques, méritent donc qu'on s'y intéresse, en examinant plus précisément ce qu'elles recouvrent ainsi que le substrat et la façon dont elles peuvent apparaitre.

Chapitre 3

Les propriétés esthétiques : origines et fonctionnement

Introduction

Au cours des chapitres précédents, nous nous sommes intéressés à la lecture de la carte du point de vue de sa perception et de son interprétation, dans l'objectif de repérer des éléments intéressants à prendre en compte pour les méthodologies de conception et d'analyse des cartes thématiques. Ce faisant, l'approche sémiotique a permis de remarquer des modalités d'interprétation des images qui interviennent sur un type de signes mal pris en compte jusqu'à présent en cartographie : les signes plastiques implicites et, plus largement, ceux qui expriment du sens de façon non consciente mais cependant active. Ces signes se manifestent par des sentiments et des idées. L'expression de ce type de significations et leur interprétation par le lecteur correspond à l'une des questions principales de notre problématique, celle des propriétés esthétiques de la carte. Ces propriétés prennent en effet la forme de sentiments, d'impressions, tirés de l'aspect visuel de la carte, et évoquent les concepts de style et de figures de style.

Par ce moyen, peut-on considérer les propriétés esthétiques comme des signes qui sont exprimés par l'image cartographique, potentiellement interprétés par le lecteur sous la forme de sentiments et d'idées ? En ce sens, la carte peut-elle être étudiée en tant qu'œuvre d'art ? Qu'est-ce qu'une œuvre d'art ? Que sont les propriétés esthétiques ? La sémiotique peut servir de passerelle conceptuelle entre la cartographie thématique et des disciplines qui s'intéressent à l'expression esthétique, la première d'entre elles étant naturellement l'esthétique philosophique, qui constitue un guide pour mieux définir et comprendre ces propriétés.

3.1. L'œuvre d'art et les propriétés esthétiques, des concepts applicables à la carte ?

3.1.1. Qu'est-ce qu'une œuvre d'art ?

Avant de pouvoir étudier la carte avec les outils de l'esthétique, il faut tout d'abord définir ce qu'on entend par œuvre d'art puis les modalités selon lesquelles la carte peut prétendre à cette qualification. En quoi consiste être une œuvre d'art ? Souvent cette

question n'est plus posée, elle est considérée comme dépassée, mais dans les faits elle reste une question ouverte, débattue.

Dans l'histoire des idées, la notion même d'art contient une ambiguïté conceptuelle originelle. L'approche platonicienne identifie cette ambiguïté, entre d'une part une activité réglée et nécessaire (technique, savoir appliqué) et d'autre part une activité réglée seulement en apparence, qui ne produit d'ailleurs que des apparences, des faux-semblants. Socrate dans le *Gorgias* de Platon[54] définit d'ailleurs la rhétorique comme une suite de « recettes » qui joue sur l'apparence de la technique. On retrouve l'idée de la liaison entre art et rhétorique, jeu sur le sens. La notion d'art a subi une évolution importante de sa signification, partant d'une quasi équivalence avec l'artisanat (technique) et aboutissant à une pratique presque prophétique de la part de génies. La cartographie est elle-même souvent décrite comme étant à la fois une technique et un art, ambiguë ou multiple[55]. Les philosophes grecs définissaient la beauté par le sentiment agréable que l'on ressent à la contempler (ou plus généralement à l'expérimenter). L'origine de ce sentiment se trouvait dans la découverte de propriétés, comme l'harmonie, l'équilibre, les proportions justes, mais aussi la splendeur et l'éclat du vrai (Platon). Cette définition garde son importance, comme on le verra dans les chapitres suivants concernant la théorie de l'art et le *design* graphique. Mais c'est avec E. Kant et la *Critique de la raison pure* que le sensible s'autonomise par rapport à l'intelligible[56]. L'œuvre d'art devient un objet à part entière, et non plus un simple véhicule pour un sujet « noble » ou dans lequel la « vérité » devait transparaître. L'émotion issue de la sensibilité acquiert une valeur.

> Pour la première fois, la beauté acquiert une existence propre. Elle est un phénomène que l'on peut observer et commenter. [Ferry, 1990]

En 1829, Jacques-Nicolas Paillot de Montabert, artiste peintre français mais aussi théoricien, publie un volume titré « *Traité complet de la peinture* », où il écrit notamment :

> Je pose donc en principe que le beau général se compose du beau sensible, que j'appelle beau optique, toutes les fois qu'il s'agit de la peinture, de la sculpture, de ce qui est visuel enfin; et du beau pour l'esprit ou intellectuel, et qu'on peut appeler bon ou convenance.[57]

Les philosophes observant les styles qui se développent après cette évolution remarquent un glissement de la fonction de l'œuvre d'art : l'artiste ne cherche plus d'abord à représenter un sujet, mais à jouer avec ses moyens de représentation (F. Hegel), à déclencher des séries d'images et de sentiments chez le spectateur (J-P. Sartre, P. Francastel), à représenter *l'expérience* que nous avons des choses plutôt que leur apparence supposée (M. Merleau-Ponty à propos de Cézanne). L'art moderne puis l'art contemporain ont bousculé les définitions de l'art, notamment parce que certaines œuvres ne pouvaient plus être immédiatement comprises (interprétées), reliées à une généalogie artistique, rapprochées d'une histoire ou d'un style, leur sujet identifié.

54. Cf. [Platon, 2007]
55. Cf. annexe n°1, §7, et par exemple [Robinson, 1952]
56. [Kant, 1781], cité par [Chalumeau, 2002], p. 15
57. [Montabert, 1829], p. 49.

La beauté réside donc dans la reconnaissance ou l'expérience de certaines propriétés, qu'on nommera esthétiques. L'objet de l'esthétique en philosophie est cette définition de l'art, de la capacité de juger esthétiquement, du goût, des propriétés esthétiques. Cette problématique est plus précisément celle de l'ontologie esthétique, une branche de la philosophie analytique. On suivra plus particulièrement les pas de R. Pouivet dans la découverte de cette discipline, qu'il considère comme l'un des domaines où la philosophie a le plus progressé récemment. Le propos ici n'étant pas de résumer artificiellement des siècles de débats, on s'en tiendra à des définitions modernes et opératoires, qui nous permettent de faire avancer notre questionnement à propos de ces objets particuliers que sont les cartes.

L'esthétique analytique moderne propose la définition suivante d'œuvre d'art :

> « L'œuvre d'art est un artefact dont le fonctionnement esthétique détermine la nature spécifique. Les artefacts n'existent pas indépendamment de croyances, pratiques et traditions de personnes appartenant à des communautés culturelles dont ces œuvres sont corrélatives. »[58]

Plusieurs éléments importants de cette définition sont à relever :

- l'œuvre d'art est un artefact, un objet construit par l'homme.
- cet objet devient œuvre d'art par son fonctionnement esthétique.
- ce fonctionnement est attribué intentionnellement par un sujet, en fonction d'une culture.

Le cœur de la qualification artistique tient dans cette idée de fonctionnement esthétique, qu'il va falloir, à son tour, définir et décrire. Il correspond au fait que certains objets sont utilisés d'une manière spécifique, dans la mesure où on leur affecte des propriétés et un intérêt esthétiques :

> « Fonctionner esthétiquement consiste à signifier en décrivant, dépeignant, représentant, exemplifiant, exprimant ou, en général, en faisant référence à quelque chose ou en voulant dire quelque chose. » R. Pouivet (*ibidem*, p. 254).

Il faut noter ici la très forte implication de la sémiose dans la définition même de l'art. On y reviendra ci-après pour mobiliser les acquis du chapitre précédent (sémiotique) et s'intéresser à l'aspect esthétique des cartes au-travers de cet angle.

Le fonctionnement esthétique se manifeste par une interaction bien différente du public avec ces objets d'art : des comportements esthétiques eux aussi. Ces comportements sont intentionnels, différents des comportements utilitaires ou fonctionnels qu'on pourrait avoir avec le même type d'objet dans d'autres circonstances. Par exemple, on va lire un roman, voir un film, admirer un tableau, sans rechercher forcément à en retirer des informations pratiques, mais pour expérimenter des sensations agréables. Cette partie de la définition suppose aussi que l'on reconnaisse l'œuvre d'art pour qu'on puisse la catégoriser comme telle, ou au moins qu'on l'identifie et qu'on la considère différente et agréable, qu'on l'expérimente selon certains critères spécifiques.

58. [Pouivet, 2010]

Comme le formule Ch. Metz dans son compte-rendu de la *sémiologie graphique* de J. Bertin :

> Le signe ne devient symbole que pour ceux qui sont capables de faire l'analogie pertinente. [Metz, 1971]

À l'inverse, dans la laideur entre beaucoup d'incompréhension[59]. Enfin, certains auteurs, influencés notamment par le paradigme du *design*[60], considèrent que pour être une œuvre d'art, un objet doit posséder une correspondance satisfaisante entre sa forme et son contenu, son fond[61].

Selon cette définition, l'œuvre d'art se définit donc par les comportements qui s'y appliquent. Cela pourrait laisser à penser que le fonctionnement esthétique est entièrement subjectif[62] et déconnecté des propriétés physiques mêmes des objets. En fait, les propriétés esthétiques pourraient alors être complètement inconnaissables. Ces trois propositions sont les axes du débat entre les courants philosophiques qui cherchent à définir l'œuvre d'art.

On le voit, la définition de l'œuvre d'art est complexe. Elle constitue d'ailleurs encore un sujet de débat actif en philosophie esthétique.

3.1.2. Carte et œuvre d'art ?

Selon la définition de l'œuvre d'art ci-dessus, quel est le statut de la carte ? Étant un artefact, la première condition est remplie. La condition suivante pose ensuite problème : la carte peut-elle fonctionner esthétiquement ? C'est-à-dire être l'objet d'une pratique esthétique par des sujets (le public comme les auteurs) conscients de ce comportement ? La dernière condition, enfin, est aussi problématique : celle de la motivation de l'auteur à produire explicitement quelque chose d'artistique.

Il existe un usage, un fonctionnement esthétique de la carte, assez connu et souvent repris dans les exemples à propos de leur aspect artistique : celui de la carte ancienne exposée de manière décorative, comme une œuvre picturale. Il s'agit d'une carte à l'origine dessinée pour une fonction utilitaire réelle que l'on utilise désormais au titre d'ornement. Cette image possède donc des propriétés esthétiques pour la personne qui l'utilise ainsi. Comme le formule D. Hume :

> « Il existe certaines qualités dans les objets qui sont adaptées, par nature, à produire des sentiments particuliers de plaisir. » [Hume, 1739]

En quoi cette carte ancienne exposée possède-t-elle de nouvelles propriétés par rapport à son état d'origine ? Qu'est-ce qui, dans cette carte, motive un comportement esthétique ? En somme, quelles sont les propriétés esthétiques qu'on lui trouve ? Ce type de

59. Cf. la réception du *Miracle de l'Esclave* du Tintoret, selon [Chalumeau, 2010], p. 4.
60. On s'y intéressera plus loin, ch. 6.
61. [Eldridge, 1985], cité par J.S. Keates.
62. Ce qui correspond à l'opinion dite du relativisme, c'est-à-dire d'une définition uniquement par la relation à un sujet.

fonctionnement de la carte correspond bien à la deuxième condition énoncée ci-dessus, c'est-à-dire d'être le sujet d'un usage esthétique, dans le cadre d'une culture, de pratiques sociales.

En se référent à des exemples célèbres comme les cartes colorées d'Abraham Ortelius[63], ou plus récemment aux cartes dites de Cassini, on peut essayer de relever les raisons plus ou moins explicites de leur utilisation en tant qu'œuvres d'art :

- il s'agit d'objets anciens, ayant une valeur historique, patrimoniale, de témoin d'une époque passée ;
- ce sont des représentations de la somme de connaissances géographiques à un moment donné. Elles représentent une concentration de savoir souvent durement acquis (voyages, explorations, compilations, etc.) ;
- elles présentent des formes graphiques complexes, mais reconnaissables comme faisant partie du type « carte » : continents, océans, titre, légende, mentions, etc.
- ces formes graphiques peuvent présenter des propriétés visuelles formelles esthétiques (harmonie, dessin précis, libellés calligraphiés, etc.) ;
- leur décalage avec une connaissance moderne de la géographie forme une figure de style rhétorique (*in abstentia conjoint*, donc un trope, une métaphore du présent évoqué par la connaissance passée).

Cette description rapide des caractéristiques des cartes anciennes utilisées en tant qu'œuvres d'art permet donc de distinguer deux types de propriétés : celles qui sont évoquées lorsque l'on imagine la conception de ces objets à l'origine, qui sont des croyances que l'on développe en fonction de sa culture, et celles dont la base est constituée de propriétés visuelles, plastiques, qui, à leur tour, vont évoquer des idées, permettre des interprétations et exprimer du sens. Pour reprendre le vocabulaire sémiotique, on a des signes iconiques (que l'on reconnaît à leur ressemblance avec des objets du monde réel) et des signes plastiques (dont la forme graphique va constituer la source du sens, comme la forme, la texture, la couleur et la composition). Ce double fonctionnement sémiotique et[64] esthétique se retrouvera aussi sur les cartes modernes, mais l'utilisation esthétique explicite sera forcément moins évidente que pour une carte ancienne exposée.

Dans le cadre de cartes plus récentes, peut-on parler de volonté esthétique de la part de leur auteur, c'est-à-dire de la conscience de vouloir produire une œuvre d'art, selon la définition évoquée ci-dessus ? A propos des cartes anciennes, cette ambiguité n'existe quasiment pas, car, comme le relève M.A. Brayer :

> « Jusqu'au XIX^{ème} siècle, la carte de géographie fut appréhendée comme une parabole de la peinture, réduite comme elle à transposer le monde sur une surface plane. Au Moyen Âge, la carte de géographie était considérée comme une *imago*, au même titre que la peinture ou la sculpture. » [Brayer, 1995]

63. Géographe et cartographe flamand du XVI^{ème} siècle, connu pour être l'auteur du premier véritable atlas, le *Theatrum Orbis Terrarum*, en 1570. Cf. figure n°191, ch. 9.
64. On exagère ici quelque peu, toute réalisation cartographique ne posant plus ce type de questions philosophiques (hélas ?).

Cette question est importante car elle conditionne la possibilité d'utiliser l'approche esthétique pour l'objet cartographique et croise un débat important dans le domaine plus large de l'infographie, à propos de l'implication d'une conception subjective de la représentation de l'information dans une opération essentiellement scientifique. C'est le problème récurrent en épistémologie des sciences humaines, ou les techniques et méthodes sont tiraillées entre positivisme et métaphysique.

Il est possible de répondre à cette interrogation par deux arguments différents. Premièrement, dès les premières réflexions sur la cartographie en tant que science (cf. annexe n°1), l'aspect esthétique des cartes est considéré comme réel et utile. En faisant un rapide survol des principaux manuels de cartographie (donc de formation des auteurs de cartes), ce point de vue est toujours présent, à des degrés divers il est vrai, mais néanmoins il n'est jamais nié que la carte puisse avoir un fonctionnement esthétique actif[65]. Le cartographe est donc formé à la fois à la rigueur méthodologique (surtout dans le cas d'une formation basée sur la *sémiologie graphique* de J. Bertin), mais aussi à créer des artefacts agréables à lire. Toutefois, il est évident que la motivation du cartographe est avant tout de transmettre une information spatiale : cet objectif le contraint beaucoup plus fortement, par rapport à l'artiste devant une toile blanche. Si des possibilités existent pour que le cartographe puisse faire intervenir des propriétés esthétiques dans son travail de composition, on le verra dans les chapitres qui suivent, il n'en reste pas moins limité. Il se doit de ne pas trop dévier des modèles du genre pour produire une image qui reste reconnaissable et compréhensible.
Deuxièmement, la carte reste intrinsèquement une image et ne peut se dispenser d'être évaluée selon des critères s'appliquant aux images en général, en fonction de leur contexte et de leur public. J.S. Keates parle de « *graphic creation[s]* », et nous dit qu'en tant que telles, les cartes peuvent avoir un intérêt spécifique, en supplément de leurs propriétés fonctionnelles évidentes[66]. Pour lui, la carte est une création graphique, elle affecte inévitablement son lecteur par son apparence. Le lecteur devient alors acteur, par son interprétation il crée du sens. Ces interprétations des lecteurs ne se basent pas toutes sur des signes iconiques et explicites, tels ceux qu'on trouve en légende[67]. Dans de nombreux cas, la carte, même moderne, est appréciée en-dehors de toute utilisation fonctionnelle, utilitaire, pour son aspect d'image esthétique.

Enfin, il reste, dans la confrontation de cette définition de l'œuvre d'art avec la cartographie thématique moderne, l'idée du fonctionnement, donc de l'usage esthétique, un usage qui serait différent de l'usage fonctionnel ou utilitaire et inséré dans des pratiques culturelles et socialement organisées. Dans cet aspect d'*usage esthétique*, c'est bien un comportement du public de la carte qui est concerné. On peut prendre en compte ici un intérêt de ce public à apprécier l'utilisation et la lecture des cartes. Même reconnue comme étant une carte, cette image particulière sera *aussi* lue et catégorisée selon des critères de perception esthétique, ses propriétés esthétiques seront prises en compte. Ainsi, même si les manuels de cartographie encouragent une conception rigoureuse, réfléchie et pour ainsi

65. Pour ne parler que les manuels français classiques de cartographie, on peut citer [Brunet, 1987], [Denègre, 2005], p. 30, [Weger, 1999], avec toute une annexe sur l'esthétique des cartes, ou [Cauvin *et al.* , 2007], p. 45.
66. [Keates, 1996], p. 221.
67. [Keates, 1996], p. 221.

dire réglée, la part subjective, sensitive, de la réalisation comme de la lecture de la carte est irréfragable. Cet aspect est même identifié par certains auteurs comme un style, une « patte », pour les cartographes professionnels, au même titre qu'on reconnaît des artistes et les styles dans lesquels ils s'inscrivent ou qu'ils contribuent à créer.

Au final, on peut dire que la carte peut dans certains cas être considérée comme une œuvre d'art, car :

- c'est un artefact, un objet produit par l'homme ;
- cet objet fonctionne esthétiquement, est apprécié comme une source de propriétés esthétiques, à la fois par son contenu, le fond des idées qu'elle transmet, et par sa forme, ses caractéristiques plastiques ;
- le cartographe peut être conscient de l'aspect esthétique de l'objet qu'il conçoit, il est normalement formé en ce sens.

3.1.3. Les propriétés esthétiques elles-mêmes

Les propriétés esthétiques peuvent être présentées comme des prédicats, des qualificatifs, qui sont attribués aux objets. Selon R. Pouivet, on peut classer ces propriétés esthétiques en quatre catégories qui constituent une définition très importante pour tout ce qui suit :

- **Évaluatives** : beau, laid, superbe, médiocre, …
- **Affectives** : troublant, effrayant, pénible, apaisant (sentiments), …
- **Classificatoires** : lyrique, comique, dramatique, romanesque, …
- **Historico-esthétiques** : baroque, romantique, gothique, impressionniste, …

Les types 1 et 2 sont attribuables à des objets génériques, œuvres d'art ou non, alors que les types 3 et 4 concernent plus directement les œuvres d'art. On peut les rapprocher du concept de style. On remarque que ces qualificatifs sont des appréciations, des jugements, et qu'ils dépendent linguistiquement de la culture dans laquelle ils sont utilisés. La culture nous apprend à réagir d'une certaine manière face à ces objets, comme elle nous conduit à utiliser certains termes[68]. Lorsqu'on juge esthétiquement, même lorsqu'on se trompe, on se comprend[69] et on est compris par d'autres, avec lesquels on partage un vocabulaire et des concepts. Les propriétés esthétiques font donc partie d'un savoir partagé par un groupe social, qui fait l'objet d'un apprentissage et éventuellement d'un entretien[70].

Il semblerait donc que l'attribution de propriétés esthétiques nécessite la réunion de certaines conditions d'observation : un « bagage culturel » pour les détecter et les reconnaître ainsi que des conditions d'observations « de base », comme des conditions

68. R. Pouivet, *ibidem*, p. 123.
69. On comprend l'acte d'attribution d'une propriété, même si l'on ne peut parfois par se l'expliquer, en déterminer l'origine précise.
70. P. Bourdieu développe cette idée de l'esthétique comme code social notamment dans [Bourdieu, 1969] et [Bourdieu, 1977]

physiques (éclairage, capacités sensorielles) ou des conditions d'accès à l'œuvre (langage, formation musicale, etc.). L'instabilité de ces conditions explique leur survenance variable, non garantie. Les propriétés esthétiques ne dépendent pas seulement de la réalité physique des objets, elles font intervenir des connaissances supplémentaires que l'on peut rapprocher de croyances ou d'intentions. Ces propriétés sont subjectives au sens où elles sont générées par le sujet, mais elles ne sont pas uniquement dépendantes de lui (ou déterminées seulement par lui, en isolation), car elles sont forcément établies à partir d'un substrat concret, selon des conditions particulières ainsi que selon des règles ou des usages sociaux.

R. Pouivet propose la théorie d'une survenance à « deux étages »[71] (figure n°53) :

- les objets possèdent des propriétés physico-phénoménologiques (sensibles) ;
- sur ces propriétés surviennent des propriétés intentionnelles, des croyances, des sentiments, des émotions à propos des objets ;
- sur ces propriétés intentionnelles surviennent les propriétés esthétiques à proprement parler.

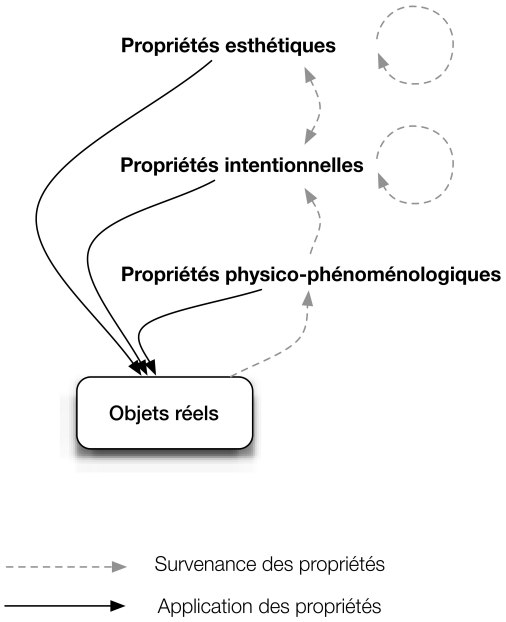


figure n°53 : Mode de survenance des propriétés esthétiques selon R. Pouivet.

71. *ibidem*, p. 159.

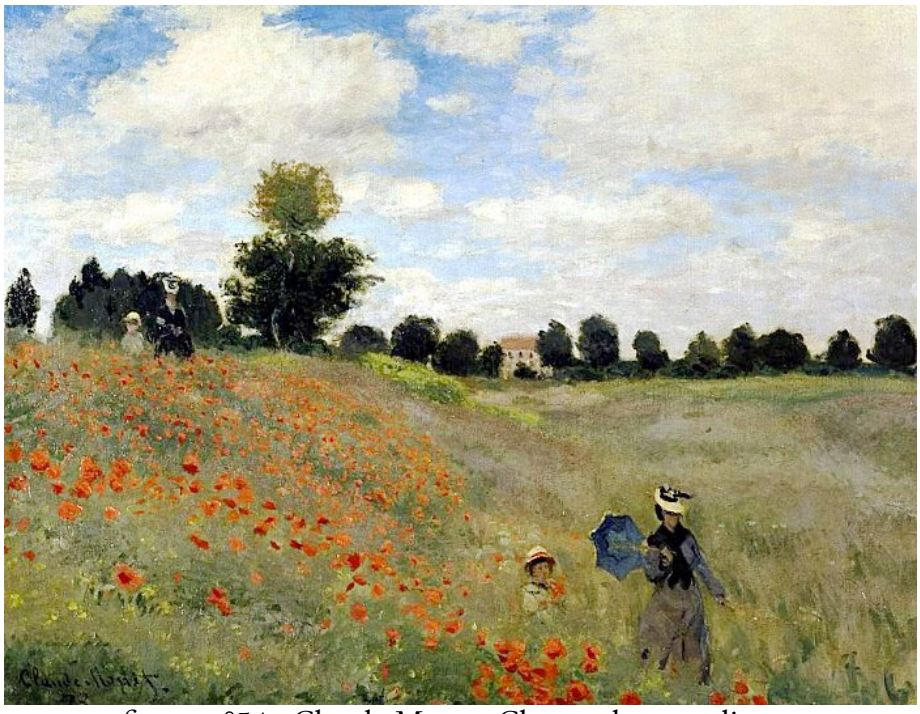


figure n°54 : Claude Monet, Champ de coquelicots,
huile sur toile, 1873, musée d'Orsay[72].

Par exemple, la toile de la figure n°54 ci-dessus présente un paysage. Les éléments figurés, les couleurs utilisées, leur composition, sont des propriétés concrètes, sensibles. Elles sont elles-mêmes affectées de propriétés intentionnelles par la culture de l'époque d'observation, comme par exemple le fait de croire que cette toile est l'œuvre de Claude Monet, appartient à tel style ou école, qu'il s'agisse de telle région à telle époque de l'année, ou le fait de ressentir une émotion de calme, d'apaisement, de dépaysement, d'évoquer des souvenirs personnels. Enfin, des propriétés esthétiques peuvent survenir sur ces considérations intentionnelles, comme la qualification de beauté, de qualité, ou la classification dans le style impressionniste.

Ces propriétés, intentionnelles comme esthétiques, peuvent elles-mêmes devenir la source d'autres propriétés, par construction progressive. La reconnaissance du type de vêtements des personnages peut par exemple amener à classer l'œuvre dans une période temporelle et ainsi évoquer les autres œuvres de la même époque, ou de même type de sujet, qui sont en fait des catégories esthétiques.

R. Pouivet remarque (*ibidem*, p. 162) que l'organisation de cette survenance à deux étages implique que la base des deux survenances successives, c'est-à-dire les éléments qui en sont la source, le substrat génératif, sont d'amplitude et de subjectivité très inégale :

- la base de survenance des propriétés physico-phénoménologiques est très étroitement déterminée par la réalité physique de l'objet ;

72. Image © Archives Larbor.

- ces propriétés forment la base de la survenance des propriétés intentionnelles, qui est un peu moins étroite car susceptible de varier un peu selon les conditions d'observation et la formation du sujet observateur ;
- les propriétés esthétiques, enfin, surviennent sur les propriétés intentionnelles donc sur une base plus large et avec une amplitude de variabilité plus étendue, puisque dépendant en plus de conventions sociales, d'interactions auteurs-public, etc.

On le voit, avec cette progression augmente aussi l'incertitude et la fragilité des justifications possibles, donc le risque d'une survenance erronée (un jugement physique, de croyance ou esthétique inadéquat), qui ouvre la voie à des débats/conflits d'interprétation, de classement, de jugement. La figure n°55 ci-dessous résume ces idées.

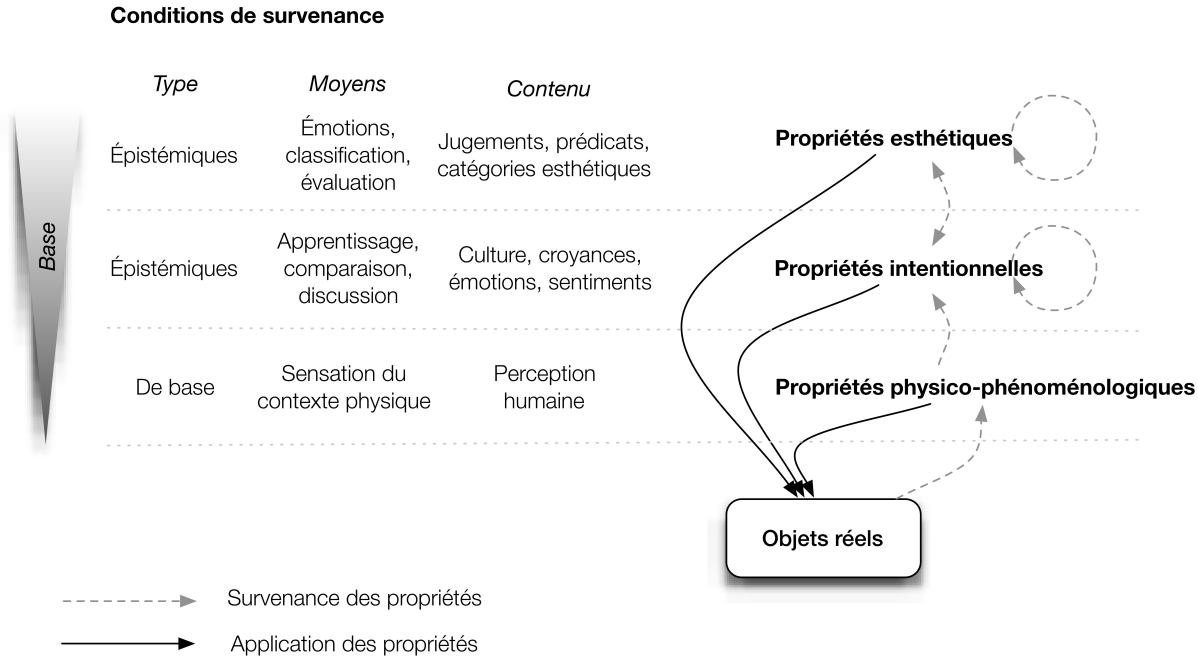


figure n°55 : Conditions et moyens de survenance des propriétés esthétiques, d'après R. Pouivet (*ibidem*)

3.2. Production et entretien des propriétés esthétiques

Les propriétés décrites par R. Pouivet[73] peuvent être interprétées comme un élément d'un système qui verrait page l'interaction des artistes et du public autour des œuvres. On a tenté de simplifier les idées exposées par R. Pouivet au travers de schémas. Un premier schéma simplifié est présenté dans la figure n°56 suivante, où l'on replace les propriétés survenant sur les œuvres d'art dans le contexte de l'artiste producteur et du public (au sens large). Les propriétés intentionnelles (croyances, émotions) du public ont une influence sur les motivations, intentions de l'artiste, par le biais de la définition d'un

73. R. Pouivet réalise en fait une synthèse modératrice des écoles de pensée de l'esthétique moderne, notamment à partir des travaux de N. Goodman, A. Danto et G. Genette.

goût, d'un style préférentiel, et la potentielle activation de la motivation de l'artiste d'y participer.

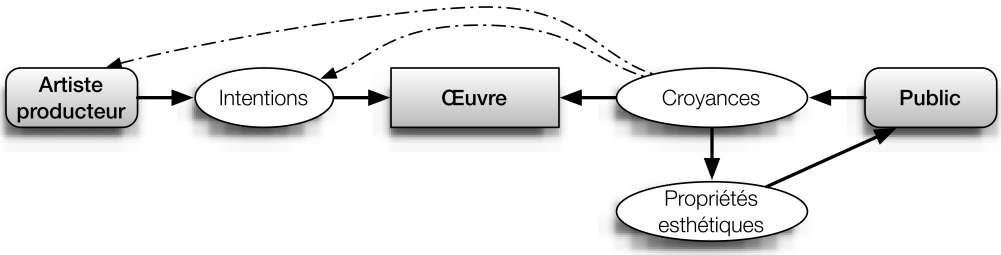


figure n°56 : Un système simplifié de l'œuvre d'art, d'après R. Pouivet (*ibidem*)

Le schéma de la figure n°57 développe ce système en précisant un peu plus les interactions entre acteurs.

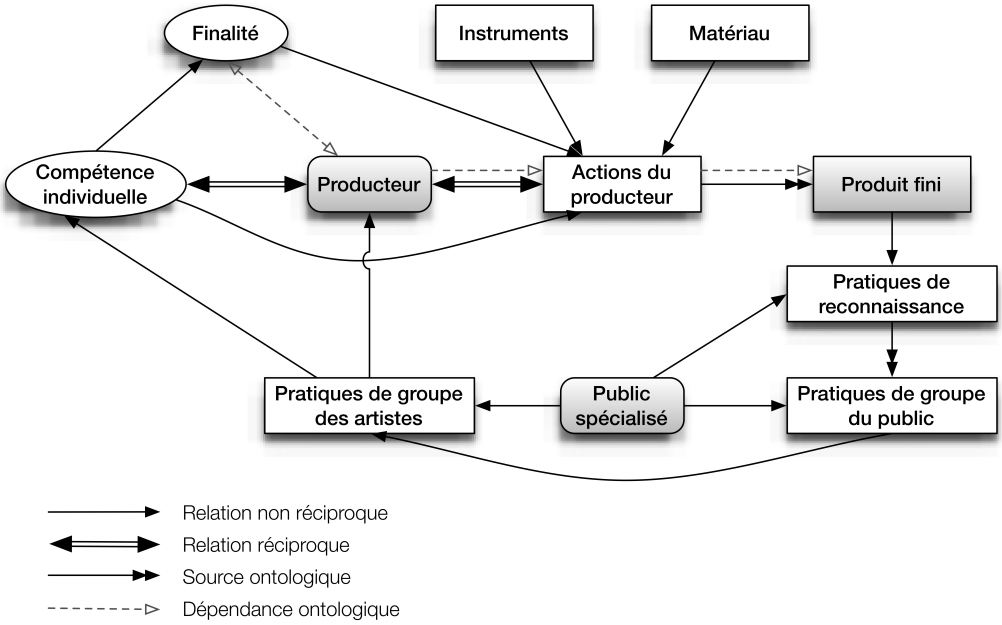


figure n°57 : Le système artistique, d'après R. Pouivet (*ibidem*, pp. 180-199).

Le producteur, possédant une certaine compétence, en relation avec des pratiques de groupes artistiques (style notamment) et selon une certaine finalité (motivation, intentionnalité), utilise des instruments et un certain matériau pour produire une œuvre au moyen de diverses actions. Cette œuvre, le produit fini, est appréciée par un public par le biais de diverses pratiques de reconnaissance, cette dernière étant la source constitutive de pratiques de groupe de ce public, qui vont elles-même influer les pratiques de groupe des artistes, au sens où la réaction de réception de l'œuvre par un public va en partie influer sur le développement (ou l'oubli) d'un style.

L'aspect social de ce système est très important, beaucoup plus que l'image classique de la production de l'œuvre d'art ne pourrait le laisser présager. Les influences non verbalisées, implicites, émotives, sont présentes et jouent puissamment à plusieurs endroits. La condensation de ces pratiques sociales, de ces règles non écrites de goût, se réalise dans la

notion de style. Cette facette sociale est un des aspects de l'idée plus générale de *contexte*, à la fois de production et de réception. On peut établir un lien avec certaines théories de la cartographie comme outil de communication, qui décrivent ce contexte (cf. annexe n°1).

Henri Matisse (1869-1954) évoque cet aspect social en 1936 :

> « Nos sens ont un âge de développement qui ne vient pas de l'ambiance immédiate, mais d'un moment de civilisation. Et cela compte beaucoup plus que tout ce que nous pouvons apprendre d'une époque. Les arts ont un développement qui ne vient pas seulement de l'individu, mais aussi de toute une force acquise, la civilisation qui nous précède. Un artiste doué ne peut pas faire n'importe quoi. S'il n'employait que ses dons, il n'existerait pas. Nous ne sommes pas maîtres de notre production, elle nous est imposée. » [Matisse, 1936]

Le fonctionnement artistique décrit précédemment implique aussi une condition importante : pour être effectivement une œuvre d'art, un artefact doit être reçu par un public qui doit le considérer comme tel. N. Goodman parle alors *d'activation* de l'œuvre d'art qui, sinon, n'est qu'une œuvre en puissance. Ainsi, certaines œuvres d'art considérées aujourd'hui comme telles n'ont pas été produites selon la même conception de ce qu'est une œuvre d'art. C'est par exemple le cas d'artefacts anciens, utilitaires ou à la fonctionnalité affirmée (comme les cartes anciennes évoquées plus haut), qui ont connu un usage esthétique plus ou moins intense au fil du temps selon leur convenance aux goûts d'un public (styles, modes).

3.2.1. Propriétés esthétiques et sémiotique

On l'a vu précédemment (cf. § 3.1.1, *supra*), le fonctionnement esthétique d'un artefact, qui conditionne sa condition d'œuvre d'art, repose sur un processus sémiotique. Être une œuvre d'art, c'est exprimer du sens par la représentation d'autre chose ou d'une idée, et ce faisant, acquérir un caractère plaisant. Une œuvre d'art est donc un signe, dont le premier signifiant est matérialisé et dont l'interprétation ne suit pas de règle fixe prédéterminée ou de code, comme c'est le cas avec le langage.

Tout signe n'est pas art, mais tout art est signe. Ainsi, les méthodes de la sémiotique sont applicables et on en trouvera de nombreux exemples, notamment des essais d'interprétation, dans la littérature[74]. Cette absence de code stable et commun explique la difficulté déjà évoquée de la définition rigoureuse et universelle de propriétés esthétiques. Certains auteurs vont même jusqu'à insérer la sémiose dans la définition ontologique de l'œuvre d'art : proposer plusieurs interprétations, souvent à plusieurs niveaux, jamais bien déterminées et finies, une certaine *profondeur* sémiotique[75].

74. Le chapitre suivant s'y intéressera en partie.
75. Cette idée de profondeur sémiotique est importante et revient à dire, en résumant de façon caricaturale, que le beau a tendance à être complexe (réciproquement, le laid serait alors plutôt lié à la simplicité).

Cl. Lévi-Strauss établit cette relation dans cette citation (en y rajoutant un parfum structuraliste) :

> « L'oeuvre d'art manifeste quelque chose qui n'était pas donné à la perception que nous avons de l'objet, et qui est sa structure, parce que le caractère particulier du langage de l'art, c'est qu'il existe toujours une homologie très profonde entre la structure du signifié et la structure du signifiant. » [Lévi-Strauss, 1962]

Selon cet angle sémiotique, l'œuvre d'art est une idée figurée, représentée. Donc une métaphore. L'art rend manifeste (mais pas forcément de manière explicite) ce qui est latent chez le spectateur. On s'éloigne de la thèse platonicienne d'un artiste forcément imitateur pour se rapprocher de la vision moderne d'un art *interprète*, exprimée notamment par Martin Heidegger et Paul Klee.

> « L'art ne *rend pas le visible,* mais *rend visible* ce qui, sans l'entremise de l'art, ne se montrerait pas. » Paul Klee ([Klee, 1964]).

3.2.1.1. Les niveaux de lecture sémiotique de l'art pictural

L'approche sémiotique de l'art pictural permet de s'intéresser plus précisément aux sens exprimés par une image artistique, et d'essayer de décrire les différentes modalités de cette expression. L'œuvre de Louis Marin dans ce domaine est importante et peut nous guider dans l'articulation entre sémiotique, esthétique et critique d'art.

Dans un article de 1971, représentatif de son travail, à propos de la lecture d'un tableau[76], L. Marin considère l'œuvre comme un discours, une narration, qui a comme caractère particulier de ne pas être linéaire et organisée à l'avance. Le tableau se lit, se parcourt du regard pour former une succession d'instants de vision et d'interprétation. Ce parcours n'est pas fixé à l'avance, il se construit progressivement. Même si la surface plastique du tableau offre une hiérarchie visuelle potentiellement dirigiste, le discours que le lecteur construit à partir de ce parcours sera en partie imprévisible.

Cette conception de la perception de l'œuvre d'art évoque pour nous des échos : on peut y retrouver des éléments relevés en psychologie de la perception à propos de la saillance visuelle et de la hiérarchie des parcours de l'attention, d'un côté, et de l'autre le fait que, derrière l'image, se trouve toujours un discours, un texte, qui est rédigé progressivement par le lecteur (R. Barthes). L. Marin développe certaines idées à propos de l'organisation des signes sur la surface plastique du tableau, sur le fait que la circulation entre ces signes va former le sens, ce qui évoque la notion de composition. Enfin, la différence entre la lecture d'une image et celle d'un texte est avant tout le fait que le lecteur va construire lui-même une bonne partie de l'information qu'il en retire. Le sens tiré de l'image par son spectateur est loin d'être prédéfini et limité à l'avance par l'artiste (pas de codification stricte).

76. [Marin, 1971] et [Marin, 1980]

> « Affirmer que l'art est un langage ne veut pas dire que l'artiste dit quelque chose à quelqu'un, ce n'est pas un “message” univoque : ouvert à une gamme indéfinie d'interprétations, le tableau n'est jamais épuisé. » [Chalumeau, 2002], p. 48.

La signification qui naît de la lecture d'un tableau se base donc sur son découpage en entités significatives, organisées en syntagme (regroupement sémiotique) et lues séquentiellement. Dans le cas de la peinture figurative historique, le sujet du tableau, les figures qu'il contient, peuvent renvoyer à un récit historique. La fonction sémiotique du tableau est donc de représenter visuellement les évènements du récit : les figures sont les signifiés picturaux (images) des signifiants (mots, expressions) du récit. Le tableau illustre le texte. On peut alors trouver des relations nombreuses entre les articulations (notamment temporelles) des thèmes, personnages, lieux, etc. du récit et les articulations spatiales, relationnelles, des figures dans le tableau.

Dans le cas de la peinture figurative non historique, comme nature morte ou le paysage[77], les figures sont reconnues et interprétées non pas dans une relation écrite par ailleurs mais créée directement par le tableau, qu'il faut découvrir. Il faut donc repérer ces figures et décrire leurs relations pour écrire le discours de notre interprétation au fur et à mesure de notre lecture. La question se pose alors de l'autonomie de ces figures : est-ce qu'elles vont garder un sens propre ? Vont-elles se fondre dans le sens qui est tiré de leurs relations aux autres figures ?

La peinture non figurative emploie des signes qui ont la particularité d'exprimer du sens sans pour autant désigner (iconiquement) un référent dans le monde réel. Le code est alors encore moins clair, moins explicite, mais exprime une gamme d'idées peut-être autrement difficile à traduire[78]. L. Marin cite par exemple les exercices des « esquisses pédagogiques » de Paul Klee, qui visent à démontrer les différents sens exprimés par la combinaison de formes plastiques, par exemple un simple dégradé du noir vers le blanc. Les relations plastiques peuvent former des axes sémantiques. On peut donc ainsi retrouver les signes plastiques examinés par le Groupe μ (cf. *supra*, ch. 2, §2.4.3), dans le cadre d'une sémiotique esthétique bâtie par L. Marin à grand renfort d'études de cas, d'interprétations d'images picturales. La relation réalisée ici par L. Marin entre les formes graphiques, la sémiotique de leur interprétation et les propriétés esthétiques constitue donc une articulation très intéressante, justifiant la mobilisation des différents domaines évoqués à la rescousse d'une réflexion sur le fonctionnement esthétique d'une image.

L. Marin décrit ensuite un troisième niveau de lecture, celui des interprétations métaphoriques. Les figures reconnues sont remplacées par une série de significations successives par le jeu de la métaphore, de la représentation imagée. Cette dimension d'interprétation est très dépendante de la connaissance de différents codes symboliques, souvent liés à une époque et un style (peinture religieuse de la Renaissance, par exemple), et donc à des niveaux de culture chez le lecteur, il s'agit d'une « lecture savante ».

77. au sens pictural.
78. W. Kandinsky parle « d'expression pure », cf. [Kandinsky, 1912].

Synthétiquement, L. Marin distingue trois niveaux de lecture :

- un niveau de désignation, de représentation directe du monde. L'image du tableau est un analogue de la réalité, elle n'est pas lue, déchiffrée, elle est simplement reconnue.
- une lecture « perceptive » de la peinture « représentative » (figurative), qui consiste en un déchiffrement du tableau pour en découvrir les signes selon divers codes d'interprétation.
- une lecture « connotative » de la peinture, qui correspond à un deuxième sens dont le premier niveau serait le signifiant. On retrouve ici la sémiotique de la connotation de R. Barthes : un signe peut en exprimer un autre (comme la tomate de la publicité Panzani pouvait évoquer la cuisine méditerranéenne). En peinture, une montagne peut par exemple représenter l'Olympe et donc toute une mythologie.

Ainsi, l'analyse sémiotique, en plus des moyens qu'elle offre pour comprendre comment les images expriment du sens, peut être une voie d'approche des propriétés esthétiques. Ces propriétés se basent, entre autres, sur l'interprétation que fait le lecteur de l'image, ou plutôt *des* interprétations successives qu'il fait, formant une narration, construite progressivement par son parcours visuel de lecture. Mais l'intérêt de cette approche appliquée au domaine de l'art est aussi de proposer le recours à de nouvelles méthodes de recherche des propriétés esthétiques de l'image : celles de la description et de la critique d'art, et notamment la recherche de formes rhétoriques et stylistiques sur la base d'une analyse formelle, que nous tenterons d'explorer dans les prochains chapitres.

3.2.1.2. De la forme graphique au signe visuel

La sémiotique de l'esthétique s'est aussi intéressée plus précisément à la formation des signes à partir des formes graphiques des tableaux, des signifiants. En effet, avant d'être interprétés et de recevoir un sens, les signes se présentent concrètement en tant que formes graphiques[79].

Comme l'écrit L. Marin dans l'article cité précédemment, pour devenir signe il faut qu'un signifiant ait été individualisé, reconnu et repéré dans son organisation avec les autres signes de l'image. Un autre sémioticien et critique d'art, Meyer Shapiro, s'est particulièrement intéressé à cette question de la formation du signe visuel. Il offre dans une communication de 1966[80] une théorie de la continuité évolutive entre la peinture figurative et la peinture abstraite.

79. On entendra par cette expression tout moyen graphique visuel concret, matériel, de constituer le signifiant d'un signe, qu'il soit figuratif ou non : contour d'une figure, touche de peinture, hachuré d'un ombrage, forme de l'image, composition, etc.
80. Cf. [Schapiro, 1969]

Selon M. Shapiro, la première caractéristique du signe visuel est sa fonction représentative, mimétique (de ressemblance iconique, pourrait-on dire[81]) : quel que soit le matériau ou la technique utilisée, la figure dessinée sera reconnue comme telle, interprétée comme le signifié directement et on n'affectera pas de sens spécifique à ses composantes graphiques. Un visage dessiné au crayon fin ou au fusain restera reconnu comme un visage, on ne se préoccupera pas d'isoler et d'interpréter chacune de ses courbes. L'interprétation est directe et intervient au niveau de l'objet global, ce qui correspond au premier niveau de lecture décrit par L. Marin, celui de la dénotation. Ce fonctionnement est lié à une certaine taille des formes graphiques et à une certaine distance de lecture, naturellement. Or, contrairement au signe linguistique, le signe visuel ne fonctionne pas selon une relation arbitraire codifiée entre signifiant et signifié, mais par des conventions beaucoup plus floues, culturelles, peut-être guidées en partie par des fonctionnements perceptifs automatiques, comme on l'a vu au chapitre premier.

Dans un autre style pictural, celui des impressionnistes, la ressemblance mimétique de la forme à été remplacée par l'impression donnée par un ensemble de formes graphiques de base, justement plutôt informelles, des touches de couleur. Ainsi, même en ne ressemblant pas formellement et individuellement au référent du monde réel, des *assemblages* de signifiants colorés fonctionnent néanmoins sémiotiquement et sont interprétés comme évoquant des propriétés de ce référent. L'épaisseur de la couche picturale, son relief, jouent aussi un grand rôle dans cette interprétation.

Ce fonctionnement sémiotique non mimétique se trouve encore exacerbé dans le cas de la peinture abstraite. Des formes sont bien identifiables, mais elles ne ressemblent pas à des objets du monde réel, des référents concrets. Les formes ne sont pas des simplifications d'objets, mais, même en étant non mimétiques, non directement interprétables, elles gardent beaucoup des propriétés, qualités et relations que peuvent présenter les figures des époques précédentes[82] de l'art pictural. Le rapport entre les formes abstraites perçues directement et la réalité de leurs signifiants graphiques est même parfois étonnamment éloigné, comme le montre une exploration attentive d'une œuvre de Piet Mondrian par James Elkins, par exemple[83] : la perception d'une frontière nette entre deux formes par un spectateur distant nécessite parfois un jeu complexe et subtil de dégradés, de contrastes, et de relief, dans le détail.

M. Shapiro voit donc dans l'impressionnisme, par l'abandon du contour et de la ressemblance formelle, un premier pas vers l'abstraction, en utilisant la fonction sémiotique plastique, la capacité des images à exprimer du sens, comme angle d'observation. Il propose donc de s'intéresser aux éléments « non-mimétiques » des œuvres picturales, dans lesquels il place notamment le champ de l'image, sa surface, ses limites et son cadre (dont sa forme), ses proportions, son axe dominant, sa taille, la matière utilisée, le support physique, sa composition. On retrouve dans cette liste les éléments concrets qui forment

81. M. Shapiro utilise ici le vocabulaire sémiotique de F. de Saussure, en employant notamment la définition du signe comme une relation entre un signifiant et un signifié. Les développements de la sémiotique visuelle, avec notamment la distinction entre iconique et plastique, viendront plus tard dans l'histoire de la sémiotique.
82. *Ibidem*, p. 18.
83. Cf. [Elkins, 2010]

l'image, et dont beaucoup constituent le substrat des signes plastiques, notamment implicites, ce qui en fait une nouvelle invitation à examiner la peinture abstraite à la recherche de la capacité expressive des formes graphiques.

3.2.2. Propriétés esthétiques et psychologie de la perception

L'expérience esthétique a aussi intéressé directement les chercheurs en psychologie de la perception, qui ont notamment essayé de relier l'organisation modulaire de la perception visuelle (cf. le premier chapitre) et la survenance des propriétés esthétiques. Cette approche est célèbre en histoire de l'art car elle fut celle d'une école de pensée qui a marqué son temps, celle de l'Institut Warbug dans les années 1950-1960, et de son représentant principal, Ernest Gombrich. Ce dernier envisageait l'art selon l'angle de l'homme créateur, et la psychologie comme la discipline logique pour son étude. En France, de nombreux critiques et historiens d'art s'en sont inspirés, comme René Huygues et André Malraux[84].

Plus récemment, et en suivant l'évolution de la psychologie de la perception, S. Zeki propose par exemple de comparer l'intention artistique avec celle du cerveau[85], dans le sens où comme le cortex visuel, l'artiste va chercher à représenter une interprétation qu'il considère comme essentielle du réel, en fait plus « réelle » (ou véritable, pratique, utile) que ce que notre perception courante nous propose. Même si cette opinion sur le rôle de l'art est (très) réductrice, la proximité entre les deux objectifs possibles est intéressante. Elle correspond de plus à une fonction bien connue en critique d'art : celle d'interpréter le monde pour en donner une idée différente, plus simple, plus utile, ou plus esthétique, belle, plus agréable.

La psychologie expérimentale a par ailleurs montré une relation directe entre le traitement des perceptions visuelles et la sensation d'une émotion, par exemple dans le cas de la peur issue de la détection rapide d'indices visuels effrayants. Une image floue d'un visage exprimant de la peur provoque plus rapidement un sentiment de peur chez le spectateur qu'une image nette, indiquant une relation cognitive directe entre les modules de perception visuelle des formes et les centres de l'émotion[86].

D'autres psychologues et neurologues ont tenté de relier les deux domaines de l'art et de la cognition. V.S. Ramachandran, dont les travaux en neurosciences et spécialement en psychologie de la vision sont très célèbres, s'est intéressé à la question de la perception esthétique selon plusieurs angles. En étudiant des personnes douées de synesthésie[87], il a par exemple découvert que les « canaux » corticaux de détection visuelle pouvaient se croiser et échanger des informations chez ces personnes, expliquant des sensations elles

84. Cf. [Chalumeau, 2002], p.31.
85. Il va en fait plus loin, en proposant de rechercher « les fondations biologiques de l'esthétique ».
86. Cf. [Vuilleumier *et al.*, 2003]
87. Une modification des capacités de perception sensorielle qui fait se mélanger plusieurs forme de sensations chez certaines personnes, dont la forme la plus courante est l'association de couleurs à la perception des lettres et chiffres.

aussi croisées[88]. Dans le même ordre d'idées, il a exploré la possibilité que des régions du cortex soient partiellement dédiées à la compréhension des métaphores, en reliant des idées abstraites à des perceptions concrètes[89].

Le texte de V.S. Ramachandran qui nous paraît le plus pertinent ici a été publié en 1999 avec W. Hirstein[90]. Dans cet article, les auteurs proposent l'hypothèse suivante :

> « Consciemment ou inconsciemment, les artistes déploient certaines règles ou principes (qui seront appelées lois) pour "titiller" les aires visuelles du cerveau. » (*ibidem*, p. 17).

Certains de ces principes visuels sont connus et font partie des techniques des manuels d'art (comme par exemple la «loi » de fermeture de la théorie de la Gestalt). Les auteurs en proposent d'autres qui sont plus originaux, du moins dans le domaine de l'art visuel. Ils se défendent de vouloir « expliquer » l'art, ils veulent mettre en avant certains principes récurrents qu'il est possible de relier à des fonctionnements cognitifs repérables : une partie de ce qui constitue les propriétés esthétiques suivrait des « lois ». La ressemblance existant entre l'artiste cherchant à représenter ce qu'il considère comme étant les caractéristiques essentielles du réel et le fonctionnement de la perception visuelle effectuant un filtrage attentif de l'image (déjà relevée par S. Zeki, cf. *infra*) constitue pour V. S. Ramachandran et W. Hirstein l'un des indices de ce rapprochement.

L'un des principes physiologiques qui présente une des relations les plus directes avec les propriétés esthétiques est celui de l'effet de « décalage de pic »[91]. Cet effet a été isolé dans le cadre d'expériences comportementales chez des animaux, que l'on a conditionné à répondre à une certaine caractéristique visuelle, par exemple une forme de référence comme un carré. Lorsque l'on présente un rectangle à l'animal, la réponse est augmentée, qui plus est de façon proportionnelle à la longueur de l'étirement du rectangle. Les auteurs relient ce type de comportement à une forme de propriété esthétique correspondant aussi à la qualification d'une exagération formelle, par exemple l'étirement des traits d'un visage pour une caricature. On notera ici qu'il s'agit d'une forme de rhétorique visuelle, l'allotopie de la déformation jouant son rôle de signe. Les auteurs font d'ailleurs directement référence au rôle esthétique de la métaphore dans une section spécifique (*ibidem*, p. 30). Le fait de pouvoir établir une correspondance entre deux objets (ou deux catégories), l'un réel et l'autre évoqué (signifiant et signifié du signe visuel) correspond en fait à une capacité intéressante du cerveau, au sens où elle permet de mieux comprendre son environnement et d'y survivre. Cette capacité a donc été sélectionnée et renforcée par l'évolution, pour être encore aujourd'hui une source de sensation esthétique plaisante. Le rôle de l'artiste ici est d'avoir sélectionné les caractéristiques « essentielles » de l'objet et de les avoir exagérées de façon rhétorique. Le rôle du chercheur en neurosciences est d'avoir relié cette lecture de l'image à une augmentation de la réponse neurale dans les zones corticales réagissant à certains stimulus visuels, et d'avoir cherché les autres types de stimulus visuels pouvant produire ce type de renforcement.

88. Cf. [Hubbard, Ramachandran, 2005].
89. Cf. [Lacey, Stilla, Sathian, 2012].
90. [Ramachandran, Hirstein, 1999].
91. « Peak shift effect » en anglais.

Un autre principe important exposé dans cet article est la relation entre le renforcement de la détection de certains éléments par l'apprentissage, notamment par une « récompense » au travers d'une sensation plaisante. Par exemple, la reconnaissance du dalmatien dans l'image tachetée (cf. figure n°15, ch. 1) provoque une sensation plaisante, qui renforce l'apprentissage du regroupement visuel qui a provoqué cette reconnaissance. Les exemples cités jusqu'ici, basés sur la forme, sont extrapolables à d'autres « dimensions » visuelles, que l'on pourrait aussi appeler variables graphiques, comme la couleur et la texture. Les types de détection concernés correspondent souvent, dans la lecture esthétique, à des rapprochements de niveau supérieur, c'est-à-dire entre modules de détection de bas niveau, plutôt qu'à l'intérieur d'un de ces modules (cf. ch. 1, § 1.4, *supra.).*

Le principe de regroupement a par exemple été étudié de près par les cogniticiens, qui ont mis en évidence une synchronisation des réponses neurales des détecteurs de bas niveau détectant un regroupement[92]. Cette synchronisation correspond à une réponse plus forte, qui sera transmise aux modules de traitement de niveau supérieur et comparée avec la mémoire, pour une reconnaissance précoce. Si ce principe du regroupement formel est connu depuis longtemps (notamment dans les principes de la théorie de la Gestalt), sa relation avec l'expérience esthétique est nouvelle : découvrir des relations visuelles de regroupement donne une impression de meilleure compréhension, est plaisant, donc esthétique. La résolution de problèmes visuels serait source de sensation esthétique, et on peut en retrouver de nombreux exemples dans l'art. Comme cette opération constitue aussi l'interprétation de signes visuels plus ou moins complexes, voire rhétoriques, la relation entre cognition, art et sémiotique est de nouveau établie.

Le dernier point de la relation entre art et cognition relevé par V.S. Ramachandran et W. Hirstein correspond à la capacité d'isoler un élément ou une variable visuelle de l'image, pour y concentrer son attention. Cette capacité, qui explique qu'un croquis simplifié permette une meilleure communication de l'information en réduisant la complexité de sa représentation graphique, joue naturellement très fortement dans le cas de la cartographie, notamment thématique. De manière quelque peu contre-intuitive, ce n'est pas l'augmentation de la quantité de signes graphiques qui va renforcer la communication de l'information, mais bien sa simplification *structurelle*, qui permet une focalisation plus rapide. Le facteur explicatif est bien sur lié à notre capacité limitée d'attention : trop de signes et la quantité d'information à traiter devient difficile à hiérarchiser et à parcourir de manière efficace.

Le principe est transposable en art, en considérant ici aussi la capacité de l'artiste à faire des choix pour sélectionner les caractéristiques essentielles de l'image, celles qui vont représenter au mieux son intention. Parmi les moyens graphiques de cette simplification, les auteurs citent l'utilisation de contours (croquis des formes des objets plutôt que représentation ressemblante), le jeu sur les contrastes (de luminosité, mais aussi de couleur, de texture, de mouvement) qui fait apparaître des zones de transition, donc délimite des formes (dont la reconnaissance est plaisante) et la symétrie.

92. Cf. [Singer, Gray, 1995] et [Crick, Koch, 1998], cité par [Ramachandran, Hirstein, 1999], *op. cit.*, p. 23.

En conclusion de cet article important, puisqu'il relie de nombreuses hypothèses de notre problématique, les auteurs réalisent une synthèse des propriétés visuelles esthétiques qu'ils ont pu associer plus ou moins directement à des principes cognitifs, ainsi que des pistes pour une prolongation des recherches sur d'autres propriétés, complémentaires. Si ces huit principes, ou « lois » esthétiques selon leur expression, sont loin d'expliquer tout le caractère esthétique des œuvres visuelles, elles constituent néanmoins une structure, un premier niveau de compréhension, selon leurs auteurs[93].

- Le principe de décalage de pic *(peak shift effect)*. La réaction à un stimuli donné peut être augmentée lorsqu'on utilise un stimuli exagéré dans la dimension active. Ce principe agit non seulement dans le domaine des formes, mais aussi dans celui de nombreuses dimensions formelles abstraites comme la couleur, la posture d'un personnage, le mouvement, etc. Isoler un indice simple peut aussi aider l'organisme à allouer son attention à la sortie d'un seul module et donc lui permettre de mieux profiter de l'effet de décalage de pic selon les dimensions représentées dans ce stimuli.
- Le regroupement perceptif, qui permet de séparer la figure du fond et donc de trouver des objets dans une image brouillée, perturbée, complexe. Segmentation, fermeture et regroupement par similarité peuvent conduire à une réponse esthétique car ces réponses sont précognitives et renforcées.
- Le contraste. Les régions contrastées sont renforcées car souvent riches en information (au sens de Cl. Shannon), délimitant des objets, donc qui méritent l'attention (détection du camouflage potentiel, évolution naturelle).
- La résolution de problèmes perceptifs. Lorsque l'on découvre un objet caché, ou que l'on résout une énigme visuelle, cette opération est gratifiante, donc plaisante.
- L'utilisation de points de vue naturels et l'absence d'utilisation de perspectives improbables permet de retrouver une conformation naturelle, habituelle, de la scène visuelle, que notre cerveau a été habitué à déchiffrer rapidement.
- Les métaphores et jeux sémiotiques visuels. On en trouve de nombreux exemples dans l'œuvre de S. Dali ou de R. Magritte. L'établissement d'un lien entre objet perçu et objet conçu est gratifiant.
- La symétrie est l'un des éléments récurrents des arts visuels. Son caractère esthétique est assez universel. Les auteurs relèvent le fait que tous les objets biologiquement importants ou intéressants sont symétriques, notamment les êtres vivants (proies ou prédateurs), ce qui rend logique la sélection naturelle de leur détection par l'évolution. Il a récemment été prouvé expérimentalement que la symétrie des visages est l'un des caractères importants de leur perception esthétique.

Parmi les propriétés esthétiques complémentaires, qu'il reste à expliquer, les auteurs relèvent particulièrement celle correspondant au rythme visuel, notamment ses composantes de régularité et de fréquence de répétition.

93. On pourra objecter notamment la faible prise en compte du contexte, des propriétés intentionnelles ou des modalité de survenance des propriétés esthétiques, qui semblent être amalgamées avec la notion d'apprentissage, et de renforcement sélectif.

3.2.3. Propriétés esthétiques et cartographie

À partir des idées relevées au long de ce chapitre, concernant les propriétés esthétiques, on peut essayer de tirer des enseignements pour l'image cartographique et sa conception. On a évoqué au paragraphe 3.1.2 ci-dessus les conditions selon lesquelles une carte pouvait être envisagée en tant qu'œuvre d'art, dont le point central consiste à déterminer quelles sont les propriétés esthétiques attribuables aux cartes (cf. figure n°58, ci-dessous).

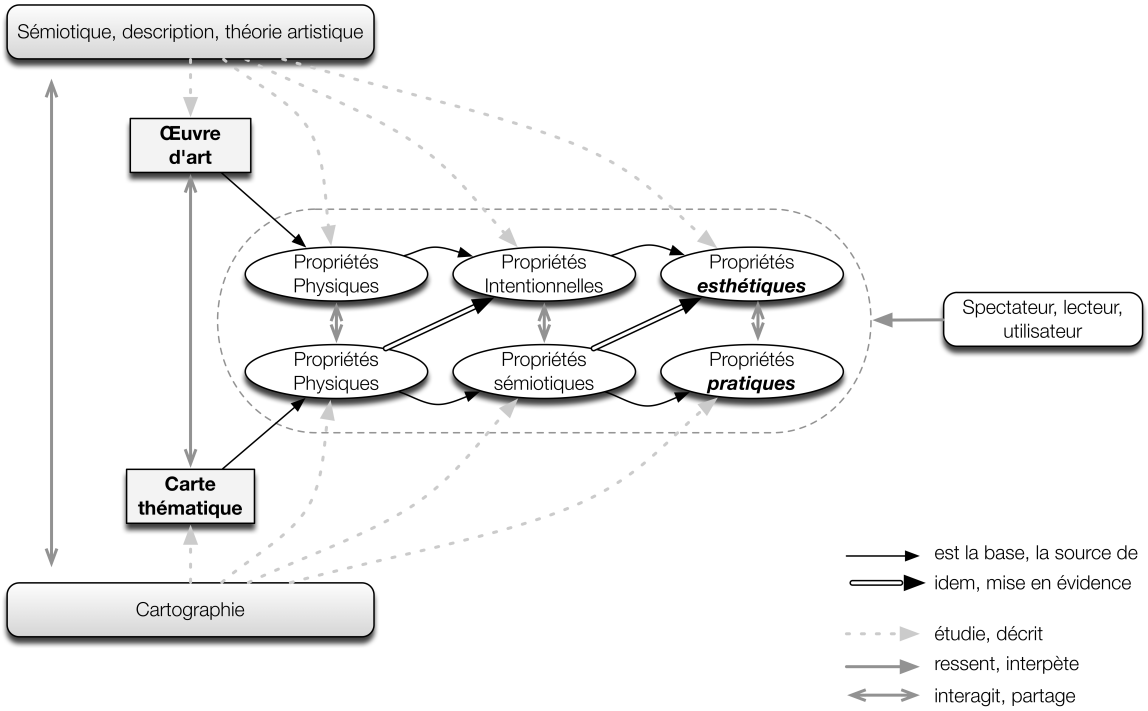


figure n°58 : Fertilisation croisée de la carte et de l'œuvre d'art.

La carte étant par définition une représentation expressive, communiquante, son rôle premier est d'être interprétée pour évoquer des idées, à propos d'un territoire et de phénomènes spatiaux. La carte est donc un objet particulier, disposant d'un pouvoir d'expression, dont la multiplicité et la profondeur des interprétations possibles fournit un substrat adéquat à la survenance de propriétés esthétiques. Par le biais des sens évoqués par la carte, peuvent survenir des propriétés intentionnelles, puis des propriétés esthétiques.

Du point de vue du fond, de la fonction de la carte comme moyen de communication de connaissances, tout d'abord :

- La carte vise à être un résumé pertinent d'un ensemble de réalités et de phénomènes plus grands et plus complexes. Sa *compréhension* donne donc accès à des connaissances dont l'acquisition est plaisante. J.S. Keates parle « d'extension de l'expérience humaine », à rapprocher de l'intérêt pour les ouvrages et films

documentaires, la recherche de connaissances nouvelles ou encore la stimulation de l'imagination[94].

- Le territoire représenté, la thématique exprimée, peuvent être la source de reconnaissance, de souvenirs et de validation d'hypothèses elles-mêmes sources potentielles de satisfaction.
- La compréhension de la carte, par le moyen de l'interprétation de ses signes, peut aussi être renforcée par l'utilisation de moyens de rhétorique visuelle, iconique ou plastique (cf. ch. 2, *supra.*).

Cet aspect nécessite que la représentation fonctionne, que la fonction sémiotique soit reconnue et comprise, ce qui implique la production d'un sens conçu adéquat. Un tel fonctionnement renvoie donc directement à la notion d'efficacité de la carte, dans un sens utilitaire. Les propriétés esthétiques qui surviennent dans ce premier groupe sont essentiellement de type évaluatif et affectif, manifestées par un sentiment de satisfaction.

Le mode d'expression du contenu de la carte, son aspect plastique, graphique, sont des éléments actifs dans son fonctionnement en tant qu'outil d'information, qui ne peut pas être séparé des idées, des informations qu'elle contient.

Du point de vue de la forme, de l'expression cartographique, ensuite :

- Un sentiment de satisfaction peut naître de l'adéquation entre le contenu de la carte et ses moyens d'expression. La simple mécanique de la compréhension / découverte de sens multiples, du rapprochement des catégories de signifiés, est potentiellement plaisante. La reconnaissance de cette adéquation entre fond et forme est encouragée par la qualité du travail du cartographe. On retrouve la proposition de R. Eldridge citée plus haut[95], ainsi que celles de M. Eckert et A. H. Robinson.
- Sans perdre de vue que la carte est toujours une représentation d'un territoire (fût-il virtuel ou théorique), elle est aussi une image, possédant une esthétique plastique. Les éléments de cette image peuvent former des signes plastiques, dont la qualité, la variété, l'interaction, la composition, peuvent faire naître des propriétés esthétiques. Par exemple une harmonie de couleurs, une complexité visuelle adaptée, une composition équilibrée, et de nombreuses autres caractéristiques graphiques qui sont l'objet de la théorie de l'art et du *design* graphique.
- La reconnaissance d'un style graphique, d'une inspiration formelle (formes, couleurs ou textures), peut aussi engendrer une satisfaction, et l'évocation des autres œuvres de ce même style, par comparaison. À la différence des œuvres picturales, l'auteur d'une carte est souvent inconnu. C'est donc plus largement le style de la carte ou celui du document qui la contient qui est activé esthétiquement par le public.

Ces propriétés sont elles aussi des types évaluatif et affectif, puisqu'on parle toujours de sentiment de satisfaction. Mais, à la différence du groupe précédent, peuvent aussi survenir des propriétés des types classificatoire et historico-esthétique, c'est-à-dire de genre et de style. Sans vouloir comparer les styles cartographiques avec les styles picturaux, car ces derniers sont établis, documentés et étudiés depuis des siècles, on peut néanmoins

94. [Keates, 1996], p. 223.
95. [Eldridge, 1985].

commencer à réfléchir à une organisation des propriétés esthétiques visuelles des cartes de certains producteurs ou groupes de producteurs selon le concept de style[96]. Ce type de propriété esthétique suppose alors un jugement de goût assez difficile, car il nécessite des conditions préalables de connaissance et de formation, d'existence d'une communauté culturelle.

On peut aussi noter que dans le cas des propriétés esthétiques apparaissant à partir de l'appréciation de la qualité de la carte, de l'adéquation contenu - forme d'expression qu'elle présente, on présuppose une certaine culture cartographique et géographique chez le lecteur. Le jugement esthétique, dans ce cas, est conditionné par une connaissance préalable minimale des méthodes disponibles et du sujet représenté[97].

Enfin, de façon hybride entre une interprétation iconique et plastique, on peut relever que la carte utilise des codes culturels variés, par le biais de symboles iconiques et plastiques qui vont se rapporter à des usages plus généraux dans la représentation graphique de l'information. Ces codes sont sociaux et vont rattacher l'image cartographique à un style visuel, lui-même lié à une culture et à une époque (par exemple le style art déco, cubiste, etc.).

La double source des propriétés esthétiques des cartes (contenu-fond / contenant-forme) est bien résumée par cette citation d'A. J. Kent :

> "The degree to which a mapmaker is successful in achieving an aesthetically pleasing map depends upon their sensitivity to the aesthetic character of the feature they are mapping and the aesthetic values of the audience, their awareness of the creative possibilities that cartographic language offers, their aesthetic judgment in evaluating these possibilities, and their skill in creating symbols which express the feature aesthetically to the audience." [Kent, 2005]

96. Des recherches sont effectivement lancées dans ce sens depuis quelques années, notamment au laboratoire Cogit de l'IGN (travaux de Sidonie Christophe, thèses en cours de Charlotte Hoarau et de Jérémie Ory, par exemple).
97. Au sujet des conditions de surgissement de ce type de propriétés esthétiques, cf. § 3.1.4 *supra*.

Pour conclure, ce chapitre a permis de résumer les théories et les approches concernant les propriétés esthétiques, leur ontologie et plus généralement le domaine de l'œuvre d'art, du point de vue de leur intérêt pour la cartographie moderne. Tout d'abord il a fallu préciser ce qu'on entendait par œuvre d'art et propriété esthétique, car ce sont des termes dont la définition a beaucoup évolué au cours du temps et qui restent encore aujourd'hui sujet à débat. Ensuite, nous avons pu montrer que, sous certains aspects, on pouvait considérer les cartes comme des œuvres artistiques et employer les méthodes de l'esthétique pour analyser ces objets particuliers, en prenant néanmoins des précautions. Il faut en effet tenir compte des différences relevées au niveau du contexte, des conditions de survenance des propriétés esthétiques, mais aussi du point de vue de la culture et de la formation à la fois des auteurs et des lecteurs-utilisateurs.

La réflexion ontologique a permis de définir plus précisément ce qu'étaient les propriétés esthétiques et de mieux saisir les conditions et modalités de leur survenance. On a pu établir une liaison tout d'abord avec l'approche sémiotique utilisée précédemment (ch. 2), par le biais de la fonction sémiotique elle-même. Les relations entre sémiotique et esthétique sont profondes, l'analyse sémiotique des œuvres picturales est assez développée et l'on peut y trouver des méthodes très intéressantes de description du fonctionnement sémiotique d'images. Ensuite, on a retrouvé dans ce chapitre des éléments évoqués à propos de la perception visuelle, avec notamment une possibilité de mise en parallèle de certaines propriétés esthétiques plastiques avec des modes de fonctionnement des modules perceptifs et cognitifs.

Au final on a pu synthétiser les apports de cette approche pour la problématique qui nous intéresse, en développant ce que l'on avait pu relever précédemment dans la sémiotique visuelle par des idées complémentaires, qui permettent de poursuivre le travail en indiquant des pistes, ainsi qu'en reliant de manière plus claire des domaines que l'intuition avait fait prendre en compte.

Ainsi, les auteurs de sémiotique appliquée aux œuvres picturales font directement référence à l'histoire de l'art et à la critique, en utilisant naturellement des concepts d'esthétique et notamment celui de propriété esthétique. Ces disciplines ont par exemple mis au point diverses méthodologies de description des œuvres d'art et de tentative d'explication de leur fonctionnement esthétique qu'il sera intéressant d'approfondir dans notre application à la cartographie. Par ailleurs, la mise en évidence d'une relation à la fois sémiotique et esthétique entre fond et forme, entre contenu et moyens d'expression, justifie les approches développées dans les domaines de la théorie de l'art et du *design*, dont il s'agit de l'objet d'étude. Ces questions feront l'objet de la prochaine partie.

Bilan de la première partie : un modèle renouvelé de la lecture des cartes thématiques

Dans cette première partie, nous avons cherché à mettre à jour et compléter le modèle théorique de lecture d'une carte thématique. En commençant par la perception visuelle, on a pu notamment relever des principes qui valident les méthodes classiques, mais aussi les approfondir et les relier à une structure plus globale et plus moderne de compréhension de la perception. Des automatismes perceptifs sont bien mobilisables au travers de principes simples de représentation formelle, découverts en bonne partie empiriquement et structurés dans des méthodologies devenues classiques. Mais il en existe d'autres, correspondant souvent à un niveau d'organisation supérieur, qui sont tout aussi actifs et utiles. On peut notamment citer l'importance de la structuration hiérarchique des stimuli visuels et son adaptation aux capacités mémorielles, en accord avec les théories modernes de l'attention et de la cognition des images.

À l'endroit du modèle où s'arrêtent les travaux des sciences neuro-psychologiques se trouve cependant un élément charnière : l'interprétation des éléments de l'image et de l'image dans sa globalité. C'est le domaine de la sémiotique, discipline qui a une longue histoire dans la méthodologie cartographique. En sémiotique aussi des développements importants et intéressants ont eu lieu récemment, particulièrement en ce qui concerne l'image. On a pu y découvrir une description tout à fait originale de la façon dont une image pouvait exprimer du sens, notamment évoquer des propriétés esthétiques, sans forcément utiliser des moyens figuratifs et explicites. Cette expression est même mobilisable selon des moyens rhétoriques, ce que l'on peut comprendre comme un indice de son efficacité potentielle.

Enfin, le dernier chapitre de cette partie s'est interrogé sur l'élément qui est au centre de notre problématique et dont le rôle a été mis en évidence par les chapitres précédents : les propriétés esthétiques. Sous cette appellation, qui peut sembler de prime abord vague et protéiforme, correspondant à ce petit supplément de signification qui provoque une sensation esthétique, se trouve en fait un concept très fouillé en philosophie. Cette discipline a pu nous apporter une définition plus précise des propriétés esthétiques et surtout une meilleure description de leurs modalités de survenance, c'est-à-dire de la façon dont ces propriétés pouvaient être exprimées, sur quelles bases et dans quel contexte.

Munis de ces connaissances et de ces méthodes, il nous faut maintenant nous interroger sur la description et les modalités d'application de ces propriétés esthétiques dans le cadre de la carte thématique, pour progresser vers notre objectif méthodologique et appliqué.

Deuxième partie :
À la découverte des propriétés esthétiques

Introduction

Après avoir justifié l'intérêt d'une telle approche pour la cartographie dans l'introduction générale, puis nous être intéressés à leur intégration dans le modèle de lecture de la carte thématique, leur définition et la façon dont elles pouvaient naître, dans la deuxième partie, nous allons maintenant examiner comment la science a entrepris la description et analysé l'application de ces propriétés esthétiques, au travers de trois points de vue disciplinaires qui nous semblent appropriés.

Tout d'abord l'approche de l'histoire de l'art de la critique est apparue comme une évidence, à la fois parce que leur objet est l'étude de l'évolution de l'art et sa description, mais aussi parce que l'on y emploie les outils de la sémiotique. On y recherchera spécifiquement des méthodes de description formelle qui permettent de découvrir et d'organiser des propriétés esthétiques dont la base est plastique, ainsi qu'une application des analyses sémiotiques évoquées dans la partie précédente. On fera régulièrement le lien avec la carte thématique, notamment en proposant des exemples d'application.
Ensuite, on s'intéressera aux apports des artistes eux-mêmes, lorsqu'ils ont poussé la démarche réflexive sur leur art jusqu'à élaborer des théories et des méthodes pédagogiques. Naturellement, dans la profusion des productions artistiques graphiques et picturales, on sélectionnera ce qui, *a priori*, pourrait être d'un intérêt particulier pour notre questionnement. Selon ce critère, on sélectionnera les approches formelles qui privilégient une réflexion à partir des formes graphiques simples et de leur composition pour permettre une meilleure comparaison avec la carte thématique. Ce positionnement désigne essentiellement la période des débuts de l'art abstrait en peinture.
Enfin, dans un troisième chapitre, on étendra cette réflexion à un domaine qui s'est développé plus récemment et qui commence seulement à s'organiser sous la forme d'une discipline scientifique : le *design* graphique[1]. En effet, ce domaine d'étude s'intéresse en particulier aux propriétés esthétiques des formes graphiques et de leur composition, dans une optique appliquée, utilitaire, d'efficacité, qui est d'un grand intérêt pour la cartographie thématique.

Ces trois chapitres auront comme objectif de repérer les éléments d'une méthodologie de mise en œuvre de propriétés esthétiques utilisables en cartographie thématique. On s'attachera notamment à relever des moyens concrets d'analyse ou de construction graphique potentiellement mobilisables dans le cadre de l'objet carte thématique. Ces pistes méthodologiques feront l'objet d'une synthèse puis d'une première expérimentation, au moyen du développements d'outils concrets suivi de leur test, dans la troisième partie.

1. Substantif d'origine anglaise parfois traduit en « conception graphique ».

Chapitre 4

L'histoire et la critique d'art pour la description des propriétés esthétiques

Une lecture formaliste en histoire de l'art

La conjonction de la sémiotique et de l'histoire de l'art, notamment la branche descriptive de cette dernière, l'iconographie, a produit plusieurs méthodologies permettant de décrire les œuvres d'art. Cette description permet notamment d'y découvrir les signes et leur fonctionnement, tant iconiques que plastiques. Hubert Damisch, philosophe et historien de l'art français[2], promeut cette articulation :

> « Là où l'iconographie prétend essentiellement à énoncer ce que représentent les images, à en « déclarer » le sens (pour autant qu'on accepte l'équivalence marquée par Wittgenstein entre le sens d'une image et ce qu'elle représente), la sémiotique s'attache au contraire à démonter les mécanismes de la signification, à mettre au jour les ressorts du procès signifiant dont l'œuvre serait tout à la fois le lieu et l'enjeu. » [Damisch, 1976][3]

Ces méthodes, mises en pratique par des études de cas, peuvent révéler des moyens d'étude des propriétés esthétiques des images, que l'on pourra peut-être aussi utiliser sur l'objet carte.

Jusqu'à présent, dans notre recherche d'une définition des propriétés esthétiques à l'aide de la sémiotique et de l'ontologie esthétique, c'est avant tout une approche formaliste de l'art qui a été privilégiée. De même, lorsque l'on s'interroge sur la façon dont la perception visuelle des formes graphiques et leur composition peuvent influer sur l'attention portée à une image cartographique, il s'agit d'une approche matérialiste, qui part des faits concrets pour aller vers des idées. Les signes qui nous semblent importants à étudier, car ils sont plus ténus, moins aisés à distinguer explicitement et quelque peu négligés, les signes plastiques, sont par définition issus de signifiants concrets, réels.

L'approche formaliste a connu des fortunes diverses en histoire de l'art, mais elle est revenue au goût du jour avec l'art dit moderne, sur lequel les approches dites littéraires qui s'étaient développées avec l'art « classique » deviennent moins opérantes[4]. Ce balancement entre interprétation métaphorique et lecture formaliste semble assez récurrent, on peut le

2. Fondateur en 1967 du Cercle d'histoire/théorie de l'art qui deviendra plus tard le Centre d'histoire et théorie des arts de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales.

3. Certains historiens de l'art se sont focalisés sur l'analyse sémiotique de certaines formes graphiques dans l'histoire, par exemple Michel Pastoureau et la couleur. Cf. [Pastoureau, 1989] et [Pastoureau, 2010].

4. Littéraire au sens de la description de la réception subjective et émotionnelle de l'œuvre, usant de métaphores, à l'opposé d'une description matérialiste des éléments présents et de leur composition.

rapprocher par exemple du tournant matérialisé par la célèbre critique de G.E. Lessing à propos de l'utilisation de concepts de la poésie pour décrire l'art pictural ou sculptural, en 1766, et la polémique qui a suivi[5], célèbre en histoire de l'art (polémique du « Laocoön »).

L'approche formaliste a pu être critiquée comme voulant *déclarer* le sens d'une forme ou d'une figure perçue dans une œuvre, alors que la sémiologie artistique cherche plutôt à *interpréter* la façon dont ce sens est émis, créé[6]. Il se trouve en effet dans l'histoire de l'histoire de l'art des exemples où le descripteur succombe à la tentation de la relation de causalité trop directe entre forme et sens, la volonté d'imposer un sens précis par la découverte de symboles. Or, on l'a vu, l'art reste avant tout une interprétation subjective, on peut juste s'interroger ici sur la possibilité de survenance de propriétés esthétiques à partir d'une image perçue.

On évoquera dans un premier temps la version moderne de cette approche descriptive, l'iconologie, pour son intérêt méthodologique, avant de présenter les méthodes formalistes.

4.1. Un effort dans la rationalisation de la description des œuvres d'art : l'iconologie d'E. Panofsky

Erwin Panofsky, historien de l'art réfugié aux USA à la montée du nazisme dans les années 1930, s'est distingué par une œuvre méthodologique importante, montrant une volonté de rationalisation et d'ouverture aux autres disciplines. À la fin des années 1930 il met au point une méthode d'analyse des œuvres (essentiellement picturales), qu'il baptise la méthode « iconologique » en réaction à l'iconographie qui est alors vue comme une description trop matérielle, pas assez interprétative. Cette nouvelle méthode est basée sur une interprétation progressive en trois niveaux, qui ne distingue pas l'étude des formes de celles des fonctions, ni l'œuvre de ses usages sociaux, selon les enseignements de son maître Aby Warburg[7] :

- Interprétation primaire ou naturelle : on identifie les formes à des objets ou des personnages, le décor et les relations entre ces objets qui peuvent constituer des évènements. Il s'agit d'une description « naïve » de ce que l'on peut voir dans l'image. Cependant, pour ce faire, il faut déjà faire appel à un minimum de connaissances stylistiques, par exemple pour reconnaître certains « motifs » (ou symboles codifiés) non naturels, comme une apparition divine[8].
- L'interprétation secondaire ou « conventionnelle » : elle permet de reconnaître les histoires ou les idées qui sont évoquées par les objets et leurs interactions dans l'image. L'exemple type en est l'allégorie, un symbole codifié où une forme (signifiant) doit être interprétée comme représentant un concept bien précis (le signifié), par exemple une femme tenant un rameau d'olivier signifiant la paix. La

5. [Lessing, 1766]
6. Cf. notamment [Damisch, 1974].
7. [Panofsky, 1939]
8. Cf. [Chalumeau, 2002], p. 62.

comparaison de l'œuvre avec l'histoire et la culture de l'époque représentée, ainsi que d'autres œuvres présentant les mêmes personnages, pourra aider à l'interprétation.

- Enfin la dernière interprétation est celle du « contenu », ou « signification intrinsèque » de l'œuvre, c'est-à-dire son originalité dans ce qu'elle exprime : L'historien de l'art se pose des questions concernant les raisons pour lesquelles les idées découvertes aux précédents niveaux d'analyse ont été représentés ainsi par cet auteur précis, à cette époque, dans cette culture et avec ces moyens et ressources.

Ainsi, pour E. Panofsky, l'œuvre est un « symptôme culturel »[9], un élément matériel qui est conditionné et inséré dans un milieu culturel et historique particulier. On retrouve ici une idée décrite précédemment à propos de l'ontologie de l'œuvre d'art (cf. *supra*., ch. 3) et qui a été notamment reprise de façon célèbre par Pierre Bourdieu dans sa sociologie de l'art[10]. Les œuvres d'art seraient alors des empilement de signes, articulés en système hiérarchisé, système qui nécessite une connaissance (une culture) adéquate pour être interprété et apprécié. Il s'agit donc également d'une méthodologie structurale[11], basée sur la sémiologie et les outils de la linguistique.

Cependant cette méthode est mal adaptée aux signes plastiques et aux œuvres modernes, notamment abstraites (ou anti-classiques), ce qui a produit un renouveau de l'iconographie, de la description formaliste.

4.2. Renouveau de l'iconographie et de la description formelle

4.2.1. L'iconographie selon H. Wölfflin

L'approche formaliste en histoire de l'art a essentiellement été fondée par Heinrich Wölfflin, critique d'art suisse, au début du vingtième siècle. H. Wölfflin avait commencé par se poser la question suivante, dans sa thèse soutenue en 1886[12]:

> « Comment est-il possible que des formes architecturales soient capables d'exprimer une émotion ou une humeur ? » [Wölfflin, 1886]

Il s'agit donc, en termes modernes, de la recherche du fonctionnement sémiotique des formes architecturales, qui permet leur interprétation en termes de sentiments. Ces formes essentiellement plastiques exprimeraient des idées et des sentiments. L'homme posséderait l'instinct de s'identifier avec ces formes, il se met alors à leur place. Par exemple,

9. Selon l'expression de J-L. Chalumeau, *op. cit.*, p. 63.
10. Il s'agit même d'une des premières applications du concept d'*habitus*, dans [Bourdieu, 1979]
11. Au sens de Cl. Lévy-Strauss.
12. Publiée en allemand en 1915, la traduction en français a été rééditée en 2005 par les éditions de la Villette.

H. Wölfflin évoque le sentiment désagréable provoqué par une forme déséquilibrée, comme si l'on se projetait à sa place et que l'on se trouvait soi-même, notre propre corps, en déséquilibre. C'est ce qu'on a appelé la théorie esthétique de l'empathie, développée autour de 1900 en Allemagne[13], on la retrouvera plus loin. Mais c'est dans l'analyse des styles picturaux et de leur évolution qu'H. Wölfflin s'est particulièrement distingué, au point d'être encore aujourd'hui une référence par rapport à laquelle les historiens de l'art se situent. Son analyse de la forme et du style est basée sur l'observation comparée des œuvres picturales des seizième et dix-septième siècles (Renaissance et style baroque de l'époque maniériste, plus précisément). Selon cette approche, les styles sont des systèmes de caractéristiques formelles dont la variation est progressive et qui se regroupent en ensembles cohérents, visuellement distincts.

4.2.1.1. Les catégories formelles dichotomiques d'H. Wölfflin

H. Wölfflin propose d'analyser l'évolution des formes entre ces deux périodes selon cinq catégories définies chacune par une opposition entre deux types d'aspects :

- Linéaire / pictural[14] (lignes nettes qui guident le regard / flou, vague, mouvement).
- Plans visuels en séquence / profondeur et perspective.
- Formes fermées / formes ouvertes, non délimitées par un contour visible.
- Multiplicité, éléments nombreux, mais articulés, ordonnés, reliés / unité, éléments indistincts et œuvre devant être lue comme un tout. Harmonie des éléments libres / harmonie d'un tout dans un thème unique.
- Sujet d'une clarté absolue / d'une clarté relative. Représentation de la réalité telle qu'elle est ou telle qu'elle est perçue.

Ainsi, selon cette analyse, des façons de faire, de représenter, vont constituer des signes plastiques exprimant le style, relativement homogène et cohérent d'une époque. Ce qui nous semble intéressant ici c'est la mention d'un rapport direct entre forme graphique et style artistique, donc propriété esthétique, différente selon l'époque et la culture.

Si les catégories établies par H. Wölfflin en étudiant la variation des formes graphiques entre la peinture de la Renaissance et celle du Baroque sont difficilement applicables à la peinture moderne et encore moins à la cartographique thématique qui n'est même pas de la peinture, on peut néanmoins relever des points intéressants.

Premièrement c'est la méthode qui possède un attrait spécifique : à partir de comparaisons de formes rassemblées en styles par leur aspect et leur composition, on pourrait repérer des effets expressifs différents et donc des interprétations distinctes par le public. Cette notion de style est-elle applicable au contexte de l'image cartographique ? On l'a vu au paragraphe

13. Cf. [Bridge, 2011]. On retrouvera cette idée plus loin en *design* avec le concept de kinesthésie et de substantification.

14. « *Malerisch* » a été traduit en français par « pictural » ou « pittoresque ». La seconde traduction correspondrait assez bien d'un point de vue étymologique, mais le mot a pris depuis un sens moins lié à l'art pictural, c'est pourquoi on utilisera la première version.

3.1.7., *supra*, cette question est au moins une hypothèse de travail actuelle dans plusieurs laboratoires, en plus d'être une intuition pour tout géographe.

Deuxièmement, relever des éléments plastiques formels, récurrents, qui, sans pour autant être figuratifs (mimétiques, iconiques), peuvent former la base physico-phénoménologique d'une propriété esthétique et d'un jugement de goût semble être à notre portée, outillés par les recherches préalables en perception visuelle, sémiotique et esthétique. Les catégories de variation entre les deux styles picturaux étudiés par H. Wölfflin sont forcément loin d'être opérantes sur une image cartographique dans leur version originale. Cependant on peut essayer d'en tirer une variante plus adaptée.

- Le premier principe distingue :

.1. des formes linéaires nettes, claires, simples, ordonnées de façon évidente voire symétrique, et isolant des éléments autonomes ;

.2. des formes plus floues, modelées, définissant des éléments moins distincts, positionnés de façon plus désordonnée. Présence plus importante de jeux d'ombre et de lumière.

En cartographie, comme en représentation graphique de l'information, cette dichotomie peut rappeler l'opposition existant entre un style graphique qui serait strict et volontairement très simplifié, notamment en vogue en statistique[15], et un style plus travaillé, présentant des textures, des ombres et une plus grande complexité de formes graphiques, que l'on retrouve plus souvent chez les géographes.

- Le deuxième principe :

.1. des plans visuels en séquence, simplement positionnés les uns devant les autres, comme des rideaux ou des décors de théâtre ;

.2. une composition dans la profondeur, avec un recul progressif ou utilisant les techniques de la perspective.

La représentation de la profondeur et de la perspective s'applique en effet aussi à la cartographie, de façon plus ou moins directe selon le type d'information spatiale. La simple superposition de plans dans la hauteur d'une peinture, pour donner une impression de profondeur, peut être assimilée à une superposition de plans d'information sans transition ou effet d'assemblage. Certaines astuces graphiques permettent de renforcer la perception d'une profondeur, même artificielle, entre les plans d'information, comme l'utilisation d'ombrages, de modelés (dégradés) séparant les couches, d'une fausse troisième dimension. L'utilisation réelle de la perspective, en cartographie, donne lieu à la création de bloc-diagrammes ou de modèles en trois dimensions[16].

- Le troisième principe :

.1. Formes fermées, délimitées, au contour net, ordonnées, symétriques, géométriques ;

15. Avec par exemple le style rigoureux promu par W.S. Cleveland et R. McGill, cf. [Cleveland, McGill, 1985]
16. Cf. [Jégou, 2007].

.2. Formes ouvertes, contour flou, désordonnées, « naturelles », non symétriques, non géométriques.

On retrouve certaines idées énoncées dans le premier principe, mais ici avec une focalisation sur la caractéristique de fermeture des formes. Une forme fermée se caractérise par un contour complet, bien délimité, éventuellement elle-même engagée dans une composition stable avec d'autres formes, par symétrie ou équilibre. Une forme ouverte sera au contraire moins bien définie, le contour ne se referme pas, elle est mal distinguée de son contexte immédiat et ne possède pas de relation stable, ordonnée ou équilibrée avec les autres formes.

Dans son ouvrage de 1915, *Principes fondamentaux de l'Histoire de l'Art*, H. Wölfflin décrit ces catégories avec plus de recul et en faisant un effort de synthèse. A propos des formes fermées, il établit un lien entre le style néo-classique de la renaissance et une attitude psychologique des artistes (et du milieu culturel artistique, par conséquent), attitude à propos de *la valeur de la forme*. Exprimée avec le vocabulaire de l'ontologie esthétique, on pourrait certainement évoquer ici la survenance d'une propriété esthétique qualitative, accordant de la valeur à une forme graphique. Qualifiant cette valorisation de la forme dans le style classique d'*attitude plastique*, H. Wölfflin émet l'hypothèse que cette attitude présuppose être la seule capable d'appréhender l'essence du monde, sa véritable nature[17].

> « Le classicisme est un art sobre, animé d'un désir de connaissance, qui existait depuis longtemps [...], mais qui n'aboutit que maintenant à une connaissance définitive, dans les limites d'un univers appréhendé plastiquement. » [Wölfflin, 1915], *op. cit.*, p. 71

Transposée en cartographie, la dichotomie formelle de cette catégorie sera *a priori* et pour plusieurs raisons assez difficile à appliquer. Tout d'abord le fond de carte lui-même va limiter les possibilités quant à la modification de la caractéristique de compacité, de cohésion. La carte étant composée d'un fond qui supporte l'information principale, entouré d'éléments explicatifs ou annexes, on se retrouve assez rapidement avec une composition qui délimite nettement des éléments visuellement indépendants. Deuxièmement, il est *a priori* ardu d'utiliser des formes floues, indéfinies et sans relation stable avec les autres éléments de l'image alors que l'on cherche à communiquer au mieux des informations spatiales complexes.

Cette appréciation tient lorsque l'on se limite à examiner le premier niveau de la composition de l'image cartographique, celui qui correspond à la vision première et globale de l'image. À un second niveau, lorsque l'on examine chacun des éléments individuellement, de plus près, dans ses formes graphiques plus précises, on trouve une certaine marge de manœuvre qui permet de faire intervenir les catégories du troisième principe de H. Wölfflin.

En ce qui concerne le fond de carte, son ouverture peut être réalisée en le fondant dans la composition, par exemple en utilisant un fond continu jusqu'aux bords de l'image, à fond perdu pour employer une expression technique d'imprimerie (cf. figure n°60 ci-après).

17. Ibidem., p. 59.

Naturellement, la distinction entre ce qui constitue le fond de carte actif, la zone d'étude cartographiée, et le reste de la représentation terrestre doit être visuellement marqué, par exemple par un changement de couleur ou de texture. On retrouve ici la différence entre les cartes présentant un fond simplifié et celles qui prennent soin de préserver la visualisation de la continuité de la surface terrestre. Dans le premier cas, le fond de carte se restreint à la seule zone d'étude, qui se retrouve alors figurée comme une île dans l'océan de l'arrière-plan de l'image[18]. Il faut noter que c'est le mode de représentation par défaut de la plupart des logiciels de cartographie assistée par ordinateur ou de système d'information géographique, dans lesquels les fonds de carte sont souvent utilisés de façon isolée (c'est-à-dire sans fond d'habillage ou de continuité spatiale continentale). Cet effet est parfois renforcé par une ombre qui vient encore isoler le fond de carte par une impression d'écart, de profondeur. L'impression de détachement correspond peut-être, dans l'esprit des concepteurs, à une certaine abstraction, mise à distance du réel, qui pourrait faire écho à la démarche observatrice de la carte thématique (isoler un thème).

De la même manière, on peut retrouver ce principe de fermeture/ouverture dans les autres éléments de la carte (légende, titre, mentions…) et dans leur rapport entre eux : indépendance ou fusion. Au final une image cartographique peut donner une idée de composition éclatée ou d'image uniforme.

- Le quatrième principe :

.1. Multiplicité, éléments indépendants, mais homogènes, articulés, ordonnés, reliés. Harmonie des éléments libres. Composition coordonnée ;

.2. Unité, éléments indistincts et œuvre devant être lue comme un tout. Harmonie d'un tout dans un thème unique. Composition subordonnée.

Cette classification implique directement la notion de composition. Si le premier style (classique ou Renaissance) privilégie la composition entre éléments bien définis qui sont prévus pour être identifiés, observés tour à tour, puis intégrés dans un ensemble rigoureux, le second style (baroque ou maniériste de la Haute-Renaissance) implique une composition hiérarchique, avec une nette organisation unifiée autour d'un centre. H. Wölfflin évoque à ce propos deux types de manifestations formelles pouvant servir d'indices. Premièrement, on peut rechercher dans l'œuvre la présence d'axes d'organisation, d'alignement et de positionnement des figures, de géométrie des directions structurales, de régulation[19]. Cette méthode d'analyse est utilisée par de nombreux critiques et théoriciens. Deuxièmement, un autre indice est la qualité du travail sur les proportions, qui apparaît à la Renaissance. Qu'il s'agisse du rapport anatomique des éléments d'une figure ou des dimensions relatives des parties d'un bâtiment, les proportions classiques sont nettement plus justes que dans les styles précédents. Leur justesse, surtout, les fait fonctionner comme un organisme coordonné, les structure visuellement.

18. Ce qui peut produire des effets sérieux lorsqu'il s'agit de cartes présentées quotidiennement au public par la télévision, cf. [Benoît, 1990]

19. [Wölfflin, 1915], *op. cit.*, p. 67.

- Le cinquième principe :

.1. Sujet traité d'une façon absolue. Interprétation directe. Représentation de la réalité telle qu'elle est.

.2. Sujet traité d'une façon relative. Interprétation indirecte, métaphore. Représentation de la réalité telle qu'elle est perçue par l'artiste qui l'interprète et en donne sa version.

La première façon correspond à l'objectif d'une représentation fidèle de la forme du sujet, si possible de façon exhaustive et juste. Le sujet est présenté comme préparé pour la contemplation par le public. La seconde façon, à l'inverse, délaisse la fidélité formelle pour privilégier la justesse de l'apparence, de l'interprétation, en utilisant des moyens picturaux. Le sujet n'est pas apprêté, mis en scène pour la présentation picturale, il est souvent cadré de façon originale, plus naturelle, potentiellement avec une impression de mouvement, de spontanéité. Cette distinction reprend une querelle ancienne en esthétique, portant sur la motivation de la représentation, le caractère esthétique du sujet et tout particulièrement celui de la nature. Cela correspond en outre à l'un des éléments importants par lequel l'art moderne occidental cherche à se différencier : le passage d'une représentation fidèle du monde réel à la transmission d'impressions, d'émotions[20], voire de concepts abstraits ressentis ou conçus par l'artiste.

4.2.1.2. Test d'application partiel sur deux exemples de cartes modernes

La figure n°59, page suivante, présente une série de formes graphiques qui la placent dans la première catégorie de la première dichotomie wölfflienne, celle des formes linéaires, fermées. Elle comporte en effet différents éléments sur fond blanc, munis de cadres nombreux et bien visibles, de marges confortables, qui les isolent. Même l'échelle est sortie du cadre de la carte principale, comme pour constituer elle aussi un élément indépendant servant à équilibrer la composition générale, en complétant la colonne de gauche, composée en outre du carton de localisation et de la légende. Sur la carte principale comme dans le carton de localisation (en haut à gauche), le fond de carte est lui aussi muni d'éléments bien délimités par un contour épais. La zone représentée est enfin isolée de son contexte géographique, comme entourée d'un espace vide.

20. Il s'agit bien sur de la motivation originelle du mouvement impressionniste, pour lequel on pourrait reprendre une bonne partie des catégories attribuées par H. Wölfflin au style « baroque » : composition ouverte, mouvement, et interprétation indirecte, sans parler de l'art abstrait bien sûr.

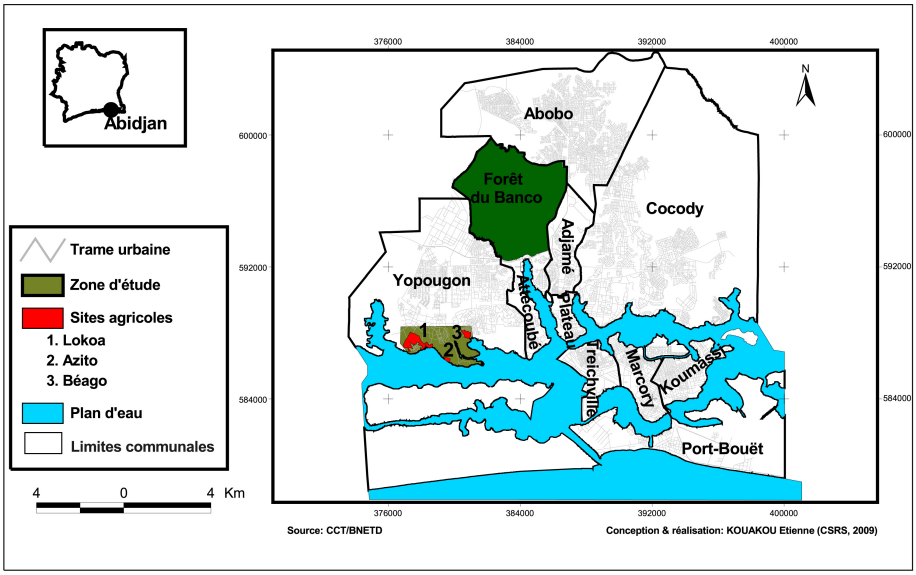


figure n°59 : Carte tirée de [Kouakou *et al.*, 2010]et al., 2010]..

Dans le deuxième cas, celui des formes ouvertes, le fond n'est plus fermé ni isolé, il se marie progressivement avec ce qui l'entoure, fût-ce au prix de moins de netteté. On en trouve un bon exemple dans l'*Atlas des Futurs du Monde*, de V. Raisson et T. el Atkaa, dont la figure n°60 ci-dessous est un extrait représentatif.

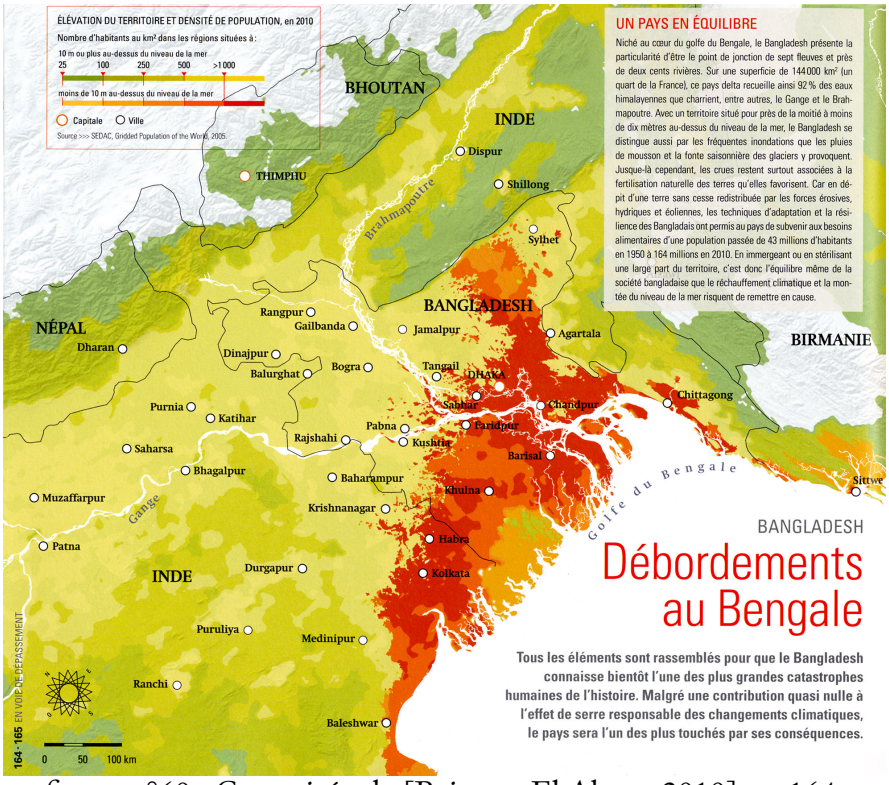


figure n°60 : Carte tirée de [Raisson, El Aktaa, 2010], p. 164.

Sur cette planche cartographique qui est donc une page d'atlas, on peut remarquer différentes caractéristiques des formes ouvertes selon la nomenclature d'H. Wölfflin. Tout d'abord, la carte n'est pas encadrée, elle occupe tout le fond de la page (au risque même de couper une partie du fond de carte actif, en bas de l'image). Cela oblige l'auteur à concevoir sa légende avec un fond transparent, et de placer les textes accompagnant la carte (titre, introduction, encadré) dans les endroits libres du fond, là aussi avec une semi-transparence en ce qui concerne l'encadré en haut à droite. La carte elle-même présente des éléments d'information colorés mais sans contours. Lorsque leurs teintes sont proches, elles se confondent presque et créent ainsi un effet de progression colorée dégradée, proche d'un modelé pictural. Cette absence de découpage de la composition en éléments distincts pousse le lecteur à en dégager d'abord une impression générale, qui va permettre le développement des conditions pour le surgissement de propriétés esthétiques différentes. Par exemple, la composition ouverte, la fusion des éléments et leur plus grande variété vont favoriser une représentation relative du sujet, indirecte, c'est-à-dire l'interprétation par le lecteur d'un ensemble visuel cohérent plutôt qu'une simple reconnaissance séquentielle de formes isolées. Comme on l'a vu plus haut (cf. *supra* § 3.1.5), la profondeur apportée par la possibilité d'interprétations multiples est l'une des bases importantes pour l'attribution de propriétés esthétiques et le maintien de l'attention du lecteur.

4.2.2. L'iconographie selon Max Raphaël

Max Raphaël est un historien de l'art allemand, étudiant d'H. Wölfflin à Munich, puis, en France, d'Émile Mâle et d'Henri Bergson, au début du vingtième siècle. Lors de ses études en France, il croise Henri Matisse, Pablo Picasso, Auguste Rodin et étudie le développement de l'art moderne selon une approche sociologique.

Ses travaux les plus connus, cependant, le seront de façon posthume. Ils sont basés sur son enseignement de l'histoire de l'art, redécouvert et diffusé par l'école marxiste plus tard au cours du vingtième siècle. Il y développe une méthodologie annoncée comme « scientifique » de la description des œuvres d'art, volontairement détachée de toute interprétation symbolique, liée au contexte historique et assise sur une description de la façon dont l'œuvre a été créée, *configurée*, par l'artiste. L'interprétation de l'œuvre picturale peut selon lui se réaliser en n'utilisant que les éléments qu'elle contient et en essayant de prendre le point de vue de l'artiste.

Dans une intéressante présentation de ce travail dans l'édition de la version française chez l'éditeur Klincksiek[21], D. Modigliani résume ainsi l'angle original de Max Raphaël :

> « Pour Max Raphaël, décrire une oeuvre d'art c'est essayer de "visualiser" le processus au cours duquel l'oeuvre à été configurée. La description requiert par conséquent une lisibilité. [...] Dans la peinture, c'est du "peindre" dont il est question, pas du peintre, contrairement à la tendance courante en histoire de l'art à l'époque (début du vingtième siècle). » (p. 42).

21. [Raphael, 2008]

Cette approche nous a semblé intéressante, car elle s'intéresse avant tout à l'image en tant que telle, l'étudie à partir de son contenu et sans faire intervenir de sources d'informations ou d'interprétations externes. Cette focalisation sur les formes et l'aspect matériel de l'image projetée par l'œuvre offre la possibilité d'appliquer la méthode sur d'autres images, comme les cartes thématiques.

L'œuvre d'art est une entité autonome : selon M. Raphaël, le peintre ne représente pas un élément du monde réel, mais ses sensations face à cet élément, ses perceptions transformées par son esprit[22]. Avec cette approche, on peut donc espérer identifier des propriétés esthétiques plastiques sur une base abstraite. Par ailleurs, Max Raphaël s'est aussi beaucoup intéressé à l'agencement des éléments composant une image. Agencement est ici la traduction approchée du mot allemand *Werkgestalt*, que Max Raphaël définit comme "le rapport des éléments au tout et des relations des éléments entre eux"[23], mais qui correspond aussi à l'idée de composition.

4.2.2.1. Les niveaux de la description formelle

Concrètement, la méthodologie de description proposée par Max Raphaël se présente sous la forme du développement de trois niveaux progressifs de description (figure n°61).

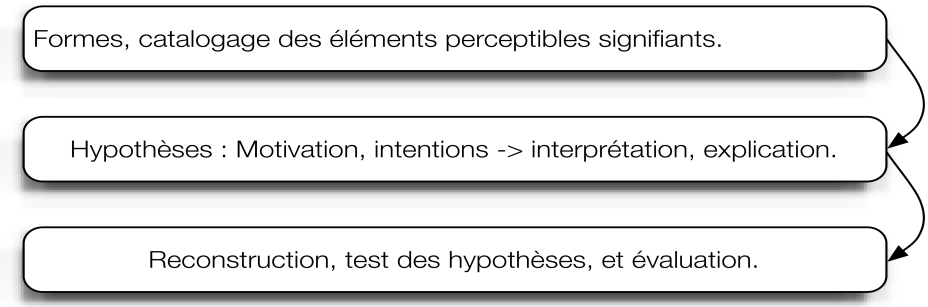


figure n°61 : Les trois niveaux de description selon M. Raphaël.

- La description du donné, l'objet fini, selon ce qui est directement disponible à la perception sensorielle. Elle permet de comparer et classer les objets. Il s'agit d'un catalogage, d'un recensement des éléments perceptibles, sans interprétation.
- La description de l'action des forces créatives actives qui ont abouti à l'œuvre, des motivations, des intentions, en assemblant les éléments en un tout cohérent. Elle expose ce qui est accessible au sens intérieur, à l'intuition, relatif à l'essence de l'œuvre. Cette description essaye d'expliquer l'œuvre, de l'interpréter.
- Une description reconstruite par l'observateur, qui se fait alors une image de l'objet comme le produit des concepts et les expérimente pour les éprouver. Véritable

22. On retrouve ici l'influence du mouvement impressionniste, dont il analyse les indices dans l'œuvre tardive de Paul Cézanne, notamment la série des *Montagne Sainte-Victoire*.
23. *ibid*em, p. 46.

approche scientifique de l'interprétation de l'œuvre, le descripteur essaye de se mettre à la place de l'artiste, il *expérimente* directement.

Ces trois types de description, annoncés comme réalisant une progression dans l'analyse complète, peuvent nous paraître aujourd'hui assez abstraits dans leur définition et leur articulation. Cependant Max Raphaël propose ensuite une série fournie de concepts opératoires et de moyens d'analyse mieux définis, en les organisant et les articulant en un tout cohérent qui possède des qualités pratiques très appréciables. Nous allons essayer ici de le résumer du point de vue formel et de relever ensuite les éléments potentiellement utilisables pour décrire de façon structurée l'image cartographique.

4.2.2.2. Les éléments de la description

- **La forme isolée**

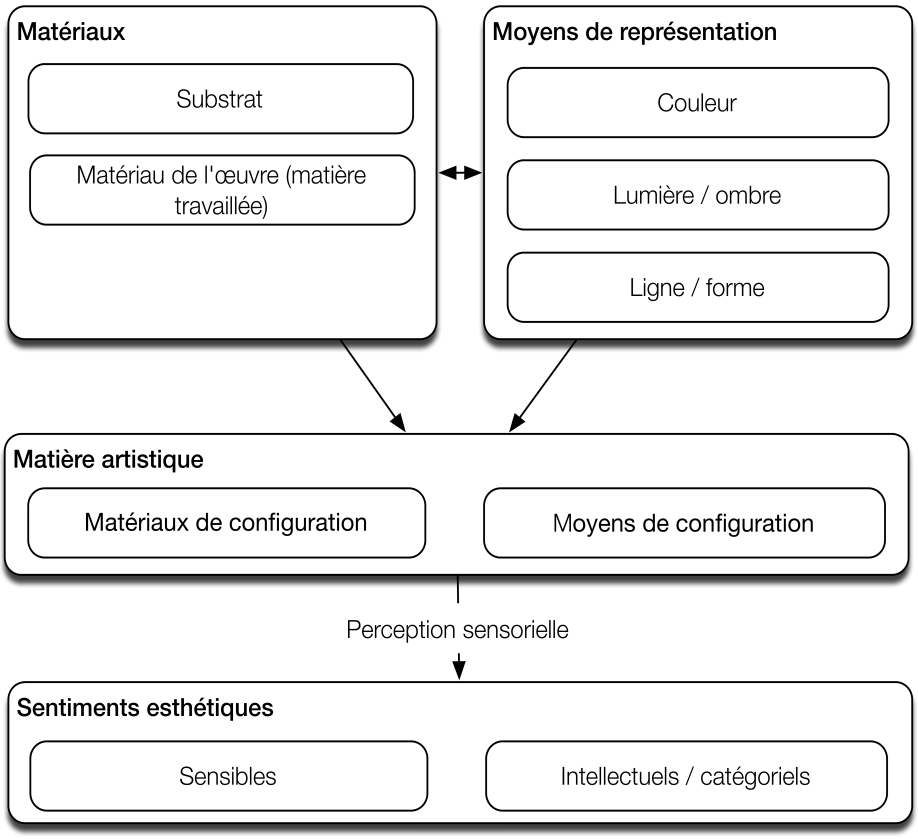


figure n°62 : La description de la forme isolée selon M. Raphaël.

Selon M. Raphaël, le concept de forme correspond au résultat de la première étape du processus de configuration artistique qui, à partir des matériaux, des moyens de représentation et des sentiments, va produire un ensemble d'éléments qu'il faudra ensuite agencer (cf. figure n°62, ci-dessus).

- **Les matériaux**

- **Matériau du substrat de l'œuvre**

Ce matériau est travaillé par la technique en fonction de l'esprit de l'artiste. Les propriétés physiques du matériau vont être plus ou moins modifiées par les techniques disponibles, selon la volonté de l'artiste. Par exemple, une technique particulière pourra donner une impression de fluidité à la pierre ou à l'inverse utiliser son caractère massif et solide.

- **Matériau de configuration de l'œuvre**

Il s'agit de la matière réellement travaillée par l'artiste pour lui faire exprimer des sentiments (gouache, huile, fusain…). Ce matériau doit supporter la représentation, l'expression, des éléments du monde réel et des sentiments de l'artiste à leur propos, selon un certain degré d'imitation.

- **Les moyens de représentation**

Ces moyens correspondent aux propriétés graphiques utilisées pour la représentation, évoquant les « variables rétiniennes » de la sémiologie graphique[24] : couleur, lumière / ombre, ligne ou forme. Ces moyens sont immatériels et ne dépendant pas du matériau de configuration de l'œuvre. M. Raphaël souligne la grande importance de la tension pouvant exister entre la substance matérielle (du matériau) et la substance immatérielle (du moyen de vision au moyen de représentation). Selon lui, on a trop souvent voulu évacuer cette tension, cette relation variable, en attribuant directement un sens, une valeur expressive trop étroits à certains moyens de représentation, par exemple la couleur[25]. Une telle relation forme graphique - sens exprimé est en fait très sensible au contexte culturel, subjectif. Les moyens de représentation peuvent être très riches et offrir une large palette de sentiments exprimables. La couleur possède par exemple un grand nombre de dimensions utilisables : simple / composée, pure / dissoute, intense / atténuée, éclatante / mate, et même un effet dynamique en profondeur (couleurs chaudes qui donnent l'impression d'avancer, froides de reculer dans le tableau). Enfin les relations entre les couleurs sont aussi expressives : proches / opposées, continues / discontinues. On retrouvera ces catégories d'expression dans les prochains chapitres. La décomposition de ces moyens de représentation, leur isolation par le lecteur, est une opération subjective, donc potentiellement arbitraire et variable, qui ne correspond pas forcément à l'intention de l'artiste.

- **La méthode de création artistique, les moyens de configuration**

La méthode de création est la combinaison des moyens de représentation pour les assembler en moyens de configuration. Les trois moyens de représentation de base (couleur, lumière et ligne) sont combinés pour créer une valeur plus grande dans une unité, un tout artistique de niveau supérieur. On peut y voir un reflet de la « façon » d'un artiste, sa pratique personnelle des moyens de représentation.

---

24. M. Raphaël parle aussi, en 1930, de « moyens de vision ».
25. *Ibidem*., *op. cit.*, p. 343.

- **La matière artistique**

La matière artistique est constituée par le déroulement simultané des deux processus évoqués précédemment, matériel et immatériel :

- du matériau du substrat au matériau de l'œuvre puis au matériau de configuration ;
- des moyens de vision aux moyens de représentation puis aux moyens de configuration.

M. Raphaël fournit ici un outil conceptuel, la matière artistique, qui permet de prendre en compte la diversité des œuvres produites à partir des mêmes matériaux, des mêmes techniques, par les mêmes artistes.

- **Perception sensorielle**

M. Raphaël distingue ici les moyens visuels (formes graphiques, variables rétiniennes) de leur interprétation par les sens. La perception est une sémiose. L'interprétation génère des sentiments, simples, immédiats, perceptifs.

- **Sentiments esthétiques**

Les sentiments esthétiques sont issus du regroupement et de la coordination des sentiments perceptifs. M. Raphaël en distingue deux types : le sensible et l'intellectuel-catégoriel, le premier étant plutôt personnel et subjectif, le second plutôt social, culturel. On retrouve donc ici des propriétés esthétiques, de la catégorie affective et de la classificatoire (cf. *supra*., §3.1.3) survenant à la fois sur des propriétés physico-phénoménologiques (matériaux et moyens de configuration), et les propriétés intentionnelles (perception sensorielle qui produit des qualifications culturelles, stylistiques, émotions, croyances, etc.).

- **L'agencement**

  - **Structuration de l'espace total de l'œuvre**

L'espace est décomposé en deux dimensions et celles-ci en leurs directions. À partir de ce système d'organisation simple et statique, le peintre peut introduire un décalage, un écart à la stabilité attendue, et ainsi provoquer une « tension entre cette énergie vivante du décalage et l'inertie du système statique qui cherche à se maintenir » (*ibidem*, p. 359). L'espace est ainsi « activé ». Cette notion de décalage dynamique, apportant une énergie, une mobilité, renvoie directement à l'allotopie sur laquelle se base la rhétorique visuelle (cf. *supra*, § 2.5). Il est intéressant de noter que la rhétorique prend ici sa source dans une variation de la forme plastique de la composition, dans l'espace en deux dimensions de l'œuvre picturale. La dimension de profondeur est suggérée par une série de plans parallèles à la surface de l'image, qui se succèdent de façon plus ou moins continue. Si cette façon de représenter la profondeur réelle, en trois dimensions, sur une toile en deux

dimensions, est caractéristique de la période antérieure à la Renaissance[26], elle constitue néanmoins une façon de percevoir la profondeur dans une image, plus ou moins consciente. D'autres moyens sont utilisés pour renforcer cette impression de profondeur, comme une taille décroissante avec la distance et un affadissement des couleurs.

- **Lignes directrices et axes**

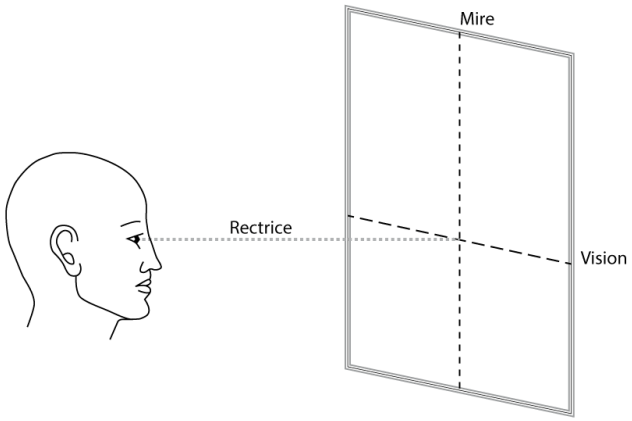


figure n°63 : Les lignes directrices selon M. Raphaël.

M. Raphaël distingue trois lignes directrices qui vont guider la lecture d'un tableau (figure n°63) :

- La *ligne de vision* est horizontale dans le tableau et placée à hauteur de notre regard, elle partage le tableau en deux parties : haute et basse.
- La *ligne de mire* est perpendiculaire à la précédente. Elle est la verticale du tableau qui est placée face à notre regard. Elle va indiquer le centre du tableau et mesurer la distance du bas vers le haut.
- La *ligne rectrice* détermine l'éloignement de l'œuvre par rapport au spectateur, le lieu depuis lequel « elle veut être perçue » (*ibidem*, p. 362). Elle guide le rythme de la représentation de la profondeur.

À ces trois lignes, nées de la relation entre spectateur et œuvre, il faut ajouter les lignes issues du matériau de l'œuvre, de par les mesures absolues des positions des éléments de la composition et les relations, les proportions arithmétiques qu'elles expriment. La simple forme du tableau va déjà créer des lignes remarquables : axes médians, diagonales, rapports de la section dorée[27]. M. Raphaël ne considère pas ces propriétés comme étant « créatrices d'art » en elles-mêmes, mais comme des signes plastiques importants qui vont fonctionner, exprimer du sens, et se retrouver alors en accord ou en contradiction avec le contenu que l'artiste veut exprimer. M. Raphaël n'utilise naturellement pas ce vocabulaire sémiotique dans son texte, mais cette traduction semble tout à fait logique.

26. La représentation perspective a été systématisée par Masaccio, Piero della Francesca et théorisée par Alberti au milieu du quinzième siècle en Italie.
27. Ou « nombre d'or », rapport entre la longueur et la largeur d'un rectangle correspondant approximativement à $(1+\sqrt{5})/2$, ou 1.618, considéré comme une valeur « idéale » et équilibrée, qui a notamment été utilisée dans l'architecture de la Grèce antique. On retrouvera ce ratio plus loin.

À ce moment de sa méthodologie de description iconographique, M. Raphaël établit directement une relation entre forme plastique, composition, et sens exprimé. Il indique même que par ces moyens formels, l'artiste « peut prescrire à l'observateur le chemin à travers ce système de lignes remarquables » (*ibidem*, p. 364), ce qui correspond assez bien à l'idée de faciliter un parcours visuel de lecture de l'œuvre, de guider l'attention du spectateur par une structure perceptive.

- **Forme efficiente**

M. Raphaël établit ensuite une différence entre *forme existante*, concrète, et *forme efficiente*, expressive. C'est là encore une possibilité de rapprochement avec la sémiotique. La forme efficiente est celle qui permet l'interprétation d'un sens évoqué, non représenté, à partir de certains moyens de configuration. La couleur, par exemple, possède une tendance expressive, qu'il faut cependant guider et renforcer en jouant non pas sur des couleurs pures, mais sur des combinaisons de couleurs. La forme efficiente va permettre au spectateur de générer de lui-même le sentiment, et ainsi de ressentir une émotion esthétique plus grande, plus adaptée à ses goûts, que la simple reconnaissance d'une forme figurative, mimétique et complète de l'objet ou du sentiment à exprimer. On retrouve aussi ici une des définitions possibles de l'art (et donc du caractère esthétique ou plaisant d'une image) : celle qui se base sur la capacité d'une œuvre à évoquer chez le spectateur des interprétations multiples et profondes, sans toutefois devoir représenter complètement les bases de leur survenance (cf. *supra.* § 3.1.1.).

- **Types d'agencements**

« L'agencement peut être lu d'après la manière dont les formes isolées, en s'unissant entre elles, façonnent le tout, ou, inversement, à la manière dont se déduit, à partir du tout, la forme isolée. » (*ibidem*, p. 373). M. Raphaël qualifie d'*organique* un agencement dont chaque forme isolée est conditionnée par les précédentes et possède pour le tout une valeur finale et déterminée. L'œuvre est alors autosuffisante, compréhensible en elle-même. On peut établir ici un parallèle avec les catégories de H. Wölfflin concernant la composition, notamment celle distinguant les formes ouvertes des formes fermées. Les agencements non autonomes vont à l'inverse nécessiter une aide extérieure pour leur justification : subjective ou objective, décorative, dépendant du « monde de l'artiste » ou des matériaux.

M. Raphaël prend l'exemple de l'œuvre impressionniste de Claude Monet : par la touche comme la composition générale, l'agencement est fragmentaire. L'instant, l'éphémère est préféré à l'universel, le sentiment par rapport à la raison. Le modelé de la forme est abandonné, se restreignant à la touche élémentaire, sorte de virgule qui n'a pas de forme précise.

- **Le motif**

M. Raphaël désigne sous ce terme ce qu'on pourrait comprendre par structure formelle, « une espèce de colonne vertébrale du corps de l'œuvre, qui possède une double

fonction : réunir les formes isolées de telle sorte que leur totalité close rende la teneur clairement sensible, et en même temps constituer l'unité formelle de base à partir de laquelle peuvent être dérivées toutes les autres formes comme autant de variantes, et à laquelle toutes les autres se réfèrent comme à leur axe. » (*ibidem* p. 379). Cette structure peut être une relation de rhétorique plastique entre formes, par exemple entre la jambe d'appui et la jambe libre dans la sculpture classique grecque, les contreforts et les arc-boutants dans l'architecture gothique. Cette relation fait souvent partie du style auquel l'artiste peut rattacher une œuvre, en utilisant non seulement des formes, mais des relations, une structure et une composition spécifiques.

4.2.2.3. Les apports de la description selon M. Raphaël

La méthode de la description iconographique mise au point par M. Raphaël est complexe, composée d'éléments multiples mais aussi faisant appel à des concepts parfois ardus. Cependant on peut relever quelques idées-forces qui ont l'intérêt de compléter les éléments relevés chez H. Wölfflin et qui peuvent être utilisés sur notre objet particulier qui est l'image cartographique.

- **Une description structurée en trois niveaux de profondeur croissante.** Premièrement la procédure en trois niveaux de description permet de donner une place utile et logique au simple catalogue des formes visuelles présentes dans l'image, directement perceptibles. Cette étape ne se conçoit pas comme un moment discret de la méthode, car elle est imbriquée dans les étapes suivantes, réalisée en plusieurs fois selon la découverte des forces créatrices et de la reconstitution de la motivation de l'artiste qui sont les niveaux suivants de la description.

- **La production artistique comme acte subjectif**. Deuxièmement, on note l'accent porté sur la motivation de l'artiste, conçu non comme un individu isolé, mais comme l'interprète d'un moment dans l'histoire de l'art, d'un groupe et d'un style (le « monde de l'artiste »). L'objet de la critique et de l'histoire de l'art est recentré sur le contexte de la création de l'œuvre, qui est l'élément central pour son interprétation et sa compréhension (nous n'irons pas jusqu'à l'idée d'explication de l'œuvre qu'emploie M. Raphaël).

- **Du matériau à l'idée par les moyens de représentation.** Troisièmement, M. Raphaël établit une catégorisation intéressante des constituants de l'œuvre, à la fois matériels et conceptuels. Du matériau lui-même, on passe aux moyens de représentation, dont on relève la forte proximité avec le concept de variable rétinienne de la *sémiologie graphique*, pour en arriver à des concepts plus abstraits comme la matière artistique et les sentiments esthétiques. Cette description progressive du concret vers l'abstrait permet de construire pas à pas une structure d'interprétation de l'image, en liaison avec le premier niveau formel de la description régulièrement mis à jour.

- **La forme au service de l'expression.** Quatrièmement, sans employer le vocabulaire sémiotique, M. Raphaël établit clairement une réflexion de cet ordre en reliant d'un

côté la forme matérielle et de l'autre le contenu exprimé. Par le biais des *moyens de configuration* tout d'abord, la façon d'utiliser les moyens de représentation et les matériaux, puis de la *matière artistique*, de la *perception sensorielle* et des *sentiments esthétiques*, l'articulation des deux modes d'expression est découverte et décrite. On en arrive alors au concept de *forme efficiente*, qui nous semble être d'un sens très proche de celui de *signifié* en sémiotique. On remarque aussi la relation à la notion de propriétés esthétiques et de leur survenance en deux temps, ce qui semble conforter la théorie ontologique de R. Pouivet (cf. *supra.*, ch. 3).

- **Décrire la composition.** Enfin, M. Raphaël propose une façon structurée de décrire la composition, l'agencement d'une œuvre, en observant à la fois ses composants matériels comme ses composants conçus, ses signifiants et ses signifiés. On y trouve des éléments de la structuration formelle de la composition, comme les plans de profondeur, les lignes directrices, ou de la forme isolée comme la touche et le modelé, qui font partie de l'arsenal du critique esthétique et qui pourront faire l'objet d'analyse formelles spécifiques.

4.2.3. Description selon Max Raphaël et image cartographique

À titre d'exemple d'application de certaines méthodes de la description d'après Max Raphaël sur une carte thématique, on peut s'intéresser à la présentation d'une planche qui est l'une des toutes premières utilisations de la méthode choroplèthe[28].

La planche cartographique choisie est réalisée par André-Michel Guerry et Adriano Balbi, (cf. figure n°64, page suivante) ; le premier était un avocat intéressé par la statistique sociale (dont il fut un des fondateurs avec Adolphe Quetelet), le second un ethnologue. Elle est imprimée en grand format en 1829, *in plano*, et s'intitule *Statistique comparée de l'état de l'instruction et du nombre des crimes dans les divers arrondissements des Académies et des Cours Royales de France*.

Du point de vue pictural, cette planche (ou « tableau » selon son appellation d'origine) est relativement simple, mais elle présente des caractéristiques intéressantes sous l'angle formel et dans la relation entre la motivation de la représentation et l'interprétation de l'information qu'elle contient.

28. Méthode mise au point en 1826 par Charles Dupin (1784-1873), pour plus de détails sur les premières cartes thématiques cf. un ouvrage de référence : [Palsky, 1996]

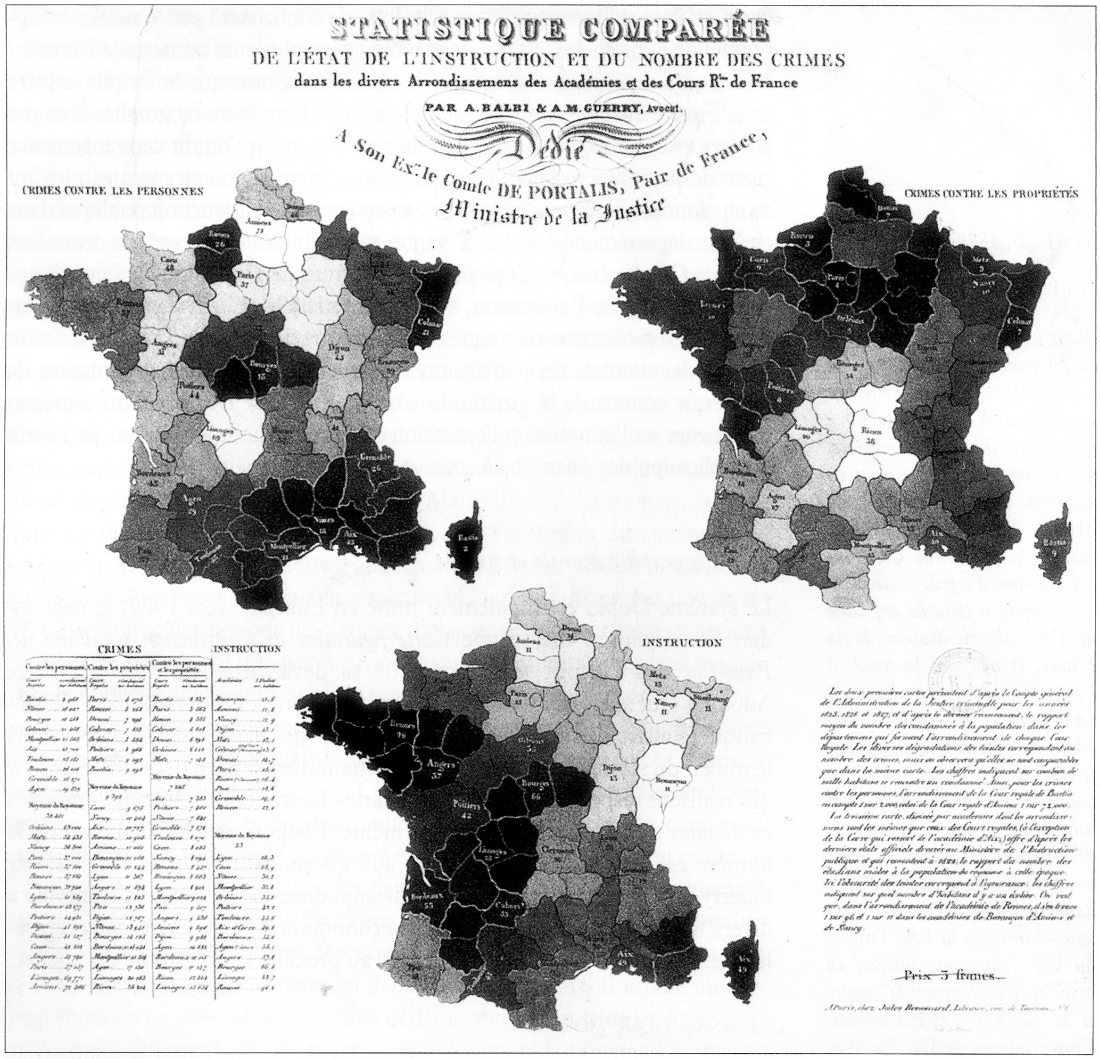


figure n°64 : *« Statistique comparée de l'état de l'instruction et du nombre des crimes dans les divers arrondissements des Académies et des Cours Royales de France »*, A.-M. Guerry et A. Balbi, 1829.

4.2.3.1. Premier moment de la description : Matériaux, moyens et catalogue des formes.

Matériaux et techniques de reproduction

L'un des intérêts de la méthode raphaëlienne est de remettre en avant des approches souvent délaissées, voire considérées comme non pertinentes, alors que l'évolution des techniques et des usages peut les avoir de nouveau rendues intéressantes. À ce titre, on retrouve donc l'intérêt pour les matériaux, à la fois comme substrat qui offre des possibilités variées de moyens de représentation (*c.-à-d.* de variables visuelles). Ici, le matériau utilisé comme support est naturellement dépendant de la technique de reproduction choisie. Il s'agit bien sûr de la lithographie, introduite en France une dizaine

d'années auparavant et qui va permettre un essor beaucoup plus important de l'illustration, notamment dans des publications à grande diffusion comme les quotidiens[29].

Ainsi, le choix du matériau et de la technique de reproduction nous indique plusieurs idées concernant le statut du document (du point de vue des auteurs et du public) :

- une publication à relativement grand tirage ;
- la forme est définitive et considérée comme aboutie ;
- la technique de production et de reproduction n'est pas très complexe, elle n'a pas demandé un temps long de production de la part d'un artiste ;
- une diffusion par un éditeur-libraire connu[30], à un public indéterminé, mais que l'on peut qualifier d'instruit. À partir de ce que l'on connaît de l'éditeur, on peut aussi envisager un public plutôt parisien et lié aux lieux de pouvoir.

Par ailleurs, la gravure lithographique permet de rendre assez facilement des effets de dégradés de gris, qui vont se révéler très utiles pour le document qui nous intéresse.

Formes

Les moyens de représentation, ce qui dans le vocabulaire descriptif de M. Raphaël correspond aux signifiants formels de l'image, vont être limités par ce que l'on vient de décrire : le matériau et la technique de reproduction. La lithographie couleur, ou chromolithographie, n'est pas encore développée à l'époque (le brevet fut déposé en 1837), et c'est donc le simple trait noir sur le fond blanc du papier qui va devoir supporter la représentation. Ce trait noir permet déjà un grand nombre de types de dessin, notamment par la technique du hachurage régulier, courante en gravure, qui va produire par effet de texture des gammes de niveaux de gris. Ainsi, à partir d'un simple trait fin, on va pouvoir jouer sur la ligne / forme et sur la lumière / ombre, pour utiliser les catégories de M. Raphaël.

Moyens de configuration

Les formes sont assemblées, composées en moyens de configuration, c'est-à-dire en entités cohérentes de niveau supérieur par leur interprétation.

29. En effet, par rapport à la technique précédente de la gravure sur cuivre, la gravure sur pierre à la base de la lithographie est bien plus simple (utilisation d'encre, possibilité de dessin au crayon, durabilité, reproductibilité) et moins coûteuse.
30. L'éditeur, Jules Renouard, est le fils d'un autre éditeur célèbre, Antoine-Augustin Renouard, dont les ouvrages furent remarqués notamment par la qualité de leur gravures. Il fut marié à une fille de ministre puis à la sœur d'un banquier influent.

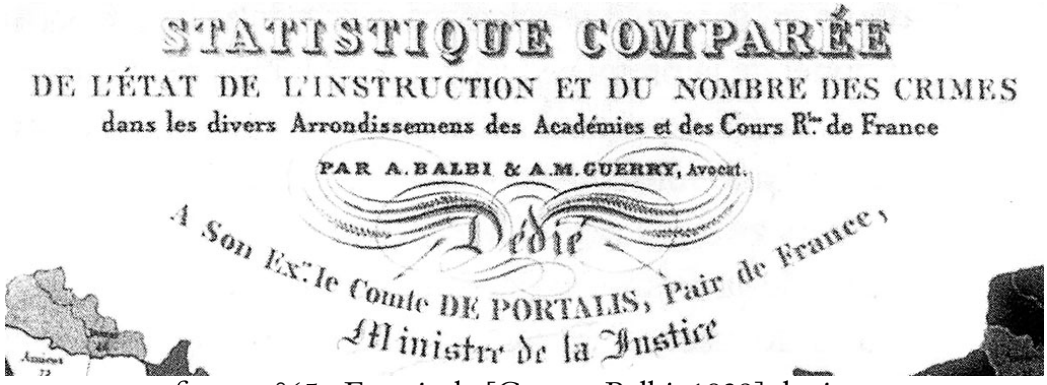

STATISTIQUE COMPARÉE
DE L'ÉTAT DE L'INSTRUCTION ET DU NOMBRE DES CRIMES
dans les divers Arrondissemens des Académies et des Cours R.es de France
PAR A. BALBI & A.M. GUERRY, Avocat.
Dédié
A Son Ex.ce le Comte DE PORTALIS, Pair de France,
Ministre de la Justice

figure n°65 : Extrait de [Guerry, Balbi, 1829], le titre.

Dans l'image qui nous intéresse, la planche composée de cartes, d'un tableau et de textes, ces moyens sont :

- Les caractères de texte, selon diverses formes :
  - un titre général dans une police contour (creuse) ;
  - des majuscules grasses pour les titres des cartes et le sous-titre ;
  - une police de style gothique pour la dédicace, des fioritures assez élaborées autour du mot central, « dédié ».
  - une police cursive pour le texte explicatif ;
- Les lignes formant contour des départements français, et donc le fond de carte.
  - Leur teinte varie en fonction inverse de la teinte de surface du département.
  - Ces lignes sont notables aussi par leur courbure, qui est très douce, correspondant à un niveau de généralisation tout à fait adapté à l'échelle.
- Les taches de valeurs de gris, supportant une représentation thématique de l'information statistique spatialisée. On note que la totalité de l'étendue de la gamme de luminosité (de valeur) est utilisée, du blanc au noir ;
- Les cartes ne possèdent pas de légende ;
- Aucun cadre n'est présent.

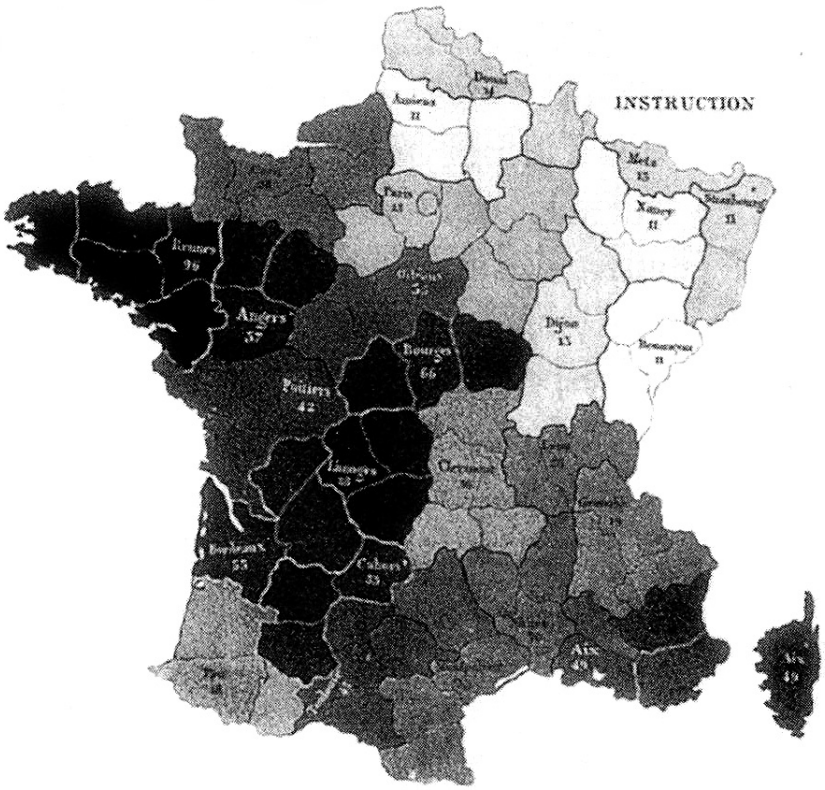


figure n°66 : Extrait de [Guerry, Balbi, 1829], carte de l'instruction.

Ce catalogue des formes doit être complété, dans notre cas, par un catalogue des idées transmises par le moyen de signes symboliques directs : les lettres qui composent des textes, titres, tableaux et paragraphes de commentaire. Max Raphaël s'est intéressé aux œuvres picturales, dans la plupart des cas dépourvues de textes, mais en cartographie comme dans la plupart des infographies on trouve un mélange de types de signes visuels, dont il faut bien sûr tenir compte. De ce point de vue, la planche d'A.-M. Guerry et A. Balbi comporte :

- Un titre sur plusieurs niveaux :
  - le titre principal, en trois niveaux de longueur croissante, ce qui exprime une progression ;
    Le titre principal, centré et de grande taille, informe sur l'objet de la planche : comparer des données statistiques, sous forme visuelle et spatiale.
    Le sous-titre précise les thématiques : criminalité et instruction.
    Enfin la troisième ligne indique le niveau de précision géographique (cours royales et académies).
  - la mention des auteurs, ainsi que de la profession d'avocat de l'un d'entre eux ;
- la dédicace, elle-même très chargée visuellement, offrant la planche au ministre de la Justice, par ailleurs comte et pair de France[31] ;

31. Nous sommes en 1829, sous la seconde Restauration et le règne de Charles X, les pairs de France constituent une sorte de Chambre des Lords à la française, d'où sont tirés les ministres du gouvernement.

- un tableau présentant les valeurs remarquables des trois indicateurs statistiques (fortes, faibles et moyennes) ;
- Un texte de commentaire, expliquant la méthode, les sources et les unités du fond de carte ;
- Sur les cartes, quelques valeurs remarquables sont indiquées directement dans les départements concernés, avec le nom du département ;
- la mention d'un prix de vente, assez visible ;
- le nom de l'éditeur-libraire.

> Texte de commentaire de la planche :
>
> Les deux premières cartes présentent, d'après le Compte Général de l'Administration de la Justice criminelle pour les années 1825, 1826 et 1827, et d'après le dernier recensement, le rapport moyen du nombre des condamnés à la population dans les départements qui forment l'arrondissement de chaque Cour Royale. Les diverses dégradations des teintes correspondent au nombre des crimes, mais on observera qu'elles ne sont comparables que dans la même carte. Les chiffres indiquent sur combien de mille habitants se rencontre un condamné. Ainsi, pour les crimes contre les personnes, l'arrondissement de la Cour Royale de Bastia en compte 1 pour [2.000], celui de la Cour Royale d'Amiens 1 sur 72.000.
>
> La troisième carte, divisée par académies, dont les arrondissements sont les mêmes que pour ceux des Cours Royales (à l'exception de la Corse qui ressort de l'académie d'Aix) offre d'après les derniers états officiels dressés au Ministère de l'Instruction publique et qui remontent à 1822, le rapport du nombre des étudiants mâles à la population du royaume à cette époque. *Ici l'obscurité de la teinte correspond à l'ignorance.*[32] Les chiffres indiquent sur quel nombre d'habitants il y a un écolier. On voit que, dans l'arrondissement de l'académie de Rennes, il s'en trouve 1 sur 96, et 1 sur 11 dans les académies de Besançon, d'Amiens et de Nancy.

Agencement et composition

Cette planche présente un agencement complexe et les différentes dimensions de son organisation sont les indices d'une réflexion préalable substantielle : la composition de la planche n'est pas neutre.

Structuration de l'espace total

La structuration de la planche dans ses deux dimensions présente des caractéristiques formelles intéressantes. Si l'on prend en considération le parcours classique de découverte d'un document pour des lecteurs occidentaux, l'entrée se fera donc par le titre centré en haut de la page, puis le cheminement de l'attention descendra par balayage

32. C'est nous qui soulignons cette phrase.

progressif de la gauche vers la droite. Cependant, les trois cartes marquent un contraste très fort à cause des larges taches sombres qu'elles forment sur le fond blanc, elles vont naturellement attirer l'attention lorsque l'on découvre la planche. On peut donc considérer que la découverte du document par une personne qui en est tout d'abord éloignée[33] se fera par les cartes, puis le titre, et enfin les éléments annexes : le tableau et le texte de commentaire.

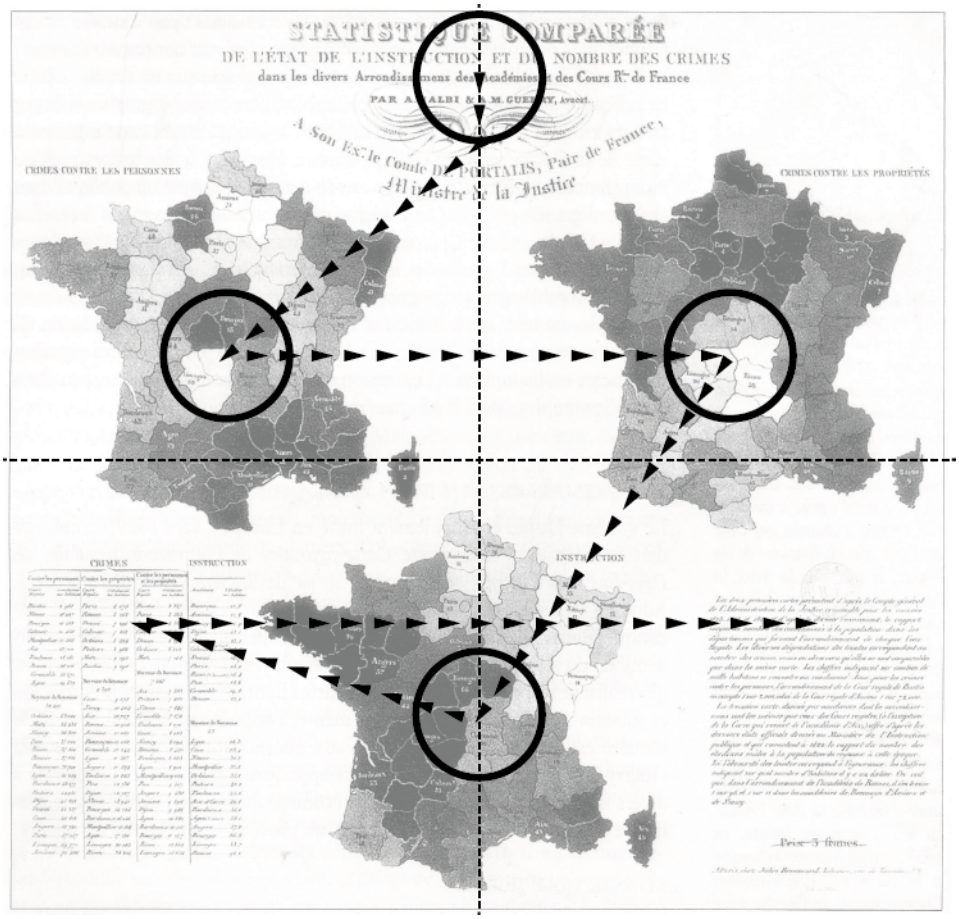


figure n°67 : Parcours prévisible de l'attention
dans la planche [Guerry, Balbi, 1829].

Le titre est particulièrement important visuellement : outre sa place centrale en haut de la planche, il est traité avec une grande diversité de moyens typographiques, notamment la taille, la graisse et la forme des caractères. Il possède en son centre un élément étonnant de part sa complexité visuelle et le contraste qu'elle représente par rapport à son environnement, le mot « dédié », qui est enjolivé de fioritures élaborées.

Ce parcours est guidé à la fois par les contrastes principaux (donc le jeu sur l'ombre et la lumière), mais aussi par la disposition des éléments dans la planche, organisée selon des lignes et des équilibres.

33. La taille physique de la planche, de type poster moderne, nous encourage d'ailleurs à imaginer un accrochage sur un mur.

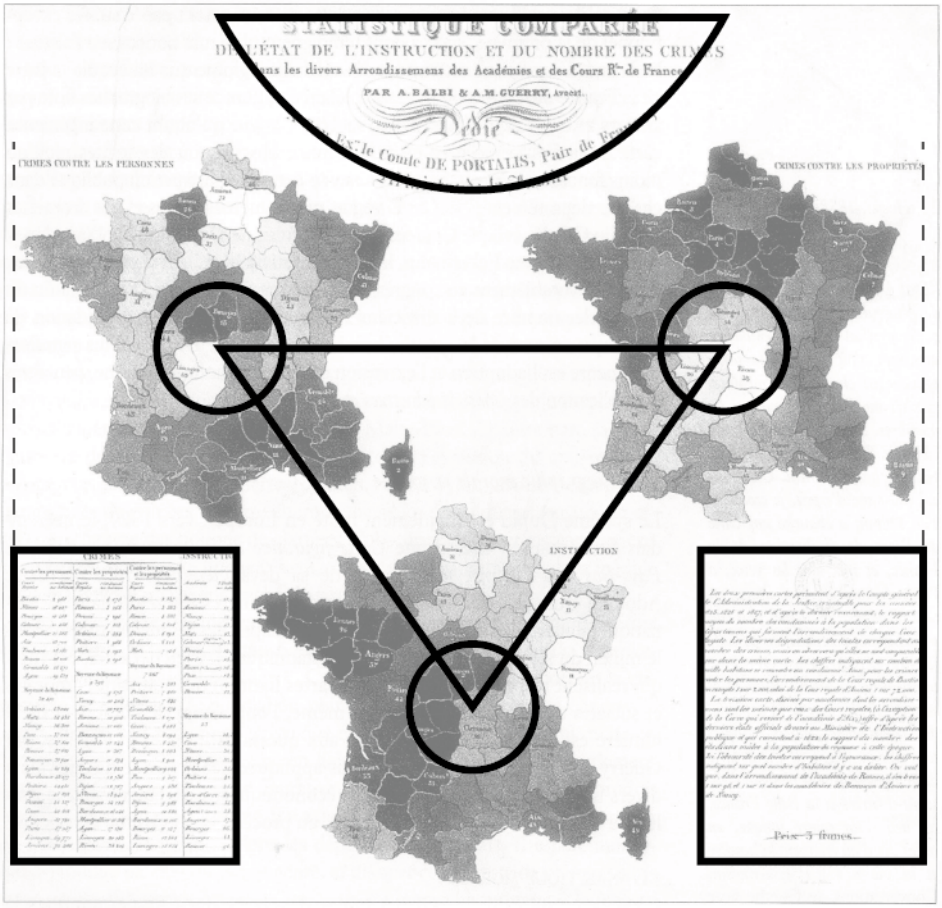


figure n°68 : Structuration de la composition de la planche [Guerry, Balbi, 1829].

Les trois cartes sont placées sur un triangle qui permet d'équilibrer la composition autour du centre, ce dernier étant laissé vide (cf. figure n°68). Ce principe d'équilibre visuel est la transposition de l'équilibre physique des masses autour d'un centre de gravité. Un second triangle existe, croisant le premier, constitué du titre en haut et des deux blocs de texte en bas de la planche, toujours organisé autour du centre selon un principe d'équilibre. On peut aussi noter les alignements des éléments de la composition sur les deux bordures gauche et droite, alors que le haut et le bas son marqués par une saillance centrale. Aucun cadre ne vient perturber cette comparaison visuelle. De même, la légende est absente (comme dans la choroplèthe d'origine de Ch. Dupin, cf. figure n°70, ci-après).

Lignes directrices et axes

Du point de vue des lignes directrices, autre méthode descriptive de M. Raphaël concernant la composition de l'image, on remarque une composition dans un carré dont le centre est vide. La ligne de mire (verticale) démarre par le titre et coupe la troisième carte en son milieu. La ligne de vision (horizontale), traverse le bas des deux premières cartes, peut-être l'horizontale la plus fournie en encre de la carte.

A partir de l'élaboration du catalogue des formes, de leur assemblage et des caractéristiques de leur composition, Max Raphaël propose de s'intéresser à l'interprétation de l'œuvre selon deux niveaux : la « *perception sensorielle* », qui correspond aux sentiments simples, directement ressentis à la sensation, et les « *sentiments esthétiques* », plus complexes, que l'on peut rapprocher des propriétés esthétiques décrites au chapitre précédent.

Perception sensorielle

Le premier contact visuel avec cette planche de trois cartes correspond à la détection de masses d'ombre sur un fond blanc, réparties en trois amas disposés en triangle autour d'un point central. Ces amas ont la forme générale du territoire français métropolitain, que l'on peut considérer comme reconnaissable par tout public instruit jusqu'au niveau primaire (mais, à l'époque, l'école obligatoire n'existait pas encore). Ensuite on distingue des titres et des textes annexes. Ainsi, avant même de *lire* les titres, on perçoit des éléments graphiques formels qui vont être interprétés, de façon non complètement consciente. Ce sont donc des signes, que l'on peut classer dans la catégorie des signes visuels plastiques.

Dans le cas de la planche d'A.-M. Guerry et A. Balbi, ces signes peuvent être interprétés de différentes manières selon l'expérience du lecteur dans le domaine de la cartographie bien sûr, mais aussi dans la présentation de documents d'information graphique, ou plus généralement de documents imprimés. Le public visé est instruit, il saura reconnaître la géographie simplifiée de la France utilisée comme fond de carte.

La forme des caractères utilisés, et notamment la composition du titre, va évoquer par ressemblance d'autres documents potentiellement connus par le lecteur. Les capitales contour, creuses, de grande taille, et la typographie choisie évoquent les pages de titre des ouvrages « sérieux » de l'époque (cf. figure n°69, page suivante). La simple forme des caractères va donc donner un caractère sérieux et officiel au document. La lecture du titre va confirmer cette impression, avec la mention du métier d'avocat de l'un des auteurs et la dédicace au ministre de la Justice.

La présence d'un tableau de chiffres de taille assez importante n'est pas non plus sans évoquer des occupations sérieuses telles que la comptabilité et le commerce, ou, pour notre époque, les statistiques sociales, dont cette planche est d'ailleurs l'une des premières publications graphiques.

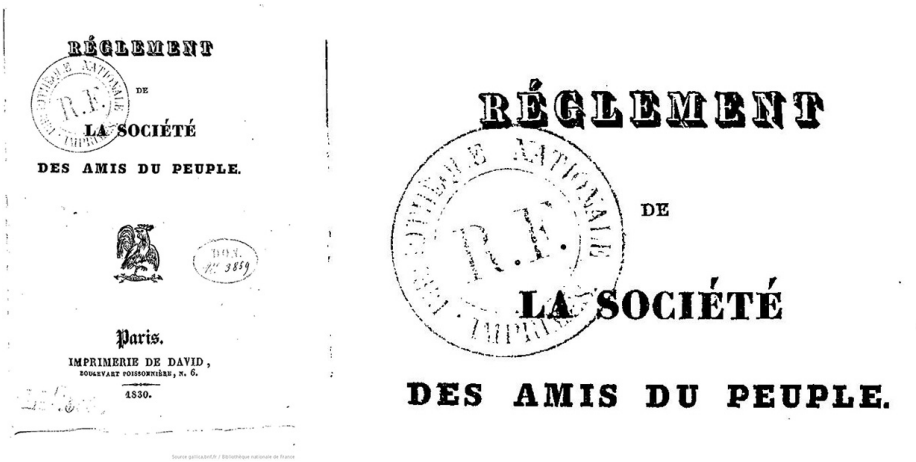


figure n°69 : Couverture du manifeste de la « Société des amis du peuple »[34], 1830.

Lorsque le lecteur s'intéresse plus spécifiquement aux cartes de la planche, il remarque que l'étendue complète de la gamme de luminosité est utilisée, du blanc au noir. L'interprétation qui peut en être faite est donc celle d'une grande disparité de situations. Ensuite, on voit que les masses d'encre de valeur proche ne sont pas complètement dispersées sur chacune des cartes, elles se regroupent, indiquant donc par là des phénomènes spatiaux corrélés. À partir de ce constat, on peut émettre l'hypothèse d'une représentation de phénomènes spatiaux d'une certaine étendue et cohérence. Enfin, lorsque l'on compare deux à deux ces cartes, pour estimer la situation respective de régions selon les trois variables, on se rend compte qu'il n'existe pas de règle évidente, de convergence claire, entre les trois cartes.

La composition générale de la planche, son ordonnancement rigoureux selon un principe de lecture de haut en bas et un principe d'équilibre autour du point central qui forme un centre de gravité évident, va elle aussi pour voir être la base de la manifestation d'interprétations : équilibre, stabilité, organisation, comparaison, recherche.

Sentiments esthétiques

Les « sentiments esthétiques » sont les interprétations, les évocations de niveau supérieur (c.-à-d. les *signifiés*), dont la base est constituée par les sentiments perceptifs plus simples évoqués précédemment. À la suite des développements du chapitre précédent sur l'esthétique, on peut les relier assez directement aux propriétés esthétiques, ce qui permet d'en étendre les types. Aux types *sensible* et *intellectuel/catégoriel* évoqués par M. Raphaël, qui correspondent peu ou prou aux types *affectif* et *classificatoire* de R. Pouivet (cf. *supra*, § 3.1.3.), on peut en effet ajouter les types *évaluatif* et *historico-esthétique*.

En ce qui concerne la planche d'A.-M. Guerry et A. Balbi, les évaluations esthétiques ne seront que rarement de l'ordre de l'affectif lyrique, on ne s'exclamera pas au génie à sa vue.

34. Société républicaine qui participa à la la révolution de 1830 ayant abouti à la Monarchie de Juillet, dont Louis-Auguste Blanqui fut membre.

D'ailleurs une revue scientifique de l'époque, le *Bulletin des Sciences Géographiques*[35], émet une opinion qui semble aujourd'hui assez étonnante :

> « Nous devons avouer cependant que la carte que nous avons en ce moment sous les yeux ne nous a paru d'abord, au premier aperçu, qu'un jeu d'enfant, qu'une espèce de délassement pour lui [l'auteur, NDLR] de travaux plus importants. » (p. 7)

En effet, la ressemblance avec un dessin d'enfant est un sentiment qui peut survenir à la vue d'une série de figures graphiques. La simplicité de la représentation, instrument de communication graphique, peut aussi être perçue comme une faiblesse.

Cependant, des propriétés esthétiques et intellectuelles d'un autre ordre peuvent survenir, sur la base de l'argumentaire proposé par la planche, soutenu par sa construction graphique. On poursuivra en effet ici l'idée qu'il est possible de mettre en parallèle la survenance progressive de propriétés formelles, esthétiques, et de propriétés intellectuelles d'ordre géographique, unies par des relations sémiotiques signifiant-signifié de différents types, iconiques et plastiques, explicites et implicites.

Les zones sombres ne sont pas localisées de la même manière	Les indicateurs ne sont pas dans une relation causale, à cette échelle
Trois cartes de même taille selon la même technique	Trois indicateurs spatialisés à comparer
Du blanc au noir	De la lumière vers l'obscurité
Valeurs de gris ordonnées	Phénomènes gradués
Valeurs de gris regroupées	Phénomènes localisés
Valeurs de gris variées	Complexité, diversité
Auteurs, dédicace	Sérieux
Typo. sérieuse, tableaux	Rassurant, sérieux, fiable
Taches équilibrées, hiérarchie visuelle	Sens de lecture clair

tableau n°3 : Les signifiants graphiques de la planche [Guerry, Balbi, 1829] et les signifiés potentiellement exprimés.

Ici, deux « sentiments esthétiques » peuvent être distingués pour la force avec laquelle ils sont utilisés : le caractère officiel et sérieux de la publication et la connotation plastique de l'opposition luminosité/ombre. Comme on l'a vu, l'aspect de sérieux est évoqué à la fois par le contenu textuel (titre, auteurs, dédicace, commentaire), mais aussi par des signes plastiques comme la forme des caractères, la composition de la planche en un rigoureux triangle équilibré. Plus cartographique, le second « sentiment » est lié à la métaphore plastique de la lumière qui évoque le caractère plus ou moins favorable de la situation d'un des trois indicateurs pour un département donné. Comme le disent assez distinctement les auteurs dans la partie du commentaire qui concerne la carte de

35. [de Vitry A. et al., 1829].

l'instruction : « Ici l'obscurité de la teinte correspond à l'ignorance. » L'obscurité évoque une situation *sombre*. À l'inverse, la lumière évoque une situation plus éclairée[36] (si l'on veut aussi jouer sur les sens figurés !). Le sens du dégradé de niveaux de gris est toujours choisi pour satisfaire cette métaphore, même s'il faut inverser la relation à la valeur numérique représentée, comme c'est le cas pour la carte sur l'instruction.

Si l'on s'intéresse enfin au contenu informatif de cette planche, l'interprétation que l'on peut en faire après sa lecture attentive, le constat est complexe et nuancé. Le titre principal de la planche est *Statistique comparée*, et la composition invite elle aussi à cette comparaison (trois cartes en équilibre autour du centre). De façon un peu moins évidente, la mise en forme du tableau est elle aussi organisée pour faciliter la comparaison des valeurs sur les trois indicateurs. La conclusion principale de cette analyse est que l'on ne peut pas établir de relation directe, potentiellement causale, à l'échelle du pays, entre le niveau d'instruction et celui des crimes. Certaines régions montrent des valeurs corrélées, d'autres non, ce qui implique des facteurs externes et des situations différentes. Ainsi, les auteurs semblent vouloir exprimer l'idée que l'instruction publique est un chantier nécessaire, la situation étant contrastée dans le pays, mais qu'il ne faut pas non plus faire du manque d'instruction la source de tous les maux. Mais on empiète déjà sur le deuxième temps de l'interprétation.

4.2.3.2. Deuxième moment de la description, interprétation : Hypothèses sur la motivation, l'intention.

Le deuxième temps de la description selon M. Raphaël vise à expliquer l'œuvre, en essayant tout particulièrement de cerner la motivation de l'auteur et les conditions de production. Dans le cas de cette planche cartographique, la motivation principale semble être la mise à disposition du spectateur d'un ensemble d'informations normalement difficilement accesssibles, sous la forme d'une représentation graphique, donc simplifiée, permettant des rapprochements autrement difficiles.

La planche d'A.-M. Guerry et A. Balbi est devenue relativement célèbre et a donc bénéficié d'une assez bonne documentation. Les bulletins savants de l'époque en on fait état et ont été préservés. L'idée de représenter par plages de teintes sur une carte une grandeur statistique était assez récente, mise au point par l'ingénieur Charles Dupin en 1826. Ce dernier travailla d'abord sur des indicateurs économiques, puis sur cette même thématique de l'instruction populaire, pour laquelle on disposait depuis peu de valeurs chiffrées précises.

36. Cette métaphore est relevée par exemple par G. Palsky dans son article « Carte choroplèthe » pour l'encyclopédie en ligne Hypergeo : http://www.hypergeo.eu/spip.php?article274

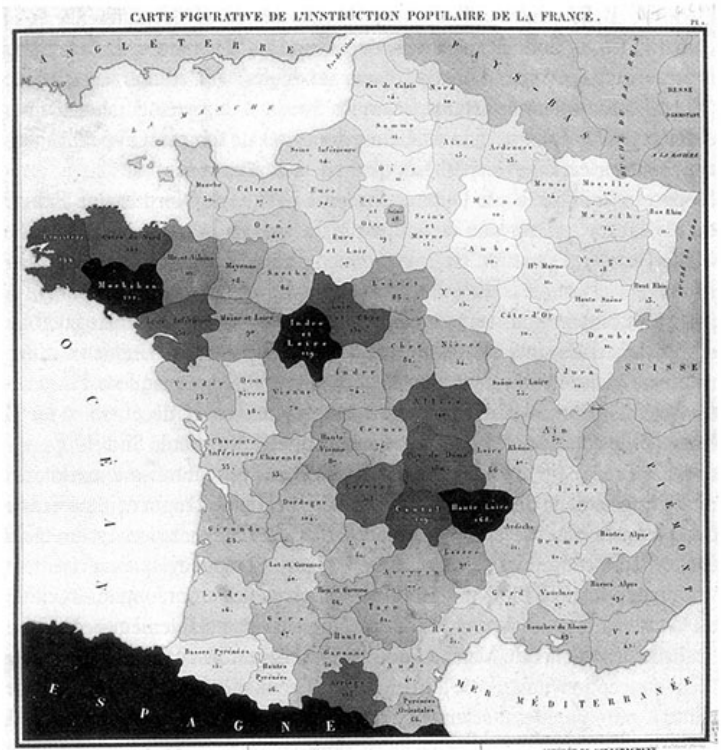


figure n°70 : Carte de Ch. Dupin, 1826.

Sur cette carte, la même métaphore instruction = lumière, ignorance= ténèbres est utilisée, elle a été commentée comme telle par les contemporains. L'époque est aux premières statistiques relativement fiables à l'échelle de tout le pays, et à une réflexion sur l'amélioration de la situation générale de la société. A. M. Guerry est un avocat au barreau royal qui a été nommé au ministère de la Justice en 1827, notamment pour dépouiller la première enquête nationale de l'Office Général d'administration de la justice criminelle, ce qui explique à la fois la disponibilité des sources judiciaires et la dédicace de la planche[37].

Ainsi, la motivation principale de ce travail, du point de vue de son contenu, est de mettre en parallèle les données déjà disponibles sur l'instruction publique et les nouvelles données sur la criminalité, à l'échelle de tout le pays et selon la granularité des départements, sous une forme accessible par un public large, réalisation complètement inédite à l'époque. On constate qu'aucun commentaire de fond n'est présent sur la planche, ne sont mentionnées que des précisions formelles sur les sources et la méthode de construction. Il est évident que la comparaison est encouragée, facilitée comme on l'a vu par la construction et la composition de la planche. On peut d'ailleurs considérer que l'absence de toute interprétation constitue une figure de style rhétorique, un écart à l'attendu.

Les commentateurs contemporains, par contre, ne s'en sont pas priés et les interprétations furent variées, des relations causales simplistes aux réflexions plus approfondies sur les méthodes d'analyse sociale.

37. Cf. [Friendly, 2007]

Par exemple, dans le vol. 1 des *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*[38] publié la même année que la planche, on n'hésite pas à écrire :

> Le résultat général de ce travail, c'est que l'accroissement des lumières diminue la fréquence des assassinats et augmente celle des vols, des banqueroutes et autres délits de cette nature. (p. 302).

Le *Bulletin des Sciences Géographiques*, plus circonspect, commente plus en détail cette publication dans son volume XVIII[39], en critiquant notamment l'interprétation faite par un quotidien de l'époque, l'*Universel*, qui s'était empressé de conclure à l'absence de relation entre l'amélioration de l'instruction et la réduction de la criminalité. Le *Bulletin* est d'avis que la situation est plus complexe qu'il n'y paraît et que les causes de la criminalité sont multiples.

> « La conclusion à tirer de ces chiffres, si toutefois on ne peut révoquer en doute leur exactitude, et s'il faut s'en rapporter à la source officielle où les auteurs ont puisé, c'est que le rapport des crimes avec l'instruction ne présente pas toujours le résultat auquel on serait en droit de s'attendre, et qui serait si fort à désirer dans l'intérêt des études et de la morale. » (p. 8).

A. M. Guerry présentera peu après l'ouvrage pour lequel il est le plus connu, *Essai sur la statistique morale de la France*, en 1833[40], qui reprend de nombreuses représentations graphiques d'indicateurs sociaux.

La motivation des auteurs de cette planche peut donc être estimée en première analyse comme étant de fournir à l'opinion de nouvelles données et de les illustrer par un dispositif permettant une comparaison facilitée, dans deux des débats importants de l'époque, celui de l'instruction publique et celui de la lutte contre la criminalité. En deuxième analyse, en prenant en compte les signes plastiques et le contexte de la publication, on peut aussi penser que les auteurs cherchent à faire preuve de leur technicité et de leur adresse en conception graphique, peut-être au titre de démonstration de leurs capacités.

Ainsi, la deuxième phase de la description est plus simple à entreprendre dans le cas d'un document cartographique que pour une œuvre picturale, car les informations sont communiquées plus directement et avec une motivation plus facilement discernable. Mais il ne faut pas s'arrêter à ce premier niveau d'analyse et s'intéresser à la représentation graphique elle-même, à la fois dans sa méthode, qui n'est souvent qu'une des possibilités offertes par les techniques à disposition, mais aussi dans ses formes, individuelles ou d'arrangement général, qui sont le résultat d'un choix plus ou moins guidé parmi un grand nombre de possibilités.

Enfin, la dernière phase de la description selon M. Raphaël consiste à tester les hypothèses émises quant aux motivations par une expérimentation.

38. [Adelon, 1829]
39. *op. cit.*
40. [Guerry, 1833]

4.2.3.3. Troisième moment de la description : la reconstruction et la vérification des hypothèses

Le troisième moment de la description selon M. Raphaël consiste en une reconstruction de l'image à titre de test des hypothèses. Ici encore, la méthode apporte des éléments nouveaux à la description en histoire et critique d'art, d'une part en suivant une procédure expérimentale de type scientifique (analyse, hypothèses, tests et conclusion), mais aussi en enjoignant l'historien / le critique à pratiquer par lui-même. Cette pratique peut permettre de découvrir des éléments nouveaux, passés inaperçus lors des phases précédentes de description, tout en testant les hypothèses qui y ont été avancées.

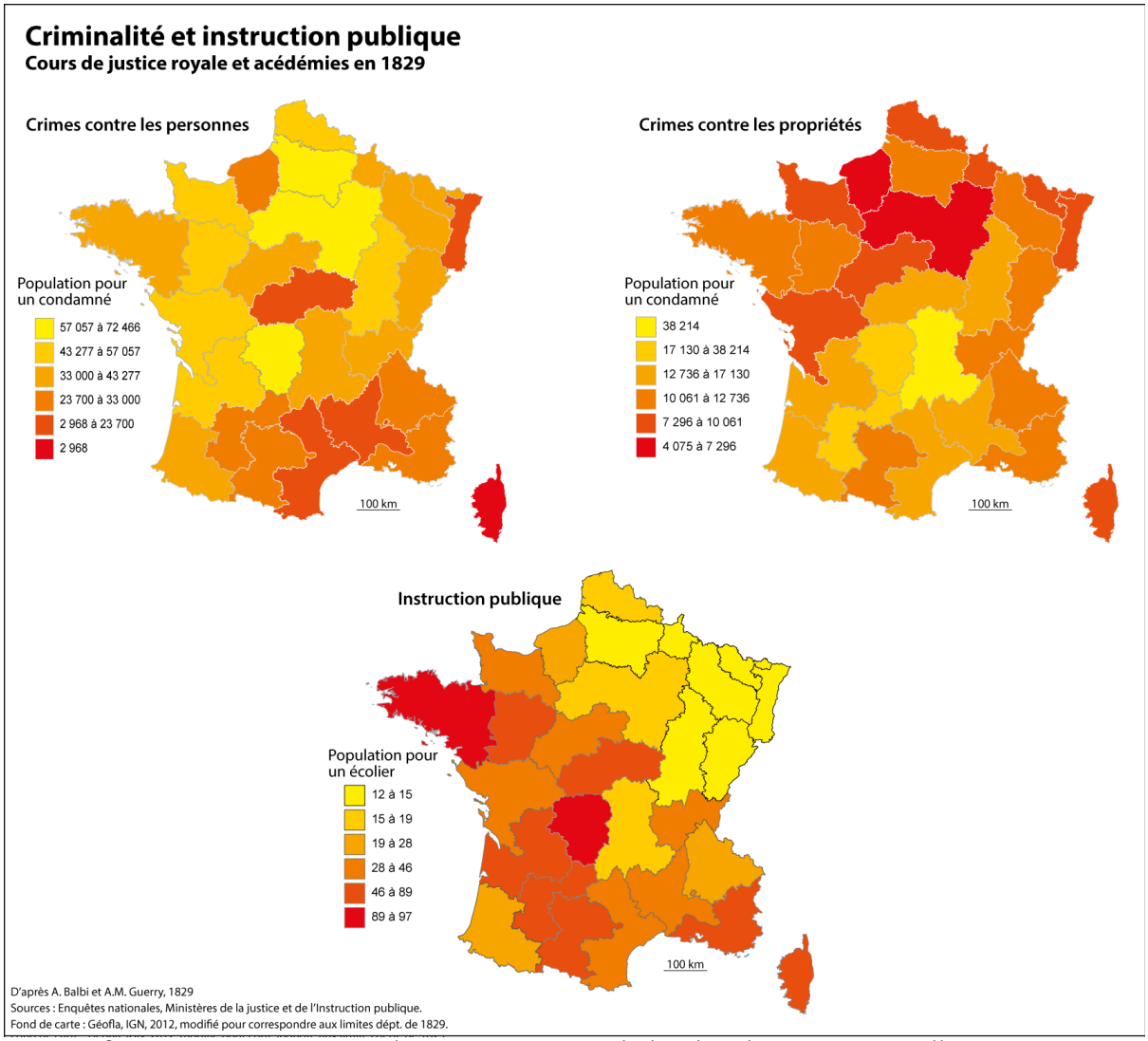


figure n°71 : Tentative de reconstruction de la planche [Guerry, Balbi, 1829] avec des outils et une méthodologie modernes.

La figure n°71 (page précédente) est le résultat de la reconstruction de la planche d'A.M. Guerry et A. Balbi à partir des données originales, tout en suivant une

méthodologie plus moderne[41]. L'écart entre les deux versions permet de mieux cerner les choix des auteurs de 1829 quant au traitement des données et à leur représentation cartographique, puis à la composition et la mise en page de la planche. Les modalités de cet écart peuvent se décrire selon les éléments suivants.

- Le cadre

La présence d'un cadre tout autour de la planche est devenue classique, notamment parce que les cartes ont de plus été employées en tant qu'illustrations d'un texte et devaient s'en distinguer dans la page.

- Le titre

Le titre d'une carte « moderne » objective se doit de présenter l'invariant, au sens de la *sémiologie graphique*, c'est-à-dire le sujet, le lieu (et l'unité géographique), ainsi que la date de valeur des données. Comme on l'a évoqué précédemment, le titre de la planche de 1829 est très travaillé graphiquement, et son contenu linguistique est fortement orienté pour mettre en avant la comparaison des informations sur la criminalité et l'instruction, ainsi que pour légitimer l'exercice et ses auteurs. La mention de l'année de valeur est reportée dans le texte de commentaire.

- La légende

La légende d'une choroplèthe est aujourd'hui un élément indispensable pour la bonne transmission de l'information. Grâce à la légende, on peut en effet mieux faire la relation entre un territoire et sa valeur dans l'indicateur représenté, par la médiation de la couleur. De plus, la légende apporte la précision de l'unité de la variable. Enfin, une analyse plus précise des valeurs des classes présentées en légende permet au géographe d'évaluer la qualité de la discrétisation[42] de la valeur, voire sa légitimité. En fonction des valeurs des bornes des classes il est possible de détecter une réduction trop énergique de l'information.

- L'utilisation de la couleur

La couleur est bien sûr l'indice d'une évolution du matériau et des techniques de reproduction, mais elle n'est pas utilisée gratuitement : on peut ainsi profiter d'un plan d'expression plastique supplémentaire, en jouant sur la puissance évocatrice des teintes. Ici, c'est un dégradé classique du jaune pâle au rouge foncé qui a été utilisé, gamme de couleurs qui évoque l'urgence, la préoccupation. La teinte peut aussi évoquer la variable représentée, qui est ici un ratio à la population (traditionnellement représentée en rouge). L'étendue de la variable visuelle utilisée est moins grande que sur les cartes de 1829, on a aujourd'hui tendance à éviter d'utiliser les valeurs extrêmes de luminosité pour ne pas risquer de problèmes de reproduction et pour écarter les interprétations elles aussi

41. Les données chiffrées proviennent du tableau compilé par Conrad Malte-Brun dans [Malte-Brun, 1829], p. 545.
42. C.-à-d. son découpage en classes, la réduction d'une variation continue en une série de valeurs discrètes.

extrêmes (absence de phénomène pour le blanc, totalité de la population concernée pour le noir).

- La discrétisation

Ces questions de dégradés de couleur nous amènent à celle de la qualité du découpage en classes. On n'est pas sans savoir la très grande influence que va avoir ce choix dans le résultat graphique et donc dans l'interprétation de la carte[43]. Sur la planche originale, la question n'est pas évoquée. En essayant diverses méthodes on aboutit à la conclusion que la méthode des quantiles est celle qui se rapproche le plus de la carte originale (cf. figure n°72, ci-dessous).

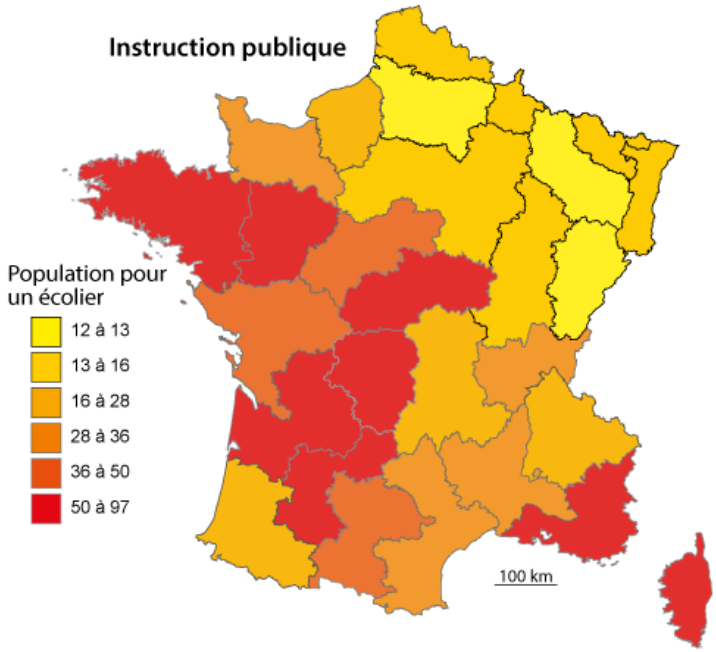


figure n°72 : Carte de l'instruction publique en 1829 selon la méthode des quantiles.

Cette méthode consiste à créer des classes possédant le même nombre d'individus du fond de carte (ici, d'académies), ce qui produit des cartes où la répartition des couleurs est relativement équilibrée (si l'on considère que les académies ont une surface comparable). Cependant, comme toute simplification, ce découpage en classes a des inconvénients importants, du point de vue de la préservation de l'information. La comparaison visuelle de la carte reconstruite avec une méthode plus fidèle, mais inconnue à l'époque, (figure n°71) et de la carte originale (figure n°64) montre en effet que les auteurs de 1829 ont eu tendance à sur-représenter les valeurs faibles de l'instruction de la population. Était-ce une décision volontaire ? En réalisant le même test sur les deux autres cartes, on confirme cette hypothèse : la discrétisation choisie par A.-M. Guerry et A. Balbi sur-représente les valeurs correspondant aux situations défavorables, en allant même au-delà de ce que pourrait produire une discrétisation par la méthode des quantiles.

43. Cf. par exemple [Monmonier, 1991], [Brunet, 1987] ou [Zanin, Trémélo, 2003]

- L'échelle et le fond de carte

La présence d'une échelle constitue une nouvelle différence entre les deux planches, l'originale et la moderne. Il est considéré comme utile de proposer une échelle graphique sur les cartes, pour que le public non familier avec la forme générale du fond de carte puisse se faire une idée des dimensions des territoires représentés. Dans le cas de la France métropolitaine, l'échelle est peu utile aujourd'hui, car la forme représentée est assez reconnaissable par le public visé. À l'époque, où justement l'instruction publique semble déficiente, la forme de la France et le découpage par départements ne sont peut-être pas si connus. La carte de Ch. Dupin (cf. figure n°70) représente le territoire français dans la continuité continentale et mentionne le nom des pays limitrophes, ce qui la rapproche des cartes topographiques plus courantes. De la même manière, le degré de généralisation des limites départementales implique, dans la carte originale, une volonté de simplification des informations purement spatiales,peut-être considérées comme secondaires par rapport aux informations « sociales ».

- Sources

La reconstruction moderne de la planche comporte une mention spécifique et complète des sources des données, à la fois statistiques et géographiques, ce qui constitue une pratique courante d'objectivité scientifique (offrant ainsi la possibilité d'évaluer ce sources et de reproduire le travail). La planche de 1829 précise ses sources statistiques dans le texte de commentaire, l'origine du fond de carte n'est pas mentionnée.

Cette tentative d'application de la méthode descriptive de M. Raphaël a donc permis d'en montrer différents intérêts mais surtout de valider l'idée d'une possible extension du commentaire méthodologique (cartographique) classique par le domaine de la composition artistique et des signes plastiques.

Après avoir montré l'importance des signes plastiques dans le chapitre deux, puis présenté l'ontologie des propriétés esthétiques (leur définition et la réflexion sur leurs conditions de survenance) dans le chapitre trois, le présent chapitre a opéré un tournant en direction des méthodes plus opérationnelles en s'intéressant à la description. Ces méthodes, utilisées en histoire et critique d'art, reprennent des éléments de la sémiotique et de l'ontologie esthétique de manière plus ou moins directe, et les mettent en application en les développant. Par exemple, on a pu noter une claire adhésion au principe d'un signe plastique actif, explicite ou implicite, dans la croyance à des propriétés formelles (individuelles et en composition) possédant une valeur d'expression. Ensuite, notamment chez M. Raphaël, la description progressive des émotions exprimées par l'œuvre d'art suit assez sensiblement les niveaux successifs de la survenance de propriétés aboutissant aux propriétés esthétiques décrites par R. Pouivet. Enfin, en mettant en pratique ces méthodes de description sur des exemples d'images cartographiques de divers types, on peut valider leur utilisation en vérifiant notamment leur intérêt par rapport à une description méthodologique classique en cartographie thématique.

Cependant, ces méthodes descriptives restent un regard externe, porté *a posteriori* sur une œuvre visuelle par une personne différente du producteur, non productrice elle-même. Il existe par ailleurs des approches formelles qui ont été construites pour servir *a priori*, lors de la conception puis de la réalisation, par des artistes devenus théoriciens, approches qui ont en outre l'avantage d'être un peu plus généralistes du point de vue du type d'art visuel. Elles font l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 5

Les propriétés esthétiques décrites par les artistes abstraits théoriciens

On l'a vu précédemment, l'artiste et le géographe-cartographe n'ont généralement pas la même motivation, ni le même public. Ils n'évoluent pas dans le même contexte (cf. introduction générale). Cependant ces deux acteurs produisent des objets qui possèdent des points communs, notamment du point de vue de la forme, mais aussi du fait de l'intérêt d'exprimer des propriétés esthétiques positives, d'être agréables à regarder et à utiliser. Après s'être intéressé aux approches descriptives de l'histoire et de la critique d'art, on supposera donc l'intérêt de poursuivre la réflexion en allant examiner les apports potentiels des théories de l'art elles-mêmes pour la composition cartographique. Il faut néanmoins bien préciser la portée et l'ambition de cette approche : on s'intéresse ici à la description des modalités d'expression de propriétés esthétiques par des compositions formelles, graphiques. La tentation critique de rechercher une « explication » des œuvres d'art, de leur fonctionnement artistique, est naturellement hors de la portée du présent travail. On ne vise ici qu'à rechercher des possibilités d'organiser les idées concernant l'expression de qualités esthétiques par le jeu des propriétés formelles d'une image, dans les travaux publiés par une sélection d'artistes qui se sont préoccupés de ces questions.

En parallèle à leur pratique et dans un mouvement réflexif sur cette dernière, certains artistes ont en effet construit une théorie de la représentation ou de l'expression des formes (au sens large, comprenant donc la couleur, la lumière) et de leur composition. Il est intéressant d'explorer ces théories à la recherche des méthodes d'expression ou de facilitation des conditions de survenance de propriétés esthétiques, ainsi que des principes sémiotiques qu'elles emploient. Ces théories artistiques rejoignent potentiellement la théorie cartographique sur le plan formel, au sens où elles vont chercher à reconnaître, caractériser et intégrer dans une méthodologie cohérente la production de formes graphiques, conçues comme des signes iconiques et plastiques agissant en tant que base d'idées et de propriétés esthétiques. On sélectionnera, parmi les différentes aventures de théorisation artistique, celles qui s'intéresseront aux propriétés graphiques pour elles-mêmes, d'un point de vue simplificateur et abstractif, gage d'une application plus simple à d'autres objets graphiques comme les cartes.

Wassily Kandinsky (1866-1944) est l'artiste qui nous semble avoir l'approche la plus complète et la plus authentique, c'est-à-dire détachée de toute influence extérieure ou volonté de s'appuyer sur une tradition. L'œuvre écrite présentant sa théorie est conséquente, détaillée et assez accessible. On évoquera ensuite les travaux d'autres artistes ou mouvements dont les théories sont complémentaires ou contrastées. Il convient cependant, tout d'abord, de faire le point sur les relations et différences qu'il est possible d'établir entre une œuvre picturale et une carte thématique.

5.1. Art pictural et cartographie thématique, quels rapports ?

La carte est un artefact utilitaire qui dépend de moyens graphiques pour remplir ses fonctions. Ces moyens graphiques, employés de manière à véhiculer des idées et des impressions, se traduisent concrètement par une image, objet dont les propriétés formelles peuvent rapprocher la carte d'autres images, non utilitaires celles-ci, mais à vocation picturale ou plus généralement de graphisme esthétique, qui sont classées dans la catégorie de l'art pictural. L'objet final « carte » est donc comparable dans certaines de ses formes aux œuvres artistiques visuelles.

Il s'agit tout d'abord d'une image, qui prend la forme d'un document de grande taille affiché verticalement sur un mur, ou d'une page de revue ou d'ouvrage, plus récemment de site Internet ou d'une séquence filmée. Cette image peut présenter des couleurs et des formes qui, au premier regard, ne sont pas forcément assimilées aux territoires et aux phénomènes spatiaux qu'elles représentent. Enfin, de manière plus évidente, les moyens de représentation utilisés, les formes graphiques signifiantes, les variables visuelles et leur composition peuvent être concrètement les mêmes que dans l'art pictural. Paul Cézanne utilise un double dégradé de violet-bleu vers orangé-rouge dans certaines de ses Montagne Sainte-Victoire, le cartographe peut aussi utiliser ces camaïeux et complémentarités de couleurs pour une carte thématique. Le fait que des signes visuels, iconiques et plastiques existent forcément dans toute composition graphique, par définition, explicitement ou implicitement, engage à essayer de les coordonner, les composer, pour qu'ils expriment un sens cohérent avec le « message » de la carte. En ce qui concerne les signes non explicites, l'idée est d'exprimer un sens connoté qui soit *cohérent* avec l'information principale, le sens direct. En rapport avec les moyens graphiques, les supports et les outils des arts graphiques ont longtemps été les mêmes que ceux utilisés par les cartographes. Enfin, on a déjà évoqué l'attrait des cartes en tant qu'images exposées au mur ou regroupées en albums, notamment des cartes anciennes qui n'ont plus d'intérêt utilitaire, mais essentiellement esthétique, décoratif ou pictural. On remarque d'ailleurs ces dernières années un engouement pour l'aspect visuel des cartes, même modernes, qui se traduit par la publication de plusieurs « atlas » ou compilations de cartes[44].

Par ailleurs, la carte thématique présente des différences importantes par rapport à l'art pictural lorsqu'on s'intéresse aux contraintes qui s'y appliquent. Contrairement au peintre totalement libre de son action créatrice face à la surface vierge, le cartographe, outre son objectif principal de représentation d'un territoire et d'informations à son sujet, rencontre plusieurs contraintes fortes. Toujours d'un point de vue formel, la quantité de signes graphiques totale sera fortement conditionnée par le fond de carte, son niveau de subdivision, sa précision géographique. Ensuite, l'information à représenter limitera le type de carte thématique réalisable, et donc orientera le cartographe vers un sous-ensemble de

44. Cf. par exemple les ouvrages de la collection « Map Book » de l'éditeur ESRI Press, ou l'« *Atlas of design* » [Huffman, Wallace, 2012] publié en novembre 2012 par la North American Cartographic Information Society (NACIS) : http://www.atlasofdesign.org (visité le 6 octobre 2012).

formes et moyens graphiques (symboles, couleurs, points, hachures, etc.). Enfin, tout document cartographique nécessite la présence d'éléments formels secondaires comme une légende, un titre, une échelle, complétés éventuellement par d'autres mentions informatives (sources, précisions sur la réalisation, orientation, commentaires, etc.)[45]. Du point de vue du lecteur, la carte thématique, une fois reconnue comme telle, est une image qui se lit différemment d'une peinture artistique : on va rechercher le sujet et le lieu dans le titre, ensuite consulter la légende et la carte proprement dite pour en tirer des informations. L'aspect esthétique n'est pas explicitement recherché en premier, et le lecteur espère pouvoir interpréter facilement, selon des conventions établies, les formes de la carte.

Au-delà de l'aspect visuel, quelles sont les ressemblances entre la peinture artistique et la carte ? Comme on l'a vu précédemment (§ 3.1.2), l'œuvre d'art ne se définit ni facilement, ni uniquement en tant qu'artefact. Il s'agit du résultat du travail d'une personne (pour simplifier) motivée et consciente de sa motivation à produire une image esthétiquement plaisante. L'intention esthétique se traduit donc aussi dans la méthode de production. Les propriétés esthétiques finales découlent de choix opérés dès la conception de l'œuvre, non pas en dernière instance. L'intention esthétique, celle d'exprimer des propriétés esthétiques chez le spectateur / lecteur, existe aussi en cartographie, de façon plus ou moins explicite ou consciente.

La question de la validité d'une réflexion esthétique s'est posée pour d'autres types d'objets, que l'on regroupera dans la catégorie de l'art appliqué[46]. L'exemple qui revient le plus dans la littérature est bien sûr celui de l'architecture[47], activité éminemment utilitaire, mais aussi artistique. De nombreux auteurs comme le géographe A. H. Robinson[48] (même s'il prévient le cartographe de toute dérive artistique abusive...) ou le critique d'art Meyer Shapiro[49] ont relevé cette ressemblance due à la double mission de la carte : informer et être agréable. J. S. Keates[50] ajoute que la carte est cependant un peu plus proche de la peinture, car alors qu'un bâtiment architectural est lui-même son usage, il ne représente rien d'extérieur, la carte comme la peinture *représentent* quelque chose qui leur est extérieur, et c'est notre interaction avec la carte qui est utile. La notion d'art appliqué et la nécessité d'accorder utilité et esthétisme font directement appel à la discipline du *design*, dont c'est l'objet d'étude. Nous y reviendrons dans le prochain chapitre, mais il est intéressant de noter ici qu'une des références les plus citées dans ce domaine, David Pye[51], a montré que la forme ne découle jamais complètement de la fonction. La fonction n'est pas un élément isolé qu'on pourrait abstraire, mais le résultat de l'interaction de plusieurs éléments, dont

45. Ces contraintes seront spécifiquement prises en compte dans les tentatives d'application décrites dans la troisième partie du présent document.
46. Le Bauhaus, auquel on fera de nombreuses fois référence dans ce qui vient, fut précisément une école d'art appliqué, son fondateur Walter Gropius désirant explicitement combiner art et artisanat, esthétique et production.
47. P. Mondrian, à propos de l'architecture : « Toutes les questions de technique et d'utilité peuvent se résoudre en parfaite harmonie avec la vision plastique. Les deux points de vue se complètent toujours. », dans [Mondrian, 1925]
48. [Robinson, 1952], p. 14.
49. [Schapiro, 1995]
50. [Keates, 1996], *op. cit.*, p. 208.
51. [Pye, 1978]

certains ne sont pas réductibles (issus des matériaux : coût, solidité, poids, taille, teinte, rugosité, etc.). Le *design* consiste justement à assembler au mieux ces propriétés en fonction de l'objectif et des contraintes (les contraintes économiques étant souvent les plus importantes).

5.2. Wassily Kandinsky, de l'expression esthétique à une théorie des formes

W. Kandinsky (1866-1944) est un peintre d'origine russe qui travailla essentiellement en Allemagne, notamment au Bauhaus. Il est considéré par la majorité des historiens de l'art comme l'un des tout premiers peintres abstraits, non seulement par sa production, mais aussi par sa démarche théorique, revendiquant une rupture volontaire avec la figuration dès 1911.

Son cheminement de la figuration vers l'abstraction a été longuement réfléchi. Il est supporté par une activité philosophique et théorique importante, qui s'est concrétisée dans des ouvrages largement diffusés et dans son enseignement au Bauhaus (1922-1933). Il restera fortement associé à la renommée de cette école, aux ambitions de laquelle il s'associera. Parmi ces dernières, on relèvera l'idée d'améliorer l'esthétique des objets utilitaires, des bâtiments aux meubles, qui nous semble aller dans le même sens que celui qui nous guide en travaillant sur la cartographie. D'ailleurs W. Kandinsky revendique explicitement l'applicabilité de ses théories dans tout le domaine graphique, de la peinture aux « arts graphiques » en général[52].

5.2.1. Origine et motivation de la théorie des formes de W. Kandinsky

Pour W. Kandinsky, l'art pictural abstrait est tout d'abord un objectif à atteindre, un projet *moral*, une recherche permanente de la mise en œuvre de principes théoriques qui se découvrent progressivement au fil du travail, par l'expérimentation. Après une période de l'histoire de l'art où l'impression, la sensation floue ou inconsciente sont magnifiées, l'artiste veut au contraire expliquer son travail par des méthodes claires et pédagogiques. Son premier ouvrage théorique s'intitule « *Du spirituel dans l'art* »[53], car pour W. Kandinsky l'art est un moyen de connaissance et de salut spirituel, ainsi qu'un langage qui utilise des moyens « purs », comme la couleur et la forme, c'est-à-dire indépendants de toute référence concrète[54].

52. *op. cit.*, p. 37.
53. [Kandinsky, 1912]
54. Cf. la très intéressante présentation de Ph. Sers, en introduction à l'ouvrage précité dans l'édition Gallimard.

Le second principe important à connaître pour mieux cerner l'approche théorique de W. Kandinsky est celui de *nécessité intérieure*. La création comme l'interprétation d'une œuvre d'art doivent être des actes d'abord intérieurs, individuels et indépendants, pour pouvoir exprimer ou comprendre des idées « pures », celles de l'essence de l'art.

> « La forme est *l'expression extérieure du contenu intérieur.* »[55]

Par *intériorité* W. Kandinsky veut parler de la vie intérieure, mentale, du ressenti de l'être vivant conscient. La mission de l'art et de la peinture en particulier est de transmettre cette vie[56], par des moyens visibles.

Les lois de l'harmonie qui sous-tendent cet art essentiel sont donc d'abord intérieures, *ressenties* individuellement, avant de pouvoir être transmises. De la même manière, ces harmonies, que l'on peut désormais qualifier de propriétés esthétiques, ne sont découvertes que progressivement, après un certain temps de retour, d'exploration et de parcours de l'œuvre (ce qui renforce leur effet). Enfin, il faut préciser que si cette perception sensible est intérieure et donc individuelle, ses principes sont universels, partagés, ce qui permet d'en construire une théorie, d'expérimenter puis d'enseigner. Cette vision de l'art comme une essence objective, universelle, mais difficile à découvrir et à isoler est la motivation de l'écriture et de la diffusion de cette théorie. Selon W. Kandinsky, cet art essentiel est freiné en grande partie par deux éléments subjectifs : la personnalité de l'artiste et le « langage » de l'époque et du lieu, à rapprocher de l'idée de style et de mode. L'impulsion donnée par les impressionnistes, qui changent le fonctionnement de la peinture en la sortant de l'imitation fidèle de la nature, constitue un déclencheur pour pousser plus loin la réflexion, notamment en direction d'une peinture d'expression d'idées, une peinture à ressentir.

Ainsi, si l'objectif du présent travail et le respect de la patience du lecteur nous invitent à restreindre la présentation des théories de W. Kandinsky à des considérations formelles abstraites, réutilisables en cartographie, il faudra garder à l'esprit la portée considérable de la démarche philosophique de l'artiste.

5.2.2. L'effet de la couleur

Dans « *Du spirituel dans l'art* » (*op. cit.*), W. Kandinsky consacre plusieurs chapitres à développer sa théorie de l'interprétation des couleurs, ou, comme il l'exprime lui même, de *l'effet* de la couleur[57]. Selon lui, la perception de la couleur produit deux types d'effet, qui se manifestent par des sensations, un ressenti, chez le spectateur. Le premier effet est quasiment physique, on ressent directement certaines propriétés des couleurs. Cette sensation est assez superficielle pour un homme de *sensibilité* (spirituelle) *moyenne*. C'est là la clé qui permet de définir le second type d'effet, qui ne se produira que dans le cas où le spectateur possède une sensibilité plus développée, qui se caractérise par une *vibration de*

55. Tiré de [Kandinsky, Marc, 1911], p. 196.
56. Michel Henry, dans une très intéressante analyse d'inspiration phénoménologique de la théorie de W. Kandinsky, évoque la phrase ultérieure de P. Klee (dans *Théorie de l'art moderne*, p. 34) utilisant l'idée d'invisibilité : « l'art ne reproduit pas le visible : il rend visible ». Cf. [Henry, 2005]
57. « Wirkung der Farbe », que l'on peut aussi traduire par « action » de la couleur.

l'âme, que l'on peut traduire par la sensation d'une émotion intense[58]. La sensation source des deux effets est la même, mais la qualité et l'intensité du résultat sont différentes. L'utilisation pertinente d'harmonies colorées permettrait alors de « toucher l'âme » du spectateur, ce qui est le rôle dévolu à l'art essentiel selon l'artiste.

Par ce dédoublement sensitif, W. Kandinsky semble évoquer à la fois le besoin d'un certain temps d'exposition et d'une sensibilité adaptée, développée. On trouve donc ici aussi une organisation en double survenance qui peut potentiellement être rapprochée de celle des propriétés esthétiques selon R. Pouivet (cf. *supra*, § 3.1.3.). W. Kandinsky commence par décrire les contrastes colorés dont il a relevé empiriquement l'activité, avant de développer les règles d'utilisation et d'harmonie qui les utilisent.

5.2.2.1. Les trois grands contrastes

L'action de la couleur est basée, tout d'abord, sur deux contrastes formels principaux :

- un contraste de la chaleur au froid du ton coloré ;
- un contraste de la clarté à l'obscurité.

Ces contrastes jouent sur la teinte et la luminosité, caractéristiques de base des couleurs, selon le système de définition des couleurs dit teinte - saturation - luminosité. La saturation ou densité semble être sous-entendue par W. Kandinsky, car il parle soit de couleurs saturées (« jaune », « bleu »), soit de dégradés vers le blanc ou le noir (cf. figure n°73).

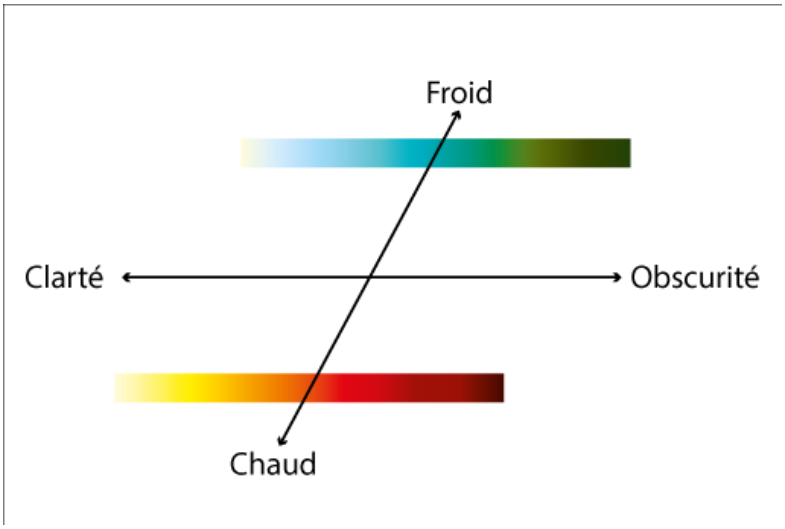


figure n°73 : Les deux contrastes principaux de couleur selon W. Kandinsky.

On note par ailleurs que ces deux grands « contrastes » établis empiriquement correspondent aux canaux physiologiques de détection des couleurs établis

58. *Op.cit.*, ch. 5, pp. 106-107 et p. 164.

expérimentalement par la science de la perception, comme on l'a vu précédemment (cf. *supra*, § 1.4.2).

En affectant une sensation (chaud / froid) à des couleurs, W. Kandinsky est déjà dans le domaine de l'expression de signes plastiques implicites, d'interprétations émotionnelles. Il affecte à la sensation chaude la teinte générale du jaune, à la froide celle du bleu. Dès l'énonciation de ce contraste, l'artiste lui affecte une signification secondaire, encore moins directe ou facile à détecter (on serait tenté de dire qu'elle est implicite) : les couleurs chaudes ont tendance à être perçues comme étant proches du spectateur (voire comme en mouvement vers lui), et les couleurs froides plus éloignées (et s'éloignant), c'est ce que l'artiste nomme « le premier mouvement ». Le second mouvement est la sensation que la couleur chaude cherche à s'étendre, à diffuser, comme soumise à une force centrifuge, d'expansion, alors que la couleur froide au contraire semble se rétracter.

Le second grand contraste, celui de luminosité, va venir croiser le premier pour offrir des mélanges de sensations assez logiques. Par exemple, dans un cercle, un jaune qui s'éclaircit va renforcer son caractère lumineux et chaud, puis expansif, alors qu'un bleu qui s'assombrit, à l'inverse, va être refroidi et semblera se rétracter (cf. figure n°74).

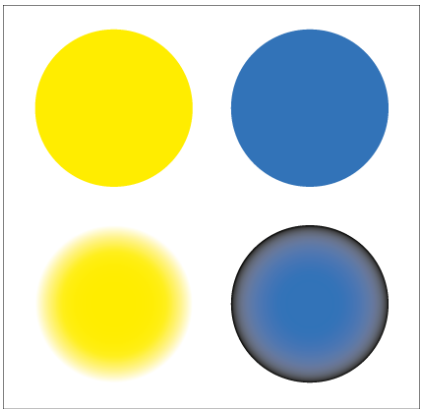


figure n°74 : Contrastes colorés.

Les propriétés colorées mises en œuvre dans ces idées sont d'origine purement interne, il n'y a pas d'emprunt à des propriétés extérieures aux couleurs. W. Kandinsky part d'une teinte et observe, de façon purement empirique nous dit-il[59], des sensations plus ou moins profondes, qu'il organise en dimensions perceptives graduellement plus difficiles à acquérir, qui demandent plus de temps et d'expérience. C'est pourquoi il justifie ces idées selon sa philosophie du mouvement intérieur, de l'essence de l'art : ce sont des propriétés internes à la couleur, qui sont ressenties puis interprétées.

À partir de ces deux contrastes de couleur auxquels il associe des mouvements, W. Kandinsky va étendre sa réflexion aux teintes intermédiaires, en leur affectant logiquement des propriétés moyennes, ou atténuées (figure n°75 page suivante).

59. Plus tard, en 1925 dans son cours du Bauhaus (*op. cit.*, p. 46), W. K. indique avoir été inspiré par les travaux de J. W. Goethe sur le symbolisme des couleurs en littérature, cf. [Goethe, 1810]

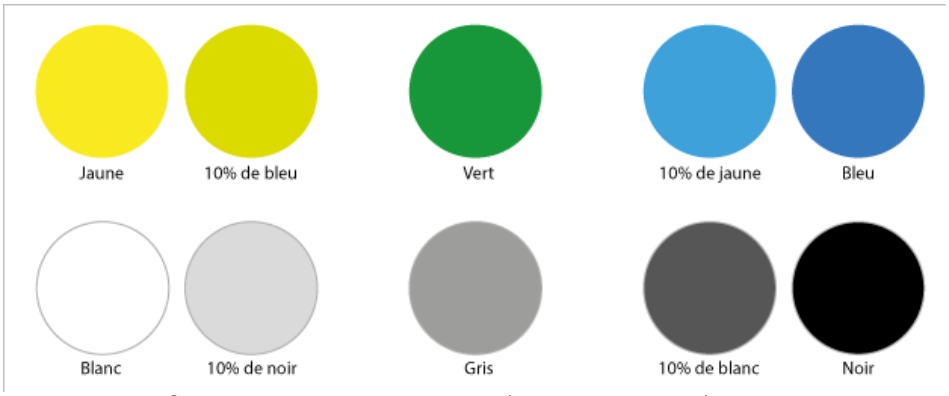


figure n°75 : Variations colorées intermédiaires.

Ainsi, le vert moyen, qui est la couleur à égale distance entre le jeune et le bleu[60], va être une couleur ni froide ni chaude (première dimension) et une couleur immobile (deuxième dimension), calme (cf. figure n°76).

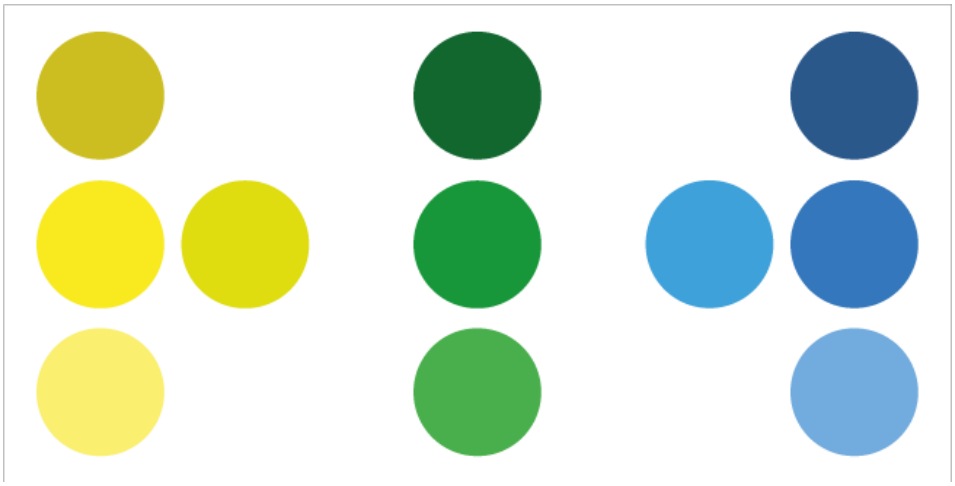


figure n°76 : Le vert, couleur intermédiaire et calme.

W. Kandinsky distingue aussi des sensations potentielles, des « forces paralysées », qui peuvent redevenir actives, dans le vert, alors que le gris est inerte. Il poursuit son étude des sensations induites par les couleurs et leurs variations selon les dimensions qu'il a isolées, des sensations simples, physiques vers des sensations plus complexes, liées à l'interaction avec l'âme du spectateur et donc à son degré de sensibilité (que W. Kandinsky associe directement à la spiritualité, sans toutefois définir plus avant ce terme possédant de nombreuses connotations). Ainsi, si l'on « laisse les couleurs agir sur soi », le jaune chaud, qui a tendance à venir vers le spectateur (premier mouvement), peut devenir gênant s'il augmente d'intensité : son caractère dynamique, excitant, devient alors insolent, exagéré, surtout si le spectateur possède une grande sensibilité. En poursuivant les relations entre sensations, cette famille de teintes peut être rapprochée du son éclatant d'une fanfare, ou d'un état mental d'excitation, de rage, de délire, ce qui rejoint l'idée de mouvement et

60. Sur le cercle chromatique des teintes, mais il s'agit aussi de la couleur produite lorsqu'on mélange les couleurs en quantité égale en peinture.

d'expansion. Enfin, le jaune est plutôt une couleur associée à la terre, au concret, alors que le bleu évoque le ciel et l'abstrait, le domaine mental (cf. figure n°77, ci-dessous).

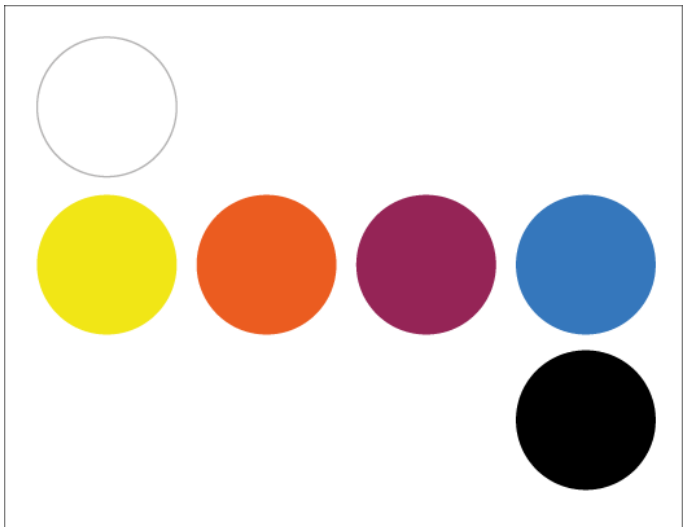


figure n°77 : Ordre des couleurs selon la sensation de chaleur.

figure n°78 : Variations de teintes, les teintes intermédiaires entre les couleurs primaires.

Le troisième grand contraste « interne » à la couleur relevé par W. Kandinsky est le contraste de teinte, par rapport à la position sur le cercle chromatique (cf. figure n°78, ci-dessus). Le rouge, par exemple, plutôt chaud, vif et mobile, s'y oppose au vert, sans chaleur et calme. Lorsque l'on atténue le rouge vif par du bleu, on obtient un violet, plus sombre et moins agité. Lorsqu'on l'active par du jaune, on obtient l'orangé, plus expansif et plus clair. Le rouge, intermédiaire, peut ainsi être « réchauffé » par du jaune pour devenir orangé, ou refroidi par du bleu pour devenir violacé.

W. Kandinsky propose alors un cercle chromatique original, basé sur les trois grands contrastes, qui diffère quelque peu des cercles élaborés jusque là[61] en intervertissant le bleu et le violet (cf. figure n°79, ci-dessous). Cela lui permet de préserver l'opposition principale

61. Notamment par Isaac Newton (1704), J.W Goethe (1810) ou, plus proche, celui du chimiste Chevreul (1839).

bleu / jaune sur un axe vertical, et de représenter ainsi visuellement les oppositions colorées qui représentent les grands contrastes.

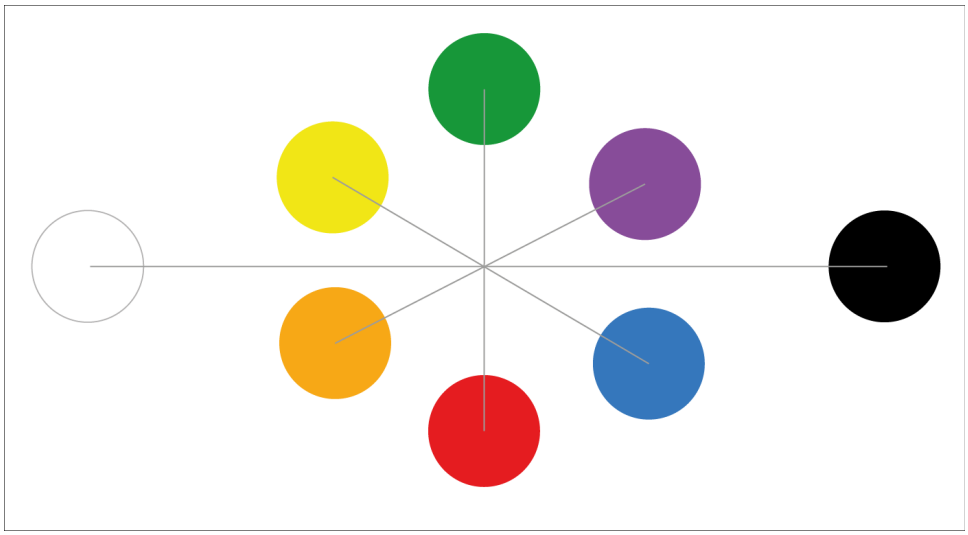


figure n°79 : Oppositions de teintes selon W. Kandinsky.

5.2.2.2. Comment l'artiste peut-il utiliser l'effet de la couleur ?

Par ces trois grands contrastes et les associations sensibles qu'ils déclenchent, les couleurs acquièrent pour certaines une assez grande profondeur d'expression, ce qui peut se comprendre aussi comme une succession de signes plastiques imbriqués ou corrélés. Par ce moyen, l'artiste peut « toucher l'âme » du spectateur de manière plus profonde et plus durable, en avançant dans l'objectif d'un art « pur ». Ainsi, la couleur rouge est très riche de potentialités : on peut lui adjoindre du jaune pour la dynamiser, du bleu pour la calmer, augmenter sa luminosité ou la réduire, l'opposer à des verts pour marquer une dimension spatiale dans l'œuvre.

De même, jusqu'à présent W. Kandinsky n'avait évoqué que des couleurs isolées ou en couples d'opposées. Plus loin dans « *Du spirituel dans l'art* », il évoque la notion d'harmonie[62] et l'idée de rompre là encore avec la tradition d'associations de couleurs auparavant considérées comme harmonieuses. Il critique notamment les harmonies obtenues par variation *progressive* de la teinte, de la luminosité, et/ou de la densité des couleurs, jusque-là préconisées[63]. L'harmonie simple des perceptions colorées physiques peut être étendue dans d'autres dimensions par des harmonies spirituelles, qui peuvent être plus puissantes et plus efficaces, mais plus longues à percevoir. Dans son cours au Bauhaus, l'artiste ajoute qu'une harmonie colorée correspond à un rythme dans les couleurs[64].

W. Kandinsky en vient alors à promouvoir une composition basée sur des éléments colorés, dessinés (c.-à-d. délimités), qui existent en tant que tels et par leurs rapports les uns aux

62. *op. cit.*, p. 168 et suivantes.
63. Notamment par W. Ostwald ([Ostwald, 1917]) ou W. D. Ross ([Ross, 1907]).
64. *op. cit.*, p. 152.

autres. L'imitation du réel par la figuration, l'utilisation de formes en relief, modelées, sont alors proscrites pour ne pas gêner cette expression pure. W. Kandinsky passe à l'abstrait. On peut voir en effet dans ces orientations le principe de composition de nombre d'œuvres abstraites de la première période de ce genre, et le tableau « *Quelques cercles* » (cf. figure n °80, ci-après), peut en constituer un bon exemple. Mettant en pratique les principes théoriques d'activation de la couleur de l'artiste, on peut en effet remarquer que les couleurs chaudes et vives (jaunes, rouges) ne sont présentes que dans des cercles de petite taille, et à l'inverse, les couleurs froides et sombres occupent des cercles plus grands. Le fond du tableau est noir ou gris très sombre, car un fond blanc atténuerait trop fortement le contraste chaud/froid. On reviendra plus loin sur cette œuvre, à propos de la position et de la taille des éléments dans la composition.

figure n°80 : W. Kandinsky, *Einige Kreise* (« Quelques cercles »), 1926[65].
The Solomon R. Guggenheim Museum, New-York.

65. Image © ADAGP, source : site du musée S. R. Guggenheim : http://www.guggenheim.org/new-york/collections/collection-online/show-full/piece/?object=41.283&search&page&f=Title

5.2.3. Point et ligne sur plan : W. Kandinsky et la forme

Plus tard dans sa carrière, devenu professeur au Bauhaus et ayant longuement expérimenté, W. Kandinsky éprouva le besoin de rédiger un nouvel ouvrage théorique, complémentaire au précédent, en s'intéressant cette fois-ci à la forme. Il s'agit de *Point et ligne sur plan, contribution à l'analyse des éléments de la peinture*, paru en 1926. Ses développements sont basés sur le même principe que les précédents sur la couleur : à partir de formes graphiques simples, isolées, on cherche d'abord quelles peuvent être les différentes émotions exprimées et ressenties (les *effets*). Ces émotions sont par nature de survenance progressive[66]. Ensuite, on organise ces émotions en dimensions cohérentes, en examinant leurs relations, leurs limites, leurs réciprocités. Enfin, l'artiste observe l'intégration de ces principes d'organisation en complexifiant progressivement sa synthèse, dans la composition.

Or, comme l'écrit Ph. Sers dans l'introduction de l'ouvrage, en ce qui concerne la couleur, l'inventaire du domaine des possibles est donné (par le cercle chromatique et d'autres techniques de description précise et exhaustive des couleurs), alors qu'il n'en est bien sûr pas de même dans le domaine de la forme.

5.2.3.1. Le point, origine

W. Kandinsky débute son analyse par l'élément graphique le plus simple, mais qui est aussi l'origine de tout dessin : le point. Il relie dès les premières lignes ce point graphique à deux autres points d'usage courant : le point géométrique, qui est éminemment abstrait[67], et le point linguistique, qui marque la fin d'une phrase.

Le point se définit comme étant la plus petite forme de base d'une image, cette petitesse étant appréciée par rapport à la surface de base (le plan) et aux autres formes de cette même surface. La définition même de la forme étudiée est donc relative, dépendante des autres formes et du contexte. Cependant, on reste dans des considérations purement formelles et sans recours à des explications externes. À partir de cette définition, W. Kandinsky recherche les cas limites et détermine la possibilité d'une forme, idéalement circulaire, mais pouvant ne l'être que de manière grossière[68].

---

66. On reste dans une évaluation empirique, « intérieure », donc très subjective, de ces émotions mais W. Kandinsky essaye de prendre du recul en comparant les différentes formes d'art, en expérimentant et en faisant commenter ses idées par ses collègues et ses étudiants du Bauhaus.
67. Car il ne possède pas de caractère matériel, c'est une abstraction pure.
68. On ne reprendra pas ici les développements de W. Kandinsky à propos des effets du matériau du support et de l'outil utilisé pour dessiner/graver/peindre, qui nous semblent trop éloignés de notre propos, même si on pourrait aisément établir une relation avec les travaux descriptifs de M. Raphaël évoqués dans le chapitre précédent.

Explorant ensuite les significations du point, c'est-à-dire les interprétations secondaires qui surviennent après sa perception en tant que petite forme ponctuelle sur une surface, l'artiste va établir plusieurs sensations, émotions ou idées :

- le point est isolé, distinct ;
- il est fixe, stable, immobile, incrusté dans le plan ;
- il est bref, concis, donc perçu rapidement par l'œil ;
- il est introverti, sa *tension* est concentrique.

On remarque ici l'emploi de l'idée de tension, qui est importante car il s'agit d'une propriété physique des objets du monde réel qui est évoquée par des objets du monde graphique de l'image. L'idée de tension sera utilisée de nombreuses fois par la suite, elle connaîtra une large utilisation par les artistes comme par les concepteurs graphiques.

En examinant ensuite l'interaction du point avec la surface de l'image, le plan, W. Kandinsky élabore un deuxième concept-clé de sa théorie des formes : celui de résonance. En utilisant la métaphore de la sonorité musicale[69], ce concept évoque la capacité du point à interagir en réaction à d'autres éléments ou aux limites du plan dans lequel il est placé (cf. figure n°81, ci-dessous). Le point possède ainsi deux résonances : sa résonance interne propre et celle qui provient de sa position sur le plan. Par sa seule présence, le point va en effet transformer la surface, la « féconder » en y faisant naitre des tensions[70].

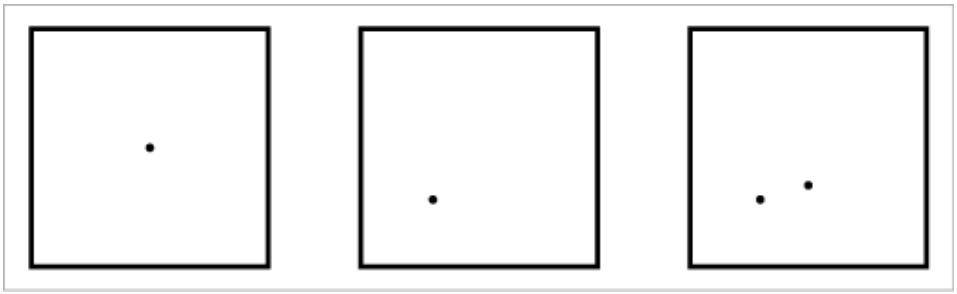


figure n°81 : Propriétés du point sur un plan, selon [Kandinsky, 1926].

Placé au centre d'un plan carré, un point va donc être :

- bref ;
- stable ;
- introverti, concentrique ;
- de résonance secondaire faible, étouffée, amortie par la position centrale, à égale distance des bords.

Si l'on déplace le point hors du centre, la tension devient perceptible, c'est-à-dire que les effets de la résonance entre la position du point et les bords du plan, qui sont à des distances différentes, deviennent actifs (cf. figure n°82, ci-après). Enfin, si l'on ajoute un deuxième point identique, vont survenir des effets d'interaction entre ces deux positions,

69. Dans son cours du Bauhaus (*op. cit.*, p. 30), W. Kandinsky prend l'exemple de deux pianos placés dans le même pièce : une note jouée sur l'un des pianos fera vibrer la corde de la même notre sur l'autre piano.
70. Cf. Cours du Bauhaus, *op. cit.*, p. 72.

en plus de ceux liés aux bords du plan. Les distances vont être mesurées, comparées, ainsi que les positions.

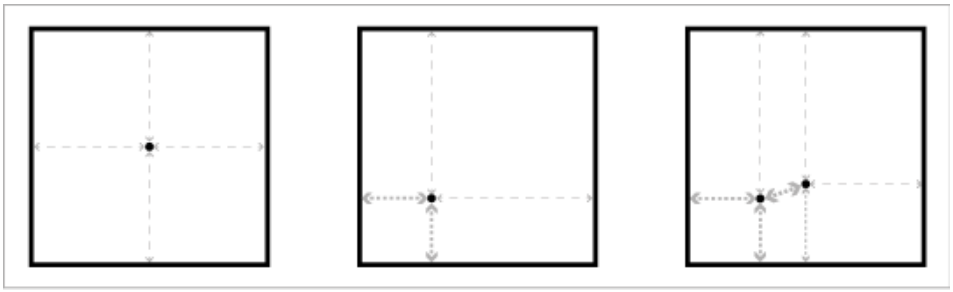


figure n°82 : Tensions liées à la position du point sur le plan, selon [Kandinsky, 1926].

En multipliant le nombre de points, on peut ainsi créer de nouvelles tensions et donc des régions de l'image possédant des niveaux de tension différents, ce qui implique des circulations, des mouvements dans l'image, mais on y reviendra plus loin. W. Kandinsky offre ici une technique d'analyse de la composition, à la fois de description formelle et de sa sémiose plastique, sa capacité à évoquer des idées et des sensations.

Les différentes interprétations (signifiés) du point évoquées jusqu'ici survenaient à partir de propriétés internes du point (taille, forme) et de ses relations avec le plan ou d'autres éléments (position, tension). Lorsque ces propriétés internes sont exacerbées en direction de l'extérieur du point, extériorisées, le point s'étire et devient ligne.

5.2.3.2. La ligne, trace du point en mouvement

Selon W. Kandinsky la ligne, second élément de base du dessin, est issue du mouvement du point[71]. Par conséquent, sa caractéristique principale est de représenter une dynamique, un mouvement. La ligne est le résultat de l'application d'une ou plusieurs forces extérieures à un point.

Une force peut être définie, comme en physique, par une tension (une intensité) une direction, et la variation de cette dernière (potentiellement selon un rythme). Selon le nombre de forces appliquées à un point et leurs caractéristiques propres, on obtient divers types de lignes. La plus simple est une ligne droite horizontale qui s'étire jusqu'au bord du plan. Étant horizontale, W. Kandinsky lui associe des émotions spécifiques : c'est une ligne qui ressemble à une surface plane (un horizon), une base, un soutien et qui, n'ayant pas de dynamique, sera perçue comme calme voire froide[72]. On retrouve ici le principe d'affectation d'idées aux formes, en commençant par des sensations physiques simples, perceptives (cf. la notion de sentiments sensibles de M. Raphaël, *supra.* § 4.2.2.2).

71. On retrouve ici une réflexion sur les trois dimensions du réel popularisée dans les milieux philosophiques et artistiques de l'époque par P.D. Ouspensky (1878-1947), un « ésotériste » qui proposa notamment le concept d'une quatrième dimension spirituelle.
72. *op. cit.*, p. 68.

En faisant varier la propriété de direction de cette ligne droite, on obtient d'autres types de lignes simples. La verticale est dynamique, donc chaude, la diagonale est le juste milieu de ces interprétations. Les lignes droites obliques sans centre commun vont de la même manière évoquer des sensations de mouvement, de chaleur, variées, par opposition au calme et au froid évoqués par les lignes horizontales. Cette multiplicité de sensations exprimées évoque même une propriété esthétique à W. Kandinsky : le lyrisme. C'est un exemple intéressant de survenance de propriété esthétique : de la forme on perçoit des propriétés physico-phénoménologiques (lignes, orientées), sur lesquelles surviennent pour l'artiste des propriétés intentionnelles (chaleur et mouvement), sur lesquelles, enfin, survient une propriété esthétique (le lyrisme).

Les associations forme - sensation physique permettent de relier les types de lignes aux types de couleurs, car ces dernières en expriment également (cf. figure n°83). On obtient ainsi une première série de corrélations entre couleurs, formes, et sensations signifiées.

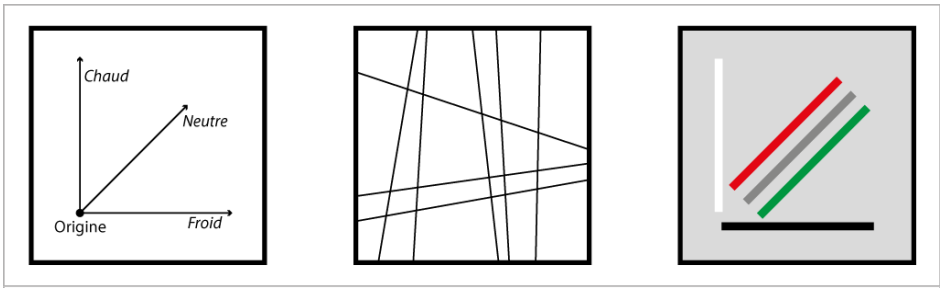


figure n°83 : Différentes lignes droites, selon [Kandinsky, 1926].

La combinaison de ces lignes simples permet ensuite de réfléchir à une composition linéaire simple, c'est-à-dire un assemblage de lignes. La composition de lignes qui semble à W. Kandinsky la plus simple et la plus stable, neutre, ni chaude ni froide, est le carré divisé en quatre par deux lignes orthogonales (cf. figure n°84).

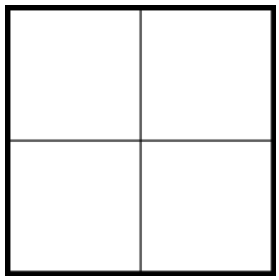


figure n°84 : La composition linéaire de base, selon [Kandinsky, 1926].

En complexifiant progressivement les paramètres, W. Kandinsky ajoute une deuxième force à la tension qui a fait sortir le point de sa fixité pour devenir une ligne. L'action de ces deux forces peut être alternée ou simultanée, ce qui produit des lignes droites brisées ou des lignes courbes. Les premières, plus simples et plus régulières, seront plus froides que les secondes, qui expriment de plus la possibilité de plusieurs forces en concurrence ou en relais, en alternance (cf. figure n°85, page suivante).

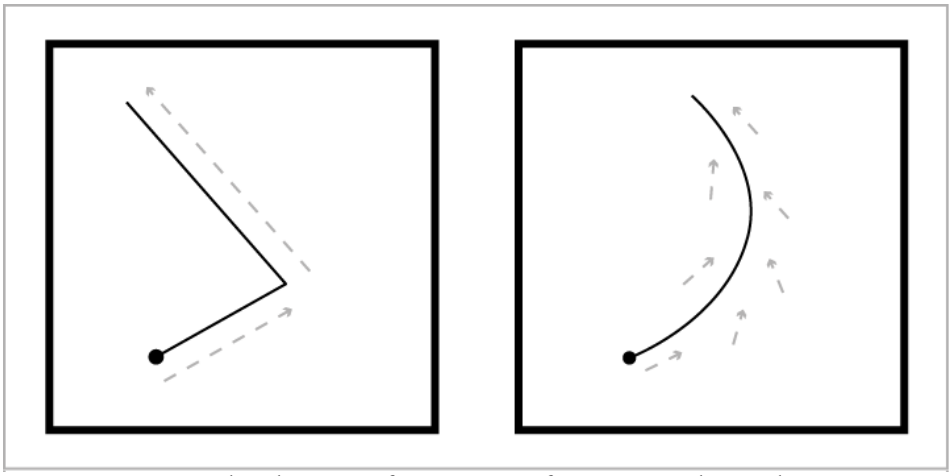


figure n°85 : Action de plusieurs forces pour former une ligne, brisée ou courbe, selon [Kandinsky, 1926].

Les tensions agissant sur des lignes peuvent être issues de la forme de la ligne elle-même, en relation avec son orientation (effet de gravité, poussée vers le bas), carré de gauche de la figure n°86 ci-dessous. Lorsque l'on arrange plusieurs lignes, des tensions peuvent apparaître sur l'arrangement lui-même : une opposition dans l'orientation de lignes successives (carré du centre), ou au contraire un ordre stable (carré de droite), les tensions s'annulant l'une l'autre.

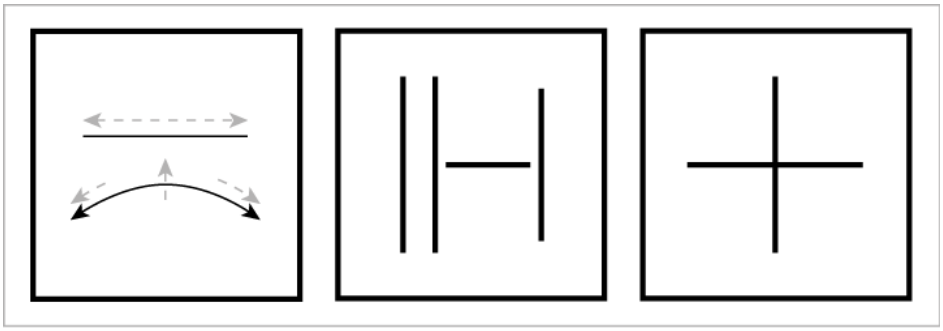


figure n°86 : Tensions des lignes, selon [Kandinsky, 1926].

Les lignes brisées se caractérisent par trois types de « résonance », qui sont toujours présentes à un degré variable (cf. figure n°87) :

- celle des lignes droites par la variation des longueurs des branches ;
- celle issue de l'orientation de l'angle en rapport avec les tensions des limites du plan ;
- celle qui provient de l'impression de « conquête du plan » que la ligne exprime.

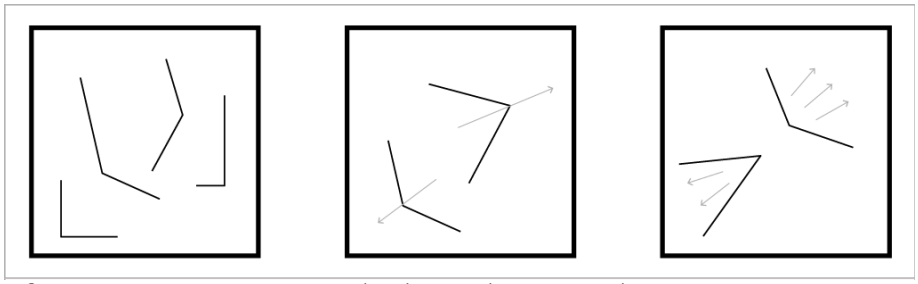


figure n°87 : Résonances des lignes brisées, selon [Kandinsky, 1926].

W. Kandinsky décrit l'angle droit comme objectif, stable, donc froid, alors que l'angle aigu implique une tension, une activité, ce qui implique pour lui davantage de chaleur. À l'inverse, l'angle obtus est plus passif, lourd, lent, faible. Il poursuit de la même manière que pour l'orientation des lignes, en rapprochant l'angle de la ligne brisée de couleurs de même « chaleur », puis, en refermant les lignes, aboutit à ce qui, pour lui, ressemble à une « loi », une relation entre angle, couleur et forme de base ou figure (cf. figure n°88 ci-après.).

La ligne courbe, parce qu'elle semble être le résultat de l'action de plusieurs forces en continu et simultanément, est donc décrite comme étant plus dynamique, chaude, et plus fluide, plus forte.

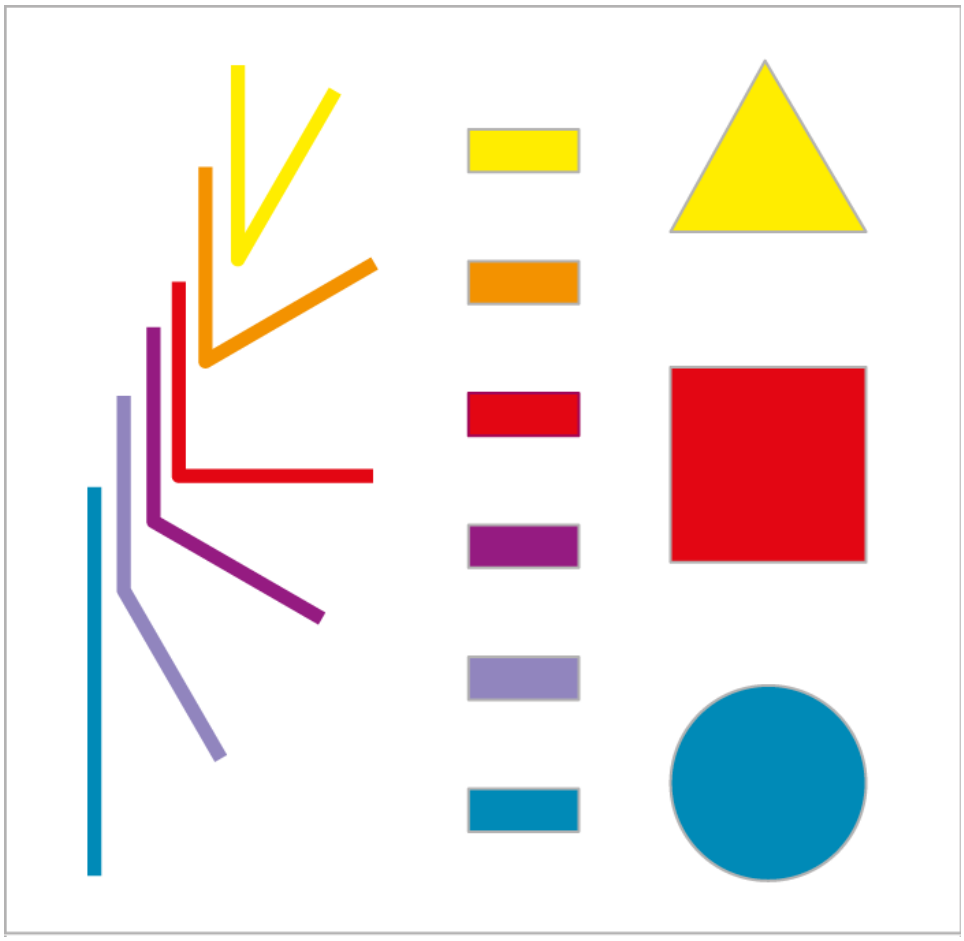


figure n°88 : Relation entre angle, couleur et figure, selon [Kandinsky, 1926].

5.2.3.3. Le plan, espace, support et surface

Le dernier élément de base examiné par W. Kandinsky dans sa théorie est naturellement le plan. Il s'agit d'une surface, essentiellement la surface même du substrat de l'œuvre, la toile par exemple, mais aussi tout élément possédant une certaines épaisseur

qui le fasse sortir d'une des catégories précédentes, point ou ligne. Le matériau de cette surface est important : selon ses caractéristiques graphiques (rugosité, couleur, brillance, etc.), il possédera lui-même une résonance interne complexe, en plus de celle produite par sa forme et ses dimensions.

Le rapport avec l'espace et donc avec la cartographie est évident, M. Henry[73] écrit :

> « C'est l'espace qui fournit la possibilité de juxtaposer les éléments, il est en lui-même, dans son contenu intuitif, cette catégorie du "l'un à côté de l'autre", sur laquelle repose toute juxtaposition concevable. On confie donc à l'espace le soin de fonder l'unité et ainsi l'harmonie et la beauté de l'œuvre. »

La manifestation la plus simple de ce type d'élément est un rectangle, composé de deux verticales et de deux horizontales, lignes d'action et de résonance opposées qui se neutralisent. Cette surface simple est un plan, en deux dimensions, pour là aussi revenir à une expression simple, épurée.

Cependant un plan rectangulaire va créer des résonances nouvelles, liées à la position dans la surface créée : gauche-droite et haut-bas, la surface étant considérée comme une toile posée verticalement sur un mur en face du spectateur. Les tensions (tropismes) évidentes de la gravité et de la lecture de la gauche vers la droite vont faire exprimer aux positions des éléments des sensations différentes.

Haut	**Bas**
• souplesse • ascension • légèreté • liberté • faible densité • mouvement facilité • tensions plus lâches	• densité • pesanteur • contrainte • ascension difficile • mouvement ralenti • viscosité
Gauche	**Droite**
• Idem que pour haut, atténué, avec une densité plus importante. • Division en deux zones horizontales d'effet différent. • Extérieur, lointain, entrée.	• Idem que pour bas, atténué, avec une densité moins importante. • Division en deux zones horizontales d'effet différent. • Intérieur, proche, sortie.

tableau n°4 : Signifiés exprimés par la position dans l'image, selon [Kandinsky, 1926].

W. Kandinsky utilise ici explicitement des métaphores littéraires et théâtrales pour affecter des sensations aux différentes positions dans l'image[74]. Dans la tradition, en effet, le côté gauche de la scène (vue de face, par le public), est le côté jardin, le « bon » côté, celui de l'entrée des acteurs. Le mouvement de la gauche vers la droite est donc un mouvement de l'extérieur vers l'intérieur, de rapprochement. La partie gauche de l'image évoque le lointain pour l'artiste, la partie droite le proche, ce qui explique la relation avec le haut et le

73. « Voir l'invisible », *op. cit.*, p. 116

74. W. Kandinsky a beaucoup été influencé par les arts scéniques, l'opéra et la danse notamment. Il a souvent essayé de rapprocher les différentes formes d'art dans son travail théorique.

bas. Cependant W. Kandinsky prévient qu'il ne s'agit pas là de lois compositionnelles absolues, mais d'indications quant à la répartition des tensions (cf. les figures ci-dessous pour une représentation des tensions dans une surface). La position ne peut à elle seule supporter la composition[75].

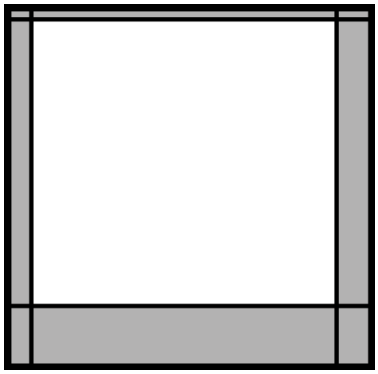


figure n°89 : Degrés variables de tension des côtés d'une surface, selon [Kandinsky, 1926].

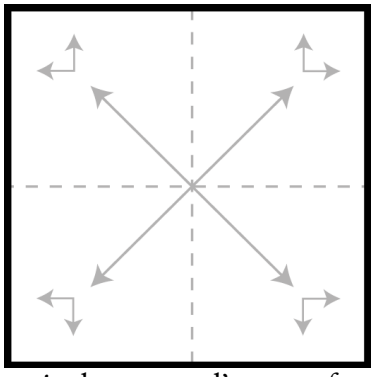


figure n°90 : Tensions à partir du centre d'une surface, selon [Kandinsky, 1926].

Grâce à ces résonances, ces impressions ou sentiments évoqués par la position dans la surface de l'œuvre, l'artiste possède des moyens intéressants pour équilibrer ou structurer sa composition. La taille, la forme et la couleur des éléments peuvent ainsi voir leurs résonances propres être calmées ou exacerbées par leur placement. Par exemple, W. Kandinsky s'intéresse à la disposition en diagonale sur un rectangle, et recherche les sensations associées pour aboutir à la figure n°91 :

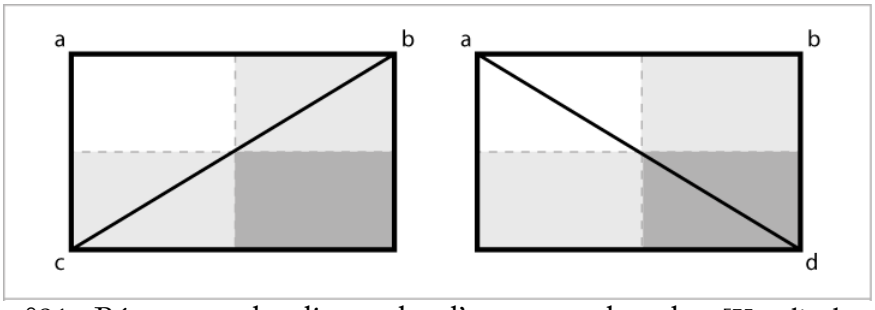


figure n°91 : Résonance des diagonales d'un rectangle, selon [Kandinsky, 1926].

75. Une étude expérimentale réalisée en 1981 révèle que la position sur l'axe vertical joue bien un rôle dans le poids visuel vis-à-vis de l'attention, mais c'est beaucoup moins évident concernant la latéralité. Cf. [Niekamp, 1981]

Les niveaux de gris en arrière-plan des rectangles indiquent les « poids » des résonances des régions concernées. Ainsi, la diagonale *cb* exprime une « tension calme »[76], allant du bas à gauche (donc vers le haut, mais aussi vers l'intérieur, d'où tension), alors que la diagonale *da*, du bas à droite vers le haut à gauche paraît d'une tension plus compliquée et plus forte (vers le haut, mais en partant du point le plus « lourd » et en allant vers l'extérieur, la gauche). W. Kandinsky qualifie *cb* de « lyrique », et *da* de « dramatique », utilisant le vocabulaire musical pour indiquer la différence de niveau de tension et de contraste interne (il s'agit donc de propriétés esthétiques du type classificatoire).

En appliquant cette méthode à un objet linéaire qui s'élargit pour devenir surface, formant une sorte de flèche, orientée dans un carré, on obtient les résonances illustrées par la figure n°92 ci-après.

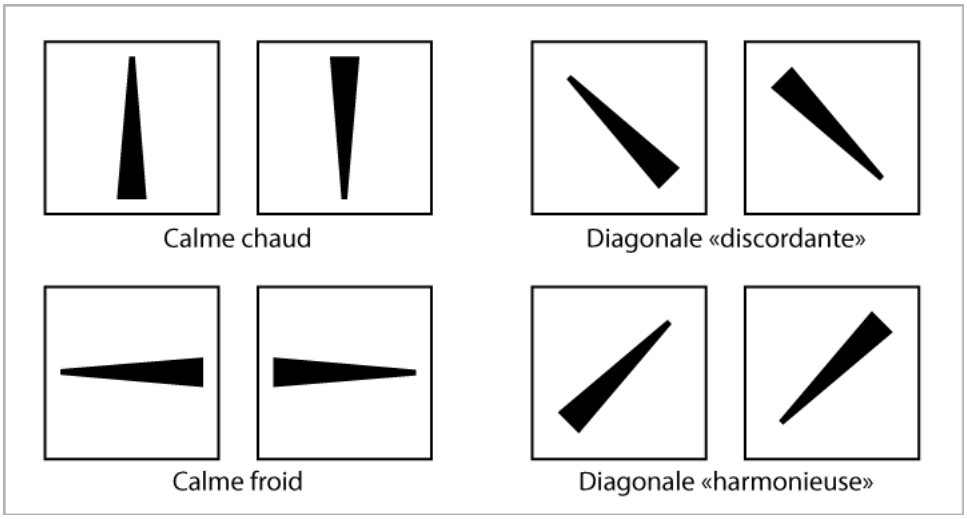


figure n°92 : Résonances associées à l'orientation dans une surface, selon [Kandinsky, 1926].

En faisant de plus varier la direction de la ligne, sa courbure, son épaisseur, on va pouvoir créer une « pulsation » du plan, un rythme. Enfin, en utilisant cette fois des interactions entre des éléments polygonaux et le plan support, le cadre, W. Kandinsky présente des figures qui vont se rapprocher visuellement de nos préoccupations cartographiques (figure n°93, ci-dessous).

76. *op. cit.*, p. 161.

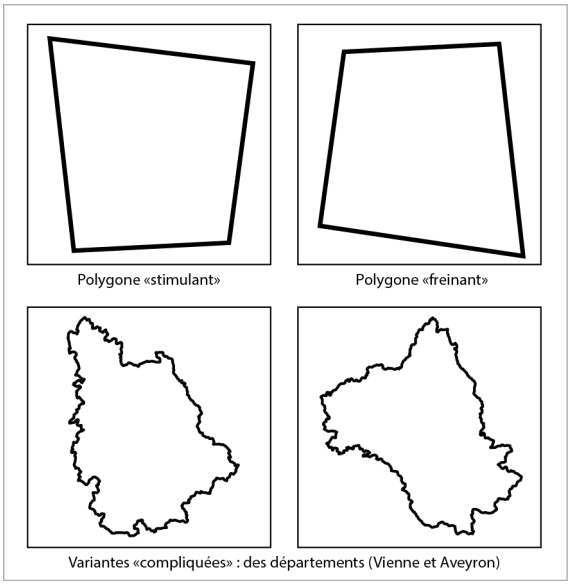


figure n°93 : Application à des polygones, selon [Kandinsky, 1926].

5.2.4. Atteindre l'harmonie par la composition

La recherche des « résonances », « effets » ou sensations des lignes complexes permet à W. Kandinsky de faire le point sur la notion de composition comme activation, organisation des dynamiques, vie d'une image :

> « L'action d'une force introduit la vie dans un matériau donné, et cette vie s'exprime en tensions. [...] L'élément est le résultat effectif de l'action d'une force sur le matériau. [...] La *composition* n'est donc qu'une *organisation précise et logique* des forces vives contenues dans les éléments sous forme de tensions. » (*op. cit.*, p. 111)

Toujours dans ce domaine de la composition, W. Kandinsky évoque les répétitions de lignes selon la notion de rythme, faisant ici encore une liaison entre graphisme et musique. De même, il réutilise l'idée d'une harmonie basée sur des contrastes marqués, présentée dans son ouvrage précédent sur la couleur (cf. *supra*, § 5.2.2), mais appliquée ici aux lignes et aux formes :

> « L'harmonie générale d'une composition peut donc consister en plusieurs combinaisons, dont l'antagonisme est poussé à l'extrême. Ces oppositions peuvent même avoir un aspect discordant, et malgré cela leur juste emploi, loin d'être négatif, agira d'une façon positive sur la composition générale et élèvera l'œuvre vers une perfection harmonieuse. » (*op. cit.*, p. 116).

Dans ses deux ouvrages théoriques, W. Kandinsky est un peu moins disert sur la façon d'utiliser cette approche théorique pour produire des œuvres qui soient esthétiquement plus réussies ou supérieures, mis à part quelques paragraphes sur le besoin de rompre avec les pratiques anciennes et de rechercher la vérité intérieure en partant d'éléments simples et de leur composition. En ce sens, il pousse ses lecteurs à étendre le domaine du possible, notamment en recherchant de nouvelles harmonies dans les contrastes forts des nouvelles

dimensions formelles qu'il définit. Dans ses écrits les plus pragmatiques, méthodologiques, son cours du Bauhaus, W. Kandinsky comble utilement ce manque et synthétise sa démarche avec à la fois plus de profondeur et plus de clarté. Dans son cours, l'artiste énonce :

> « Qu'est-ce qu'une œuvre ? Une composition organique et efficace des tensions. [...] La composition est la somme des tensions voulues et ordonnées. [...] Le principe premier et primordial de la composition est le rythme. Tout est lié dans un processus dynamique aboutissant à l'harmonie. L'harmonie n'est pas statique, mais dynamique. Son but : l'expression d'une sonorité totale, provenant du plus grand contraste d'éléments. »[77]

Ainsi, selon W. Kandinsky, l'harmonie s'obtient en composant de manière rythmique les tensions nées des résonances internes et des relations des éléments formels sur la surface de l'œuvre. Une œuvre doit montrer une sonorité principale, obtenue par l'harmonie de la composition des éléments.

La construction d'une composition s'effectue en partant des éléments et en les regroupant (l'analyse d'une œuvre opérant le chemin inverse). On construit donc progressivement la composition en formant et en plaçant les éléments pour obtenir une harmonie claire, qui exprime la tonalité cohérente de l'œuvre entière : le positionnement, la forme et la couleur d'un élément seront fonction de ses tensions internes propres, de ses tensions par rapport à la surface de référence, et enfin de ses tensions par rapport à son groupe d'éléments local et aux autres groupes d'éléments actifs.

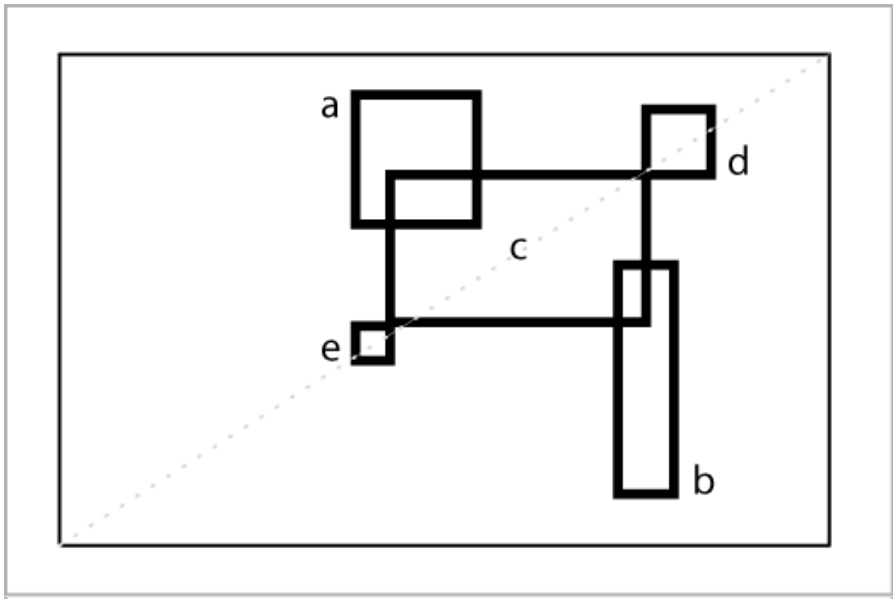


figure n°94 : Harmonie forme / position par rapport au groupe, selon [Kandinsky, 1926].

77. [Kandinsky, 1975], citations regroupées par Ph. Sers dans son introduction, p 10.

La figure n°94 reproduit un exemple utilisé par W. Kandinsky dans son cours. L'harmonie est obtenue en équilibrant à la fois les formes des rectangles et leur position autour d'un centre commun, lui-même placé sur une diagonale du plan d'origine :

- *a* compense sa position en hauteur par son poids (sa taille relative) ;
- *b* compense sa position basse par la tension issue du contraste largeur / hauteur ;
- *c* « accompagne le plan d'origine en soulignant sa sonorité » : il est placé sur la diagonale et présente le même rapport largeur /hauteur que le plan-support.
- *d* est sur la diagonale et complète le groupe en ajoutant à sa forme générale (il l'arrondit un peu en réduisant la tension des formes agglomérées) ;
- *e* idem, à un autre endroit où c'est nécessaire, mais aussi sur la diagonale.

On pourrait ainsi imaginer compléter cette figure par l'ajout de couleurs et d'autres types de formes simples[78]. Les contrastes sont reliés par des formes neutres, de transition, qui les articulent et font vivre leur résonance, leur sonorité, dans un groupe de niveau supérieur, lui-même placé de façon décalée sur la surface.

Cette harmonie de composition est donc basée sur le plan (dont la forme crée des tensions intérieures), des éléments formels possédant eux aussi leurs tensions intérieures, les groupes que forment ces éléments, créant alors des éléments de niveaux supérieurs présentant des tensions propres, le tout organisé, arrangé, selon un *système de construction*. Cette notion, fortement intégrée à celle de composition chez Kandinsky, correspond à une logique d'arrangement formelle claire, qui doit de plus présenter un rythme, une variation interne cohérente.

L'artiste en donne une première liste dans son cours[79] :

- un élément dans une direction donnée[80] ;
- plusieurs éléments au parcours parallèle ;
- une opposition :
    - déséquilibre par une orientation principale peu contrariée ;
    - équilibre avec deux orientations contradictoires.

La construction de l'harmonie se réalise donc en organisant une logique interne de composition, basée sur la prédominance d'une résonnance / sonorité, et sa contrariété plus ou moins grande, mais qui doit toujours être présente. Grâce aux relations établies par l'artiste entre les diverses dimensions formelles (couleurs, lignes, orientations, formes, tailles, angles, positions, limites…), une sorte de continuité de description, un langage graphique commun s'établit qui permet de créer/détecter des équilibres ou des tendances, des tensions, des entraves et ceci sur plusieurs niveaux de profondeur sémiotique. Cette construction est naturellement plus difficile à mener dans le cadre de la carte thématique

78. Cet exercice peut être considéré comme une piste d'expérimentation pour le prolongement des présents travaux.
79. Cours du Bauhaus, *op. cit.*, p. 92.
80. « Direction » est ici employé au sens figuré, c.-à-d. d'une valeur marquée dans l'une des dimensions formelles de couleur, d'orientation et / ou de position sur le plan

qui est un domaine plus contraint que l'art pictural, mais des pistes d'application peuvent être recherchées.

5.2.5. Essai de synthèse de la théorie formelle de W. Kandinsky

W. Kandinsky propose donc une série de méthodes pour affecter des propriétés intentionnelles (sensations, idées) et des propriétés esthétiques (harmonie, contraste, classifications stylistiques) à des formes graphiques simples et à leurs combinaisons : couleurs, point, ligne, surface. Il s'agit donc de la définitions de signes plastiques, des formes graphiques, visuelles, constituent le signifiant et vont exprimer des idées abstraites. Comme ces significations ne sont pas réglées, conventionnelles et directes, il s'agit de signes plastiques implicites. Ces affectations sont assez claires, organisées de manière logique, mais leurs fondements sont souvent subjectifs et dépendants d'une certaine manière de voir. Les sensations premières sont fortement liées à notre système de perception et aux *associations d'idées* que nous avons appris à faire. Par exemple, la couleur jaune rappelle le citron et donc l'acidité[81]. Les associations plus complexes, profondes sont indirectes, des associations sur les associations. Par exemple, une harmonie de contrastes forts rappelle les écarts dynamiques importants (et la complexité symphonique) d'une pièce musicale dramatique. L'artiste justifie cette hiérarchisation en subordonnant la perception de ces sensations à un certain niveau de sensibilité spirituelle, qui est elle aussi progressive, itérative (demandant plusieurs expériences). Certaines mises en relation sont cependant assez directement liées au fonctionnement du système perceptif visuel, que l'on commence à mieux comprendre à l'époque, ou à une construction acquise, enseignée, mais assez généralisée chez un public instruit, familiarisé avec la lecture des œuvres picturales.

Avec cette compréhension de la théorie de W. Kandinsky on cerne mieux son œuvre. On se rend notamment compte du fait que ses compositions soient réellement des arrangements complexes, subtils et précis de signes plastiques, qui ont un sens très précis et très clair pour l'artiste. La série des *Kompositionen* en constitue d'ailleurs une illustration flagrante (cf. figure n°95, ci-après).

81. *op. cit.*, 1925, p. 30.

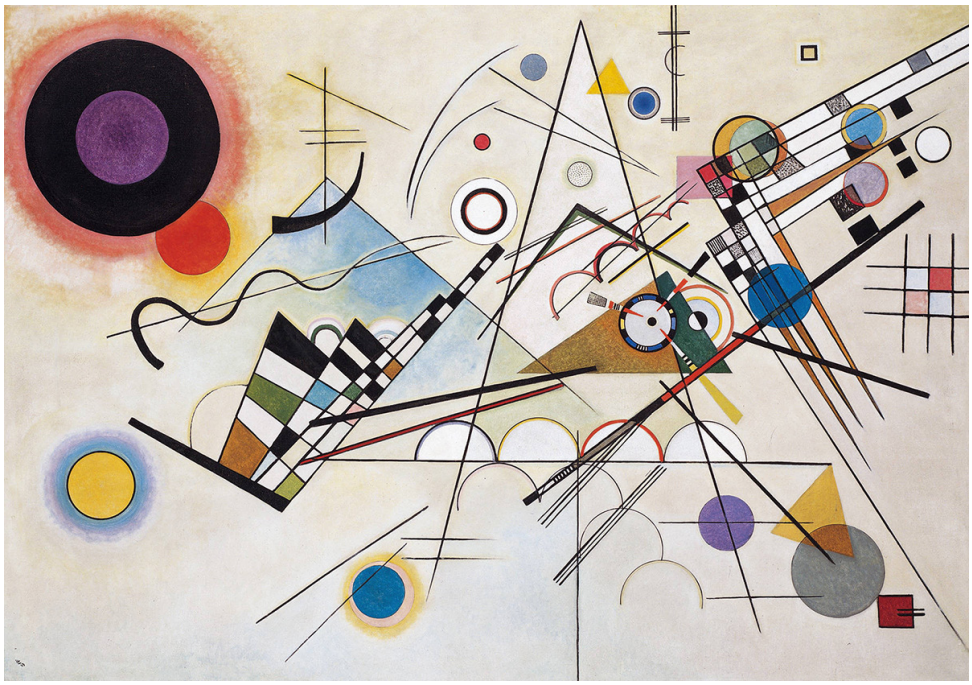


figure n°95 : W. Kandinsky, *Komposition VIII*, 1923,
Solomon R. Guggenheim Museum, New York[82].

Pour revenir à notre objectif spécifique, qui est de définir des méthodes pour favoriser la survenance de propriétés esthétiques sur des images cartographiques, on peut essayer de réaliser une synthèse pratique de la théorie de W. Kandinsky sous la forme d'une série de relations forme-sensation. Ces relations pourront ensuite faire l'objet d'une comparaison avec d'autres théories, produites par d'autres artistes théoriciens ou avec des résultats plus empiriques comme ce que l'on peut trouver dans le domaine du *design* graphique (au chapitre suivant). Le tableau ci-dessous propose donc des associations[83] entre des caractéristiques formelles (des signes plastiques) et des signifiés esthétiques, des sentiments, émotions, impressions, ou propriétés d'après l'interprétation des écrits de l'artiste.

Dans ce tableau, qui simplifie volontairement la pensée foisonnante de W. Kandinsky, on a essayé de définir la source ou la justification des associations selon quelques types, à partir du repérage de redondances, de régularités, dans les descriptions proposées par l'auteur.

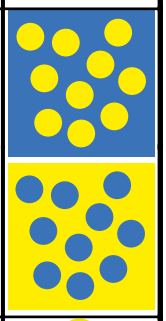
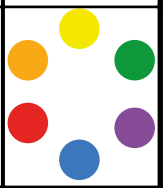
- **Canal cognitif :** Un fonctionnement perceptif existe, révélé par les recherches en psychologie cognitive.
- **Kinesthésie :** Souvenir du mouvement réalisé pour le dessin de la forme. Le spectateur se met à la place de l'artiste qui a dessiné, refait le(s) geste(s).

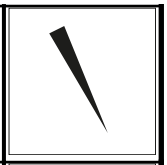
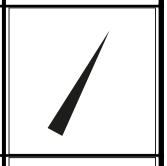
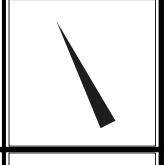
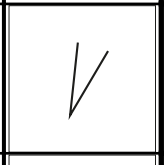
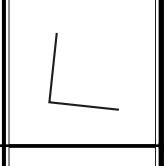
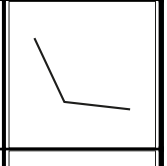
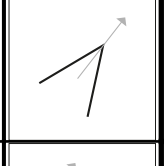
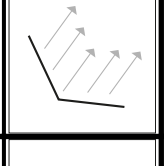
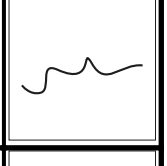
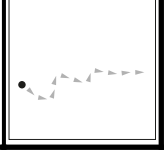
82. Image © ADAGP, source : site du musée S. R. Guggenheim.
83. Dans son cours au Bauhaus (*op. cit.*), W. Kandinsky parle d'effets optico-physiologiques (sensations) et optico-psychiques (émotions).

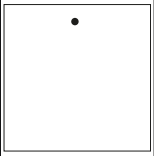
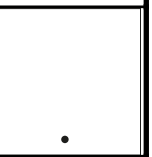
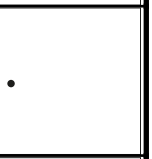
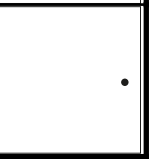
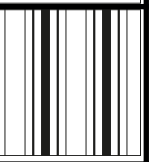
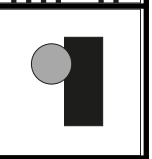
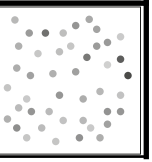
- ***Hineinversetzen***[84] **forme :** Empathie, on se met à la place de la forme, que l'on considère comme un individu placé dans un environnement en trois dimensions correspondant à la surface de l'œuvre.
- ***Hineinversetzen* observateur :** Empathie, on se met à la place d'un spectateur qui se trouve face à une scène visuelle composée principalement de la forme.
- **Sens de lecture :** Un apprentissage fort et universel (avec des variantes) va associer la position (dans le plan de l'image) et l'orientation d'une forme à un moment dans le processus de parcours visuel de l'image.
- **Théâtre / Opéra :** Au théâtre comme à l'opéra, la latéralisation de la scène évoque aussi des dimensions et des localisations autres. Mais ce type de connotation ne sera accessible qu'aux personnes cultivées et familières des théâtres.
- **Propriété intentionnelle :** Une construction intellectuelle basée sur une ou plusieurs propriétés physico-phénoménologiques.

(Pour mise en page simplifiée, le tableau débute page suivante).

84. Capacité intellectuelle de transposition, de mise à la place de, concept élaboré par Wilhelm Dilthey, historien et philosophe allemand (1833-1911), en relation avec la théorie esthétique de l'empathie, cf. *supra*, § 4.2.

Caractère formel	Variable visuelle	Signifiant	Signifié	Source	Exemple
Couleur	Teinte	Jaune	chaud, énergie, activité	Canal cognitif	
		Rouge	tiède (il peut être chaud ou froid)		
		Bleu	froid, calme, passivité		
		Jaune/chaud	avance, monte, s'étend	Perception	
		bleu/froid	recule, descend, se réduit		
		Relations sur le cercle chromatique (opposition, proximité)	Relations entre signifiés	Canal cognitif	
	Luminosité	Blanc	lumière, clarté, connaissance, espoir	Canal cognitif	
		Noir	obscurité, pénombre		
Point	Implantation	Point	Stable	Kinesthésie	
			Bref	Kinesthésie	
			Isolé	*Hineinversetzen* forme	
			Introverti, renfermé	*Hineinversetzen* forme	
Ligne	Orientation	Horizontal	calme, immobile	Kinesthésie / *Hineinversetzen* obs.	
			support, base	*Hineinversetzen* obs.	
			froid	*Hineinversetzen*	
		Vertical	dynamique, mobile	Kinesthésie / *Hineinversetzen* obs.	
			chaud	*Hineinversetzen*	
		Oblique	intermédiaire	*Hineinversetzen* obs.	

Ligne	Orientation	De gauche à droite vers le bas	chute	*Hineinversetzen* forme	
		De gauche à droite vers le haut	ascension	*Hineinversetzen* forme	
		De droite à gauche vers le haut	stimulation	*Hineinversetzen* forme	
Ligne	Angles	Ligne brisée	2 forces alternantes	Kinesthésie	
		Angle aigu	chaleur	*Hineinversetzen* forme	
		Angle droit	neutre, tiède	*Hineinversetzen* forme	
		Angle obtus	froid	*Hineinversetzen* forme	
		Angle	direction, mouvement (flèche)	*Hineinversetzen* forme	
			conquête du plan	*Hineinversetzen* forme	
	Courbes	Ligne courbe	X forces en continu	Kinesthésie	
	Implantation	Ligne	trace d'un mobile, parcours	Kinesthésie	

Plusieurs lignes	Implantation	Lignes	parcours d'objets mobiles, interaction ou non	*Hineinversetzen* forme	
Forme	Position / plan délimité	Haut	souplesse, ascension, légèreté, liberté, faible densité, mouvement facilité, tensions plus lâches	*Hineinversetzen* forme	
		Bas	densité, pesanteur contrainte, ascension difficile, mouvement ralenti, viscosité	*Hineinversetzen* forme	
		Gauche	lointain, extérieur, entrée	Sens de lecture / théâtre	
		Droite	proche, intérieur, sortie	Sens de lecture / théâtre	
Plusieurs formes	Répétition	Répétition	rythme	Kinesthésie	
			renforcement	*Hineinversetzen* forme	
	Croisement	Croisement	interaction	*Hineinversetzen* forme	
	Proximité	Proximité	interaction, ressemblance, relation	*Hineinversetzen* forme	
			tension, confrontation	*Hineinversetzen* forme	
	Interactions spatiales	Interaction légère, contrastes faibles	lyrisme	Prop. esth. classif. musique	

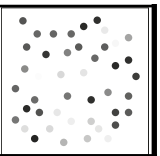
Plusieurs formes	Interactions spatiales	Interaction forte, contrastes importants	drame	Prop. esth. classif. musique	

tableau n°5 : Synthèse de signes plastiques chez W. Kandinsky

On peut tirer de ce tableau une structure dans la théorie de W. Kandinsky, quelques idées qui se retrouvent transversalement selon les types de formes :

- les *propriétés formelles internes*, pures (couleur, forme, dimensions) sont toujours actives ;
- *l'orientation*, qui est lue comme l'indice d'un mouvement dans le plan, par rapport à deux sens privilégiés : le sens de lecture de gauche à droite (même si W. Kandinsky ne le cite jamais comme tel), et la gravité du haut vers le bas, l'image étant perçue comme disposée verticalement devant le spectateur (comme un tableau accroché sur une cimaise), est toujours active ;
- *la position* des éléments est interprétée selon ces mêmes sens privilégiés, en relation avec la forme de référence qui est celle du plan formant surface de l'image.
- la *taille* des éléments est interprétable comme un poids (et donc une force) ;
- toute figure sur un plan peut être interprétée comme un acteur sur un territoire, être ainsi personnifiée dans ses relations avec les autres figures et avec les limites de l'image. Les relations inter-figures sont organisées selon plusieurs approches : des positions relatives, dont proximité et éloignement, répartition dans l'espace, mouvements possibles, passés et présents (collisions, croisements, etc.), et enfin hiérarchie entre figures selon les valeurs du poids et de la position ;
- la présence de plusieurs figures peut indiquer un rythme, toujours selon une lecture orientée de l'image, puis finalement une organisation sérielle voire une musique. Dès qu'une image est complexe, il faut organiser sa complexité de façon à ce que des relations soient lisibles pour guider la lecture, et si possible selon des relations elles aussi progressives, multiples et profondes, pour satisfaire différents niveaux de sensibilité. Il faut aussi trouver des harmonies, des équilibres ou progressions, en jouant sur toutes les propriétés formelles, sans craindre d'utiliser des écarts importants (des contrastes voire des oppositions).

L'œuvre théorique de W. Kandinsky constitue, comme on vient de le voir, une base utile pour structurer la recherche des signifiés, sensations et propriétés esthétiques survenant sur les formes graphiques, considérés comme des moyens pour concevoir une composition plus esthétique. Ce précurseur dans la formalisation théorique de ces idées a été accompagné et suivi par d'autres artistes, dont on va pouvoir utiliser les résultats pour compléter notre revue synthétique.

5.3. Compléments issus de l'histoire de l'art abstrait

5.3.1. K. Malévitch et le suprématisme

À peu près à la même période que W. Kandinsky, au début des années 1910, un autre artiste développe une peinture abstraite de façon explicite et volontaire, allant même à faire de la « sensation pure », c'est-à-dire dégagée de toute reconnaissance d'une imitation de la nature, l'objectif de son art (cf. figure n°96, ci-dessous). Il s'agit de Kazimir Malévitch (1879-1935), un peintre russe fortement influencé par le contexte révolutionnaire, qui nomma son mouvement, son style, le suprématisme, d'après l'idée de promouvoir la suprématie de la sensation pure. Malévitch a publié quelques développements théoriques de sa pensée, notamment dans les catalogues de ses expositions. Il s'est intéressé à l'expression des couleurs et des formes, dans une recherche de toujours plus de pureté et de simplicité. Avec ces écrits, on peut compléter notre synthèse par quelques idées nouvelles d'association forme - sensation, signifiant - signifié, mais aussi de nouvelles sources pour ces associations : les découvertes de la science physique (notamment de l'optique des couleurs) et des constructions théoriques, des propriétés intentionnelles.

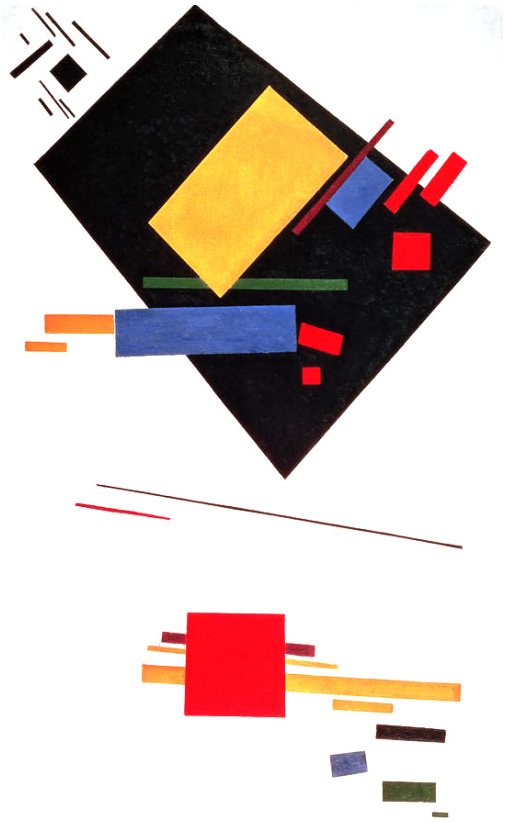


figure n°96 : K. Malévitch, *Composition suprématiste*, 1915,
huile sur toile, musée Stedelijk, Amsterdam.

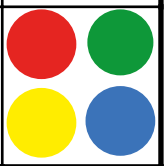
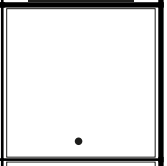
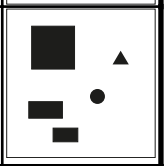
Caractère formel	Variable visuelle	Signifiant	Signifié	Source	Exemple
Couleur	Teinte	Blanc	Origine, infini. (Fusion de toutes les couleurs.)	Physique (optique)	
			Liberté	Prop. intentionnelle	
		Noir	Absence, vide	Physique (optique)	
		Couleurs primaires	Pureté	Propriété intentionnelle	
Couleur + forme	Luminosité + taille	Forme claire dessinée sur forme noire	Profondeur	*Hineinversetzen* obs.	
Forme	Implantation	Forme isolée	Objet isolé	*Hineinversetzen* forme	
	Géométrie	Simplicité	Pureté	Propiété intentionnelle	
Composition	Taille / position	Petites formes allongées « derrière » grande forme	Sillage, matérialisation du mouvement	*Hineinversetzen* obs.	

tableau n°6 : Synthèse de signes plastiques dans le suprématisme

5.3.2. L'orphisme : F. Kupka, R. Delaunay, F. Léger

Le nom d'orphisme a été créé par G. Apollinaire (dans son rôle de critique d'art) lors du salon de la Section d'Or en 1912, à propos des œuvres de Frantisek Kupka (1871-1957), un peintre tchèque installé en France. Il considère en effet ce nouveau style comme étant trop différent des autres courants du cubisme pour les y intégrer. Apollinaire définit le cubisme orphique comme étant « l'art de peindre des ensembles nouveaux avec des éléments empruntés non à la réalité visuelle, mais entièrement créés par l'artiste et doués par lui d'une puissante réalité. »[85]. Robert Delaunay (cf. figure n°97), Ferdinand Léger (cf. figure n°98), Francis Picabia sont rangés dans ce courant par le poète, tout comme certaines œuvres de Pablo Picasso. R. Delaunay se distinguera particulièrement par la recherche des effets de la lumière et des interactions entre les couleurs. Il a par exemple lu les travaux du chimiste Eugène Chevreul[86] (l'un des promoteurs de l'idée de cercle chromatique).

85. Cf. [Apollinaire, 1913], ch. VII.
86. Cf. [Chevreul, 1839]

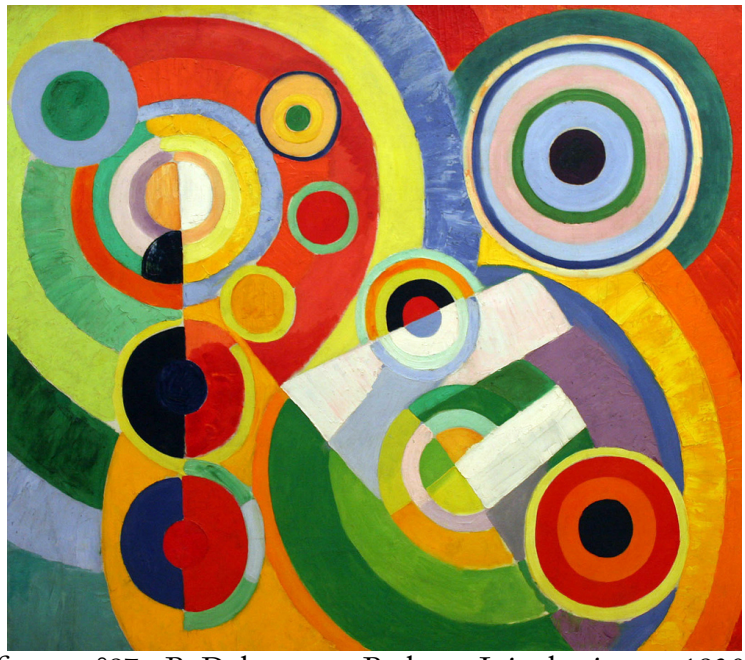


figure n°97 : R. Delaunay, « Rythme, Joie de vivre », 1930,
huile sur toile, Musée National d'Art Moderne, Paris.

figure n°98 : F. Léger, « *Contrastes de formes », 1913*
huile sur toile, collection Philip L. Goodwin, Museum of Modern Art, New-York.

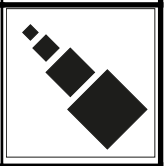
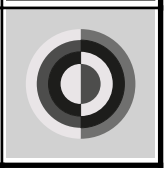
Caractère formel	Variable visuelle	Signifiant	Signifié	Source	Exemple
Couleur	Deux teintes	Deux teintes en contraste simultané	Mouvement	Perception cognitive	
	Teinte, Luminosité	Couleur	Vibration (ou tension)	Propriété intentionnelle	
	Teinte	Harmonie ton sur ton	Mode du passé	Propriété intentionnelle	
		Contraste harmonieux	Nouvelle peinture	Propriété intentionnelle	
Composition	Toutes	Logique et ordre	Efficacité, force du résultat	Propriété intentionnelle	
		Contraste	Dissonance, effet, expression	Propriété intentionnelle	

tableau n°7 : Synthèse des signes plastiques dans l'orphisme

R. Delaunay est par ailleurs l'auteur d'un texte titré « Réalité, peinture pure », où il évoque explicitement la relation entre ses objectifs stylistiques et la beauté, donc l'esthétique :

> « Le *réalisme* est pour tous les arts la qualité éternelle qui doit décider de la beauté, de sa durée et qui lui est adéquate. Dans le domaine de la peinture, recherchons la pureté des moyens, l'*expression* de la *beauté* la plus *pure*. »[87]

F. Léger poursuit sur le même thème du réalisme dans un texte de 1914 :

> « La valeur *réaliste* d'une œuvre est parfaitement indépendante de toute qualité imitative. Il faut que cette qualité soit admise comme un dogme et fasse axiome dans la compréhension générale de la peinture. J'emploie à dessein le mot réaliste dans son sens le plus propre, *car la qualité d'une œuvre picturale est en raison directe de sa quantité de réalisme*. En quoi consiste en peinture ce qu'on appelle le réalisme ? [...] Le réalisme pictural est l'ordonnance simultanée des trois grandes quantités plastiques : les Lignes, les Formes et les Couleurs. »[88]

Il évoque plus loin le fait que la « nouvelle peinture » soit motivée par un réalisme *de conception*, se détachant progressivement de « l'ancienne peinture » qui, elle, se basait sur un réalisme d'imitation visuelle. Ce tournant, F. Léger le place avec les impressionnistes, qui sont passés de l'imitation visuelle directe à la représentation des impressions ressenties. Prolongeant ce mouvement, les cubistes et les abstraits vont chercher à créer des œuvres qui seront des expressions d'idées.

87. Cf. la reprise de ce texte dans [Apollinaire, 1912].
88. Cf. [Léger, 1914].

Un peu plus tard, décrivant les nouveaux enjeux de la peinture, F. Léger évoque la composition :

> « La composition prime sur tout le reste ; les lignes, les formes et les couleurs, pour prendre leur maximum d'expression, devront être employées avec le plus de logique possible. C'est l'esprit logique qui devra obtenir le plus grand résultat, et j'entends par logique en art, celui qui a la possibilité d'ordonner sa sensibilité. Savoir donner à la concentration des moyens un maximum d'effet dans le résultat. »[89]

5.3.3. Paul Klee : l'art rend visible le monde spirituel

Paul Klee (1879-1940) est un peintre d'origine suisse dont le parcours peut être rapproché de celui de W. Kandinsky (cf. *supra*., §5.2). Cet artiste se caractérise en effet par la participation à la création de la peinture abstraite et par une recherche théorique intense qui l'amène lui aussi à enseigner au Bauhaus, à la même période que W. Kandinsky, Johannes Itten[90] ou Joseph Albers[91] (Théo Van Doesburg[92] est lui aussi enseignant à cette époque dans les environs de Weimar, ville où est situé le Bauhaus). Il nous a laissé une œuvre théorique importante, sous la forme d'un ouvrage explicitement théorique[93] et de ses notes de cours du Bauhaus[94], superbement réédités récemment par la ville de Strasbourg et les éditions Hazan. Pour Klee aussi, le rôle de l'art est d'élever l'homme au-dessus du caractère limité de l'être terrestre, en montrant la relativité de la réalité visible face à une réalité invisible, spirituelle et abstraite, accessible par l'intuition et le ressenti. En 1920 est publié un ouvrage collectif dont la contribution de P. Klee commence par la phrase devenue célèbre :

> « L'art ne reproduit pas le visible, il rend visible. »[95]

La collaboration entre P. Klee et W. Kandinsky fut marquée notamment par l'expérience des expositions du Cavalier Bleu[96] et l'enseignement au Bauhaus. Leurs domaines d'intervention pédagogique y ont été très proches. On retrouve chez P. Klee l'importance de la réflexion sur le signe visuel et les fonctions de la forme, dans une démarche qui débute elle aussi par les formes élémentaires et se complexifie progressivement par la composition (cf. figure n°99, page suivante). Cependant sa théorie diffère sur quelques

89. Cf. [Léger, 1914]
90. Peintre allemand, célèbre pour son travail sur les couleurs et leurs interactions, dont nous reparlerons plus loin.
91. Peintre américain d'origine allemande, connu pour son travail sur les couleurs et le carré.
92. Peintre néerlandais, fondateur du mouvement *De Stijl*, précurseur de l'art nouveau.
93. [Klee, 1964]
94. [Klee, 2004]
95. [Klee, 1920]
96. P. Klee participa au montage des expositions du groupe, et fut exposé lors de la seconde, en février-mars 1912 à Munich.

points de celle de son prédécesseur et la complète dans de nombreux domaines[97], ce qui nous permet de développer notre tableau synthétique.

Caractère formel	Variable visuelle	Signifiant	Signifié	Source	Exemple
Couleur	Teinte	Blanc	Vide, inerte, « puissance amorphe »	Perception	
		Noir			
		Gris	Équilibre, harmonie sans vie	Perception	
			Teinte médiane entre couleurs complémentaires	Perception	
		Bleu, vert	Eau	*Hineinversetzen* obs.	
		Orange, rouge	Feu	*Hineinversetzen* obs.	
		Arc-en-ciel	Échelle naturelle de couleurs pures	Physique	
		Cercle chromatique	Arc-en-ciel en boucle, infini	Propriété intentionnelle	
		Couleurs primaires	Harmonie primaire par le gris	Perception	
		Juxtaposition de couleurs primaires	Vibration, mouvement	Propriété intentionnelle	
		Couleurs primaires + coul. secondaires	Harmonie secondaire	Perception	
	Luminosité	Dégradé	Dynamisme	Perception	
		Dégradé clair → obscur	Descente	Propriété intentionnelle	
		Dégradé obscur → clair	Montée	Propriété intentionnelle	
		Grande amplitude	Action importante	Propriété intentionnelle	
		Faible amplitude	Action faible	Propriété intentionnelle	
		Clair	Haut (soleil)	*Hineinversetzen* obs.	
		Sombre	Bas (terre)	*Hineinversetzen* obs.	
		Clair	Léger	*Hineinversetzen* obs.	
		Sombre	Pesant	*Hineinversetzen* obs.	

97. Elle diffère sur le contenu, comme on verra, mais aussi sur son style littéraire, avec des élans poétiques, mystiques, voire religieux.

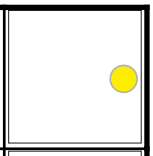
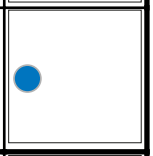
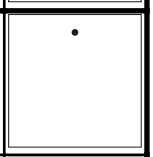
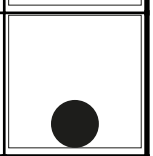
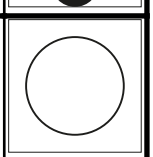
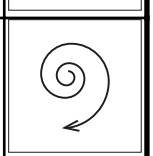
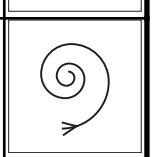
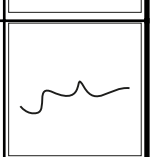
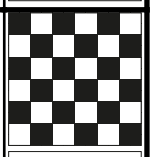
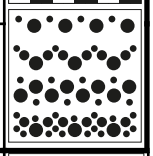
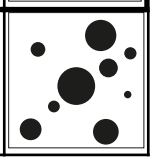
Forme	Position / plan délimité	Droite	Chaleur (Soleil)	Propriété intentionnelle	
		Gauche	Froid	Propriété intentionnelle	
	Taille	Petit	Léger	*Hineinversetzen* forme	
		Grand	Lourd	*Hineinversetzen* forme	
	Géométrie	Cercle	Infini, liberté, apesanteur	*Hineinversetzen* forme	
		Spirale excentrique	Vie, liberté croissante	*Hineinversetzen* forme	
		Spirale concentrique	Mort, liberté décroissante	*Hineinversetzen* forme	
		Ligne brisée	Solidité, rigidité, tranchant	*Hineinversetzen* forme	
		Ligne courbe	Fluidité, souplesse, mollesse	*Hineinversetzen* forme	
Composition	Rythme	2 temps ou 3 temps (et variantes à 4 et 6 temps)	Norme, classique	Musique	
		5 ou 7 temps	« Raretés boiteuses »	Musique	
	Attention visuelle	Taille, contraste, centralité	Saillance	Propriété intentionnelle	

tableau n°8 : Synthèse des signes plastiques chez Paul Klee.

figure n°99 : Paul Klee, « *Zeichen im Gelb* » (signes en jaune), 1937
pastels sur toile, Fondation Beyeler, Bâle, Suisse.

5.3.4. Piet Mondrian : la rigueur néoplastique

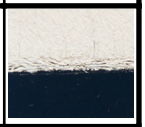
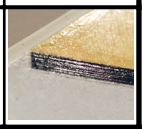
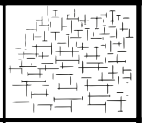
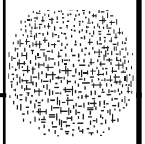
Piet Mondrian (1872-1944) est un peintre néerlandais qui a lui aussi participé à la naissance de l'art abstrait. D'abord figuratif, représentant la beauté de la nature, il a progressivement évolué vers l'abstraction la plus rigoureuse en voulant à la fois épurer son expression et la « dénaturaliser » pour suivre la voie du progrès humain, sous la forme d'une évolution spirituelle[98] (cf. figure n°100, ci-après). Par ailleurs, il a le sentiment qu'il existe un autre langage pictural, plus simple et plus universel, utilisant des formes géométriques, des couleurs pures et une composition marquée par le rythme et l'équilibre.

P. Mondrian a été inspiré par le mouvement De Stijl, créé par son compatriote T. Van Doesburg, le cubisme, l'architecture moderne et les idées théosophiques[99]. Son œuvre

98. Cf. [Mondrian, 1959]
99. La théosophie est un mouvement philosophico-ésotérique qui connaît un renouveau important à la fin du dix-neuvième siècle, et dont certains préceptes comme la conscience universelle, la compréhension progressive du principe divin universel ont beaucoup influencé les artistes de l'époque, dont W. Kandinsky et Franz Kafka.

théorique écrite est moins connue, moins accessible que celle de W. Kandinsky ou P. Klee. Il écrit plusieurs essais (notamment pour la revue *De Stijl*), un ouvrage théorique *Le nouvel Art, la nouvelle vie : la culture des rapports purs*, et une correspondance fournie qui a été préservée, P. Mondrian ayant connu la célébrité de son vivant.

Les associations forme - idée que l'on peut repérer chez Mondrian proviennent d'une part de techniques picturales[100] et d'autre part de propositions théoriques, issues de ses écrits ou d'analyses de critiques.

Caractère formel	**Variable visuelle**	**Signifiant**	**Signifié**	**Source**	**Exemple**
Couleur	Teinte	Petits reliefs autour d'une ligne	Contraste renforcé	Perception	
		Teinte pure ou non couleur (noir, gris, blanc)	Spiritualité, éloignement de la nature	*Hineinversetzen* observateur	
		Texture, rugosité physique	Couleur renforcée, impression lisse	Perception	
Texture	Texture	Surface perçue lisse et brillante	Légèreté, dématérialisation, artificialité (non-naturel)	*Hineinversetzen* observateur	
Composition	Compréhension	Formes simples mais composition complexe	Humanité, profondeur, spiritualité	*Hineinversetzen* observateur	
	Forme	Forme simple découpée par le bord du tableau	Profondeur, rapprochement du spectateur	*Hineinversetzen* observateur	
		Pas de cadre	Liberté, ouverture, imagination	*Hineinversetzen* observateur	
	Disposition	Asymétrie	Symétrie masquée, imagination de la partie non figurée	*Hineinversetzen* observateur	
		Densité variable des groupes	Évoquer, la profondeur, le relief	Perception	
		Forme générale de distribution des éléments	Courbe	Perception	
		Fréquence d'un groupe = inverse de son nombre d'éléments	Équilibre	Perception	

100. Cf. notamment l'article de James Elkins, critique et historien, [Elkins, 2010], dont sont extraites certaines images du tableau.

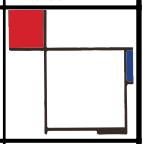
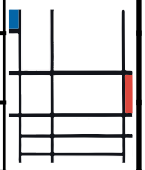
Composition	Disposition	Grille	Stabilité, structure	*Hineinversetzen* forme	
		Dualité d'opposition	Harmonie, équilibre	Propriété intentionnelle	
		Ligne droite, horizontale ou verticale	Équilibre constant	Propriété intentionnelle	
		Rapport à angle droit	Force et repos intérieurs	Propriété intentionnelle	
		Symétrie	Imitation de la nature à éviter	Propriété intentionnelle	
		Proportions variées	Rythme vivant	*Hineinversetzen* observateur	

tableau n°9 : Synthèse des signes plastiques chez Piet Mondrian

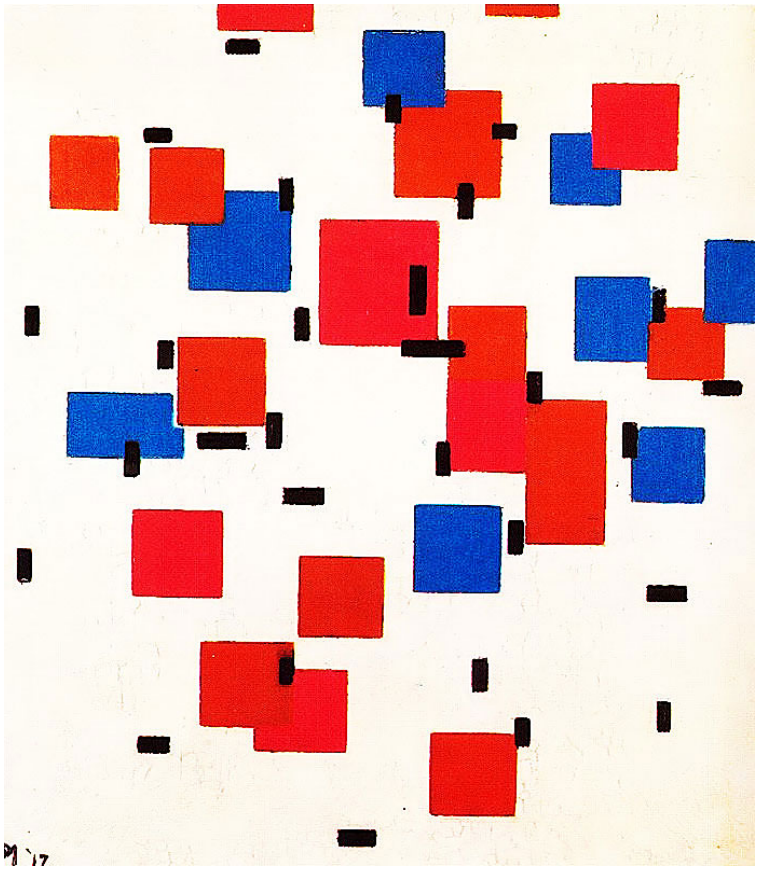


figure n°100 : Piet Mondrian, « *Composition avec couleurs* A», 1917
huile sur toile, Rijksmuseum Kröller-Müller, Otterlo, Pays-Bas.

5.3.5. André Lhote, cubiste et pédagogue

Pour terminer cette sélection d'artistes - théoriciens, on s'intéressera à André Lhote (1885 - 1962), un peintre français qui fit partie de l'aventure cubiste (cf.figure n°101, ci-après). A. Lhote présente surtout pour nous l'intérêt d'avoir eu une intense activité pédagogique, accompagnée par la publication d'ouvrages méthodologiques et théoriques sur la peinture. Outre un regard sur le cubisme, A. Lhote a étudié l'art de ses prédécesseurs pour en tirer des enseignements. Il a notamment été l'un des meilleurs analystes de l'œuvre de Paul Cézanne.

Ses ouvrages les plus connus sont deux manuels, du paysage et de la figure[101], qui contiennent de très nombreux conseils méthodologiques pour travailler les propriétés formelles d'une œuvre picturale, couleur, forme et composition. On en retiendra certaines associations forme - propriété esthétique pour compléter notre tableau. L'organisation de ce dernier varie légèrement puisqu'on a ici faire à des conseils : le signifié est toujours celui d'une plus grande qualité esthétique, la source l'expérience empirique et critique de l'auteur. En outre, des exemples n'ont pas pu être fournis pour chacun de ces conseils, parfois trop théoriques. A. Lhote propose de plus des outils d'analyse de la composition[102] qui semblent particulièrement intéressants, comme des croquis analytiques et des grilles de proportions.

Caractère formel	Variable visuelle	Conseil	Exemple
Couleur	Teinte	Dégradé harmonieux : de l'ombre chaude à lumière chaude par un ton froid.	
		N'employer qu'une seule teinte violente, et sa complémentaire (chaud / froid).	
		Les teintes complémentaires (opposées) s'intensifient mutuellement et se séparent (contrasté simultané)	
		La lumière solaire est orange, ombre complémentaire bleue (Cézanne).	
		On passe de l'une à l'autre par le rouge-violet ou le jaune-vert.	
		Il n'y a pas de couleurs sans gris, dans sa composition même ou dans sa proximité, notamment pour isoler les tons purs.	
	Teinte / Luminosité	Contraste de luminosité → rejet des contrastes de teinte.	
		La vérité physique est distincte de la vérité sensible. Cézanne par exemple utilise des teintes non réalistes.	
	Luminosité / forme	Lorsqu'une figure claire est placée sur un fond sombre, inutile de la détourer, d'en dessiner le contour	

101. Parus entre 1946 et 1950, puis regroupés dans un ouvrage unique souvent réédité : [Lhote, 1958]

102. En fait, il formalise souvent des pratiques courantes, anciennes, en enseignement et critique d'art.

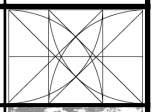
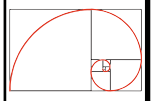
Forme	Ligne	Il n'y a pas de figures fermées dans la nature.	
Couleur et composition	Teinte / forme	L'œuvre doit présenter une hétérogénéité harmonieuse de teintes et de formes, éviter d'utiliser toute la palette à doses égales.	
		Un trait noir épais, des gris neutres et un fond blanc peuvent aider à faire passer des couleurs pures qui ne tiendraient pas seules.	
	Teinte	N'utiliser au plus qu'une moitié du cercle chromatique.	
	Teinte / Luminosité	Selon Rubens, réserver 2/3 de la surface pour les demi-teintes, le tiers restant pour l'ombre et la lumière marquées.	
Composition	Hiérarchie visuelle	Schéma analytique n°1 : les tracés régulateurs, orientations des lignes et intervalles	
		Schéma analytique n°2 : les grands clairs et les grands sombres, plans ou larges localités.	
		Schéma analytique n°3 : l'ornementation, les zones tranquilles, le remplissage.	
		Ménager des « passages » visuels entre zones de profondeur différentes, pour guider l'œil.	
		Ces « passages » peuvent être l'emploi de la luminosité moyenne entre deux zones, ou de teintes de transition (complémentaires en modelé).	
		Jamais un volume ne se détache sur les fonds en toutes ses parties. Il se trouve toujours une partie qui « passera » sur le fond, qui sera une transition.	
		Toute expression artistique implique donc le choix primordial et tyrannique d'un élément aux dépens des autres. Il s'agit, avant tout, d'organiser un système de préférences.	
		Il y a harmonie si les dimensions se retrouvent à des stades divers, échelonnés tout au long de la figure.	
	Rythme	Organiser rythmiquement la surface, en variant les propriétés formelles (couleur, forme, texture).	
		Répartition des éléments dans des espaces déterminés par des nombres dont les rapports sont sensiblement identiques. Série de Fibonacci, section d'or.	
	Superposition	On peut suggérer la profondeur par la superposition de plans.	
	Plusieurs formes	Si des ressemblances de formes, les souligner nettement (rimes plastiques).	

tableau n°10 :Synthèse des signes plastiques chez André Lhote.

figure n°101 : André Lhote, « *Paysage* », 1911
Huile sur toile, collection privée.

Notre recherche d'une vision plus concrète et plus appliquée des propriétés esthétiques dans le domaine de la théorie de l'art a donc été fructueuse, par le biais d'associations entre formes graphiques et expression de sensations, de sentiments et d'idées, décrites par les artistes eux-mêmes. On a tout d'abord sélectionné un type d'art pictural qui s'est particulièrement distingué par un retour à des formes graphiques simples, marquant un bouleversement par rapport aux styles antérieurs. L'art abstrait est aussi souvent caractérisé par une démarche consciente et réfléchie, ayant donné lieu à la production d'écrits théoriques réflexifs, des peintres sur leur propre pratique. La naissance de la peinture abstraite, en effet, a été marquée par une remise en cause profonde des sujets et des façons de peindre, dont les auteurs ont senti le besoin de se justifier par une réflexion argumentée, face à une incompréhension et parfois une hostilité marquée des critiques et du public. Ces auteurs ont décrit le besoin de réfléchir à la manière dont une œuvre peinte pouvait exprimer des sensations, des émotions, révéler le ressenti qui constitue la vie intérieure, intellectuelle et spirituelle, dont ils voulaient rendre compte.

Le travail de W. Kandinsky est à cet égard exemplaire. On a pu établir à partir de ses deux ouvrages principaux ainsi que de son cours pour le Bauhaus une première série d'associations entre des formes graphiques (ou une caractéristique de leur composition) et des propriétés intentionnelles : sensation, émotion, classification. Ces associations sont la base de propriétés esthétiques potentielles, elles permettent leur survenance chez le spectateur. C'est particulièrement le cas de la propriété d'harmonie, qui correspond à un arrangement agréable de plusieurs caractéristiques formelles. On remarquera que ces relations signifiant - signifié ont volontairement été restreintes au domaine plastique et formel : il aurait été possible d'étendre le travail à des associations iconiques (en utilisant l'art figuratif) ou symboliques (en examinant le symbolisme des figures, ou l'art littéraire et poétique utilisant le langage écrit). De nombreuses sources intéressantes existent, ne serait-ce que dans le vaste domaine ouvert par le symbolisme des couleurs[103], mais ce serait sortir de l'objet du présent travail et s'éloigner d'une approche pragmatique et visuelle.

De même, il faut ici réaffirmer notre positionnement, pour éviter toute généralisation hasardeuse. Les théories de l'art ne permettent pas d'expliquer la totalité des propriétés esthétiques, forcément subjectives, qui sont ressenties, face à une œuvre. Leur objectif n'est pas l'exhaustivité. On ne peut pas les utiliser comme une méthodologie complète et suffisante pour concevoir et étudier les œuvres particulières que sont les images cartographiques. Il s'agit seulement d'une approche, d'une façon d'envisager l'image, qui est potentiellement utile pour aider à comprendre comment cette image réussit ou non à exprimer certaines propriétés esthétiques.

Pour aller vers une approche plus appliquée, il nous faut maintenant nous intéresser à une discipline qui a précisément pour objet de créer des images de communication visuelle esthétique et qui comporte un aspect théorique en plein développement, le *design* graphique.

103. Pour ne citer qu'un auteur, J.W. Goethe est l'auteur d'une « Théorie des couleurs », où il développe sur un cercle chromatique les associations littéraires inspirées par chaque teinte, cf. [Goethe, 1810]

Chapitre 6

Design graphique : concevoir une information expressive

Définition et articulation

Le mot *design* est un anglicisme assez récent qui recouvre l'expression française plus ancienne d'esthétique industrielle[104]. En effet, à l'origine, cette discipline créative a pour objet l'amélioration de la forme extérieure d'objets industriels en accord avec leur fonction. L'expression graphique n'est donc pas libre, elle est orientée par un contenu précis (l'usage), qu'elle doit renforcer, accompagner. L'une des branches du *design* concerne un type de produit particulier : les images et leur utilisation pour promouvoir des produits commerciaux, ce que l'on a appelé par la suite la communication visuelle ou publicité. On peut considérer les aspects théoriques et méthodologiques de ce domaine comme une réflexion sur l'amélioration de la forme graphique des images en vue d'améliorer la transmission de leur contenu. Vu sous cet angle, cette démarche correspond assez bien à celle du géographe qui élabore une carte thématique : exprimer une information de manière claire et agréable. On peut d'ailleurs établir sur ce point une relation directe avec « la graphique » au sens de J. Bertin[105]. En cartographie, les auteurs anglophones utilisent souvent le terme de *cartographic design*[106], que l'on peut traduire par conception cartographique. Il s'agit là d'un homonyme, même si parfois la frontière est mince, puisque le *design* graphique peut être mis à contribution en conception cartographique.

L'un des principaux théoriciens du *design*, David Pye[107], propose de le définir comme une discipline mêlant la résolution de problèmes pratiques et l'art. Pourtant, le *design* graphique moderne n'a jusqu'à présent été que très rarement évoqué dans la littérature scientifique en géographie[108] et l'un des objectifs du présent travail est de montrer son intérêt et sa cohérence avec nos pratiques en cartographie thématique.

Le design graphique recouvre aussi en partie l'activité professionnelle du *graphisme*, de l'expression graphique, dont l'étude et l'enseignement se sont développés en parallèle dans les écoles d'art, d'art appliqué ou décoratif et de « communication visuelle » ou publicité. Le graphisme professionnel se définit comme la conception graphique d'images de communication, dans une intention et avec une fonction précises.

---

104. D'après le dictionnaire Le Robert, édition 2011.
105. [Bertin, 1967], *op. cit.*
106. Cf. notamment [Wood, Keller, 1996].
107. [Pye, 1978], *op. cit.*
108. On peut trouver une seule référence directe dans les publications récentes : [Opach, 2010], sur laquelle on reviendra bien sûr plus loin.

Les deux origines de la discipline, artistique et industrielle, semblent avoir limité l'extension des recherches théoriques et le développement d'une approche véritablement scientifique de validation des hypothèses. Les manuels les plus utilisés[109] sont en effet le plus souvent empiriques, sans véritable souci d'expérimentation scientifique et d'intégration à des recherches existantes. Des références récurrentes (mais maintenant anciennes) sont faites à la psychologie de la Gestalt, à la sémiotique, mais l'essentiel des « lois » ou « principes » avancés est d'origine empirique. Un scientifique cependant semble faire l'unanimité dans le domaine : Rudolf Arnheim (1905-2007), un psychologue de la perception qui s'est efforcé de développer la connaissance des phénomènes cognitifs dans l'art visuel. Ses travaux se caractérisent par l'application des découvertes de la psychologie visuelle et de la sémiologie pour la description d'un langage visuel, comme une évolution logique après le langage parlé et écrit. Les travaux de *design* graphique ont pour nous l'avantage d'être appliqués dès l'origine, on y recherche et décrit des effets pratiques. L'influence des théories de la communication, très importante à l'époque du développement de cette discipline, a poussé à rechercher les règles d'une grammaire de ce qui serait un langage visuel protéiforme. La relation à la sémiotique est bien résumée par S. Skaggs, professeur de design et de communication (Université de Louisville, Kentucky, USA) :

> "If graphic design is the planning of communication that transpires through the sense of vision, it's inevitably rooted in the action of signification, and therefore visual-element-as-sign is central to the practice." [110]

Par ailleurs, le domaine du graphisme d'information connaît depuis quelques années un renouveau assez important, grâce à un développement sans précédent de l'infographie de presse, notamment sur Internet, éventuellement sous une forme interactive. Ce type d'application se revendique comme une mise en pratique du *design* graphique[111] et présente l'intérêt d'être d'une grande proximité avec les objectifs de la cartographie thématique, qui y est souvent utilisée. Au départ essentiellement limitée à des fonctions d'illustration annexe d'articles, l'infographie de presse présente aujourd'hui des réalisations autonomes qui connaissent une diffusion importante[112]. Des ouvrages spécialisés, rétrospectives commentées, catalogues et autres sélections, commencent à paraître et permettent de prendre un peu de recul sur les méthodes employées[113].

Notre démarche sera ici de compléter la réflexion menée sur l'aspect des cartes thématiques, à la recherche d'une synthèse des relations entre formes et propriétés

109. Cf. les bibliographies universitaires des formations anglo-saxonnes spécialisées, comprenant souvent [Dondis, 1974] et [Wong, 1993].
110. Cf. [Skaggs, 2011], ch. 1 : "Si le design graphique est l'organisation de la communication qui transite par le sens de la vision, il est inévitablement enraciné dans l'acte de la signification et le concept d'élément visuel comme signe est au centre du domaine."
111. Cf. [Rendgen, Wiedemann, Wurman, 2012].
112. On parle même d'une nouvelle discipline : le journalisme de données, dans lequel le traitement et la représentation de données statistique constitue le corps du travail. Un exemple célèbre est le traitement des données confidentielles à propos des opérations militaires en Afghanistan diffusées par Wikileaks en juillet 2010, cf. [René-Worms, 2010] et [Papin, 2012]. On rejoint aussi une branche de l'informatique qui s'intéresse à la visualisation de l'information.
113. Cf. [Rendgen, Wiedemann, Wurman, 2012].

esthétiques, mais aussi d'une meilleure compréhension des phénomènes de sémiotique plastique liés à la composition. Les propriétés esthétiques étudiées par le design graphique semblent pour bonne part applicables à la cartographie, leur expression possible et souhaitable par une carte, en tenant compte du contexte, du public visé et du message. Nos sources principales seront les ouvrages de R. Arnheim ainsi qu'une sélection de manuels de conception ou composition du graphisme, choisis pour leur adéquation avec notre approche des propriétés esthétiques.

6.1. Des éléments graphiques aux signes plastiques esthétiques de la composition

Nous suivrons la voie d'une abstraction croissante. En partant des éléments graphiques simples, on s'intéressera tout d'abord à leurs propriétés formelles, puis à la variation de ces dernières (variables graphiques) et leurs relations simples deux à deux. Enfin on en viendra aux signes plastiques correspondant à la composition des éléments formels dans l'image globale (Cf. figure n°102 et suivantes, ci-après).

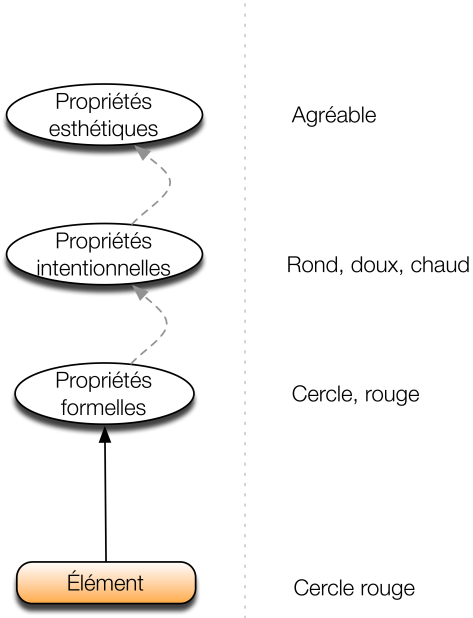


figure n°102 : Propriétés des éléments graphiques simples, un exemple.

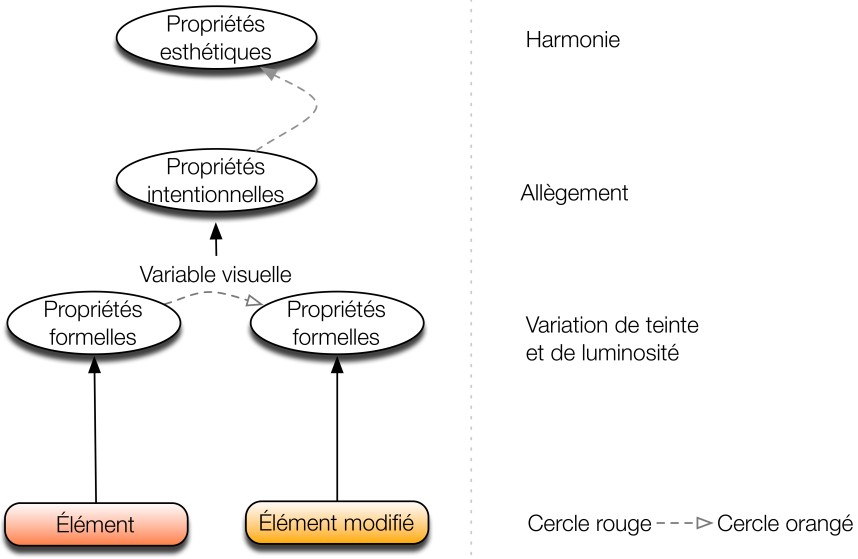


figure n°103 : Propriétés de la variation d'une composante formelle, ou variable visuelle.

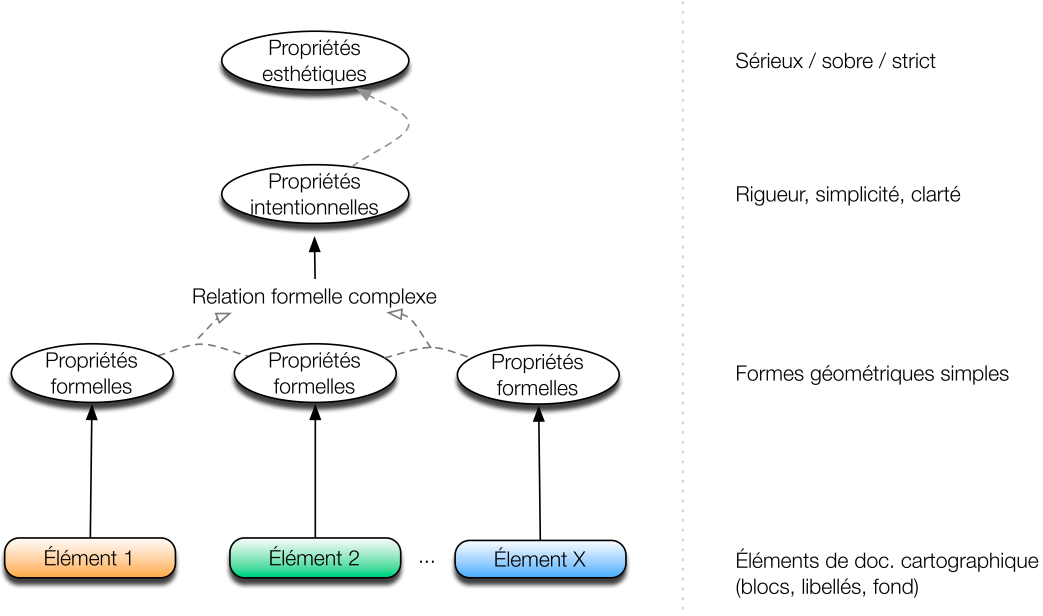


figure n°104 : Propriétés des relations formelles entre éléments d'un document cartographique, ou composition.

R. Arnheim procède un peu de la même manière pour aboutir au concept d'*expression*[114], c'est-à-dire, en utilisant le vocabulaire de la sémiotique, de *signifié* d'un signifiant visuel graphique. On retrouve ici notre hypothèse de l'activité esthétique des signes plastiques implicites (cf. *supra.*, ch. 2). Cet auteur évoque la tendance naturelle à objectiver les formes et à projeter nos émotions kinesthétiques sur ces objets, fréquente par exemple chez les poètes et les artistes. Il en vient à la conclusion que cette expression

114. [Arnheim, 1976], *op. cit.*, ch. X, p. 444.

trouve sa source dans la structure même des formes graphiques, dans leur *dynamique*, au sens de leur activité perceptible. L'expression est ainsi le résultat d'une perception de formes par un individu sensible, au travers des structures que leur composition contient. Il est important de noter qu'il s'agit d'une interaction, elle n'est pas contenue uniquement dans la forme concrète et elle n'est pas non plus une simple vue de l'esprit du lecteur.

> « L'esprit humain reçoit, conçoit et interprète l'image du monde extérieur avec toutes ses possibilités conscientes et inconscientes, le royaume de l'inconscient ne pourrait pas entrer dans notre expérience sans la réflexion des choses percevables. »
> [Arnheim, 1954], p. 461.

L'étude des productions des artistes théoriciens de l'art abstrait (cf. *supra*, ch. 5) a permis de dégager une première série de connaissances que les apports du design graphique vont permettre de compléter, mais surtout d'organiser de manière plus logique et pratique. Au cours de cette revue, on relèvera les relations possibles avec les domaines disciplinaires évoqués dans les chapitres précédents (notamment la psychologie de la perception et la sémiotique) et on évoquera des pistes de mise en pratique pour la cartographie, qui pourraient faire l'objet du développement de méthodes et d'outils spécifiques. Ces pistes feront l'objet d'une synthèse détaillée dans la partie suivante, et certaines seront expérimentées.

6.2. Les signes plastiques en design graphique

Pour plus de clarté, on distinguera d'un côté les éléments graphiques de base, qui vont regrouper les formes simples et leurs caractéristiques ou variations simples, et de l'autre les effets de leurs relations, les idées exprimées, et donc les signes plastiques. Ces derniers pourront être compris comme une extension de la réflexion sur les variables visuelles, au niveau de la composition de la carte. Comme ils constituent un sujet original et utile dans le cadre de ce travail, il feront l'objet de développements plus approfondis. On remarquera leur évocation précédente par le Groupe μ lors de la description du fonctionnement des signes plastiques (cf. *supra.*, § 2.4.4), mais dans un autre contexte, complémentaire.

6.2.1. Les éléments et leurs relations : les variables visuelles de base

Les éléments graphiques de base sont naturellement les mêmes que ceux isolés par les peintres, notamment W. Kandinsky (cf. *supra*, § 5.2.3). Toutefois, le design graphique a développé quelques idées supplémentaires à leur propos. On retrouve aussi, bien sûr, les types d'implantation relevés par J. Bertin. C'est cependant dans l'étude des relations entre éléments de base et celle de la composition générale de l'image que le design graphique a le plus à nous apprendre, le présent paragraphe ne sera donc qu'une évocation rapide des apports du design graphique à un domaine déjà bien connu.

6.2.1.1. Le point

L'unité graphique minimale, par la taille comme par l'action, est le point. Outre les associations avec les idées de brièveté, d'isolation et de concentration évoquées par W. Kandinsky, les auteurs du graphisme ajoutent d'autres caractéristiques intéressantes pour le cartographe. Les sources de ces signifiés sont la théorie psychologique de la Gestalt (cf. *supra*, § 3.2.1) ainsi qu'une certaine expérience empirique accumulée.

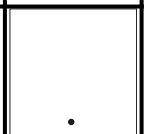
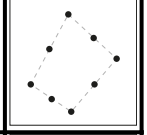
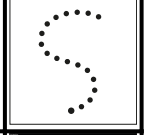
Signifiant	Signifié	Source	Exemple
Point	Marque, signe, localisation : forte attraction visuelle si isolé	Perception / *Hineinversetzen* obs.	
Points	Mesure de l'espace, marques d'arpentage	*Hineinversetzen* obs.	
	Alignés : trace linéaire	Perception / Gestalt	
	En nombre : texture, trames, demi-teinte	Perception / Gestalt	

tableau n°11 :Signes plastiques à base ponctuelle.

6.2.1.2. La ligne

La ligne est un point auquel on a appliqué une force dirigée, ce qui produit une trace, selon W. Kandinsky. Les auteurs de design graphique lui ajoutent par exemple la caractéristique d'être un assemblage simplifié de points, mais surtout de constituer une limite entre deux zones distinctes de l'image, de constituer la frontière de figures, ainsi que de permettre, par sa forme, l'expression incroyablement variée des polices de caractères. Toute une gamme de sentiments ou d'idées peut être exprimée par le simple choix d'une police de caractères, il existe de nombreux ouvrages spécialisés consacrés à cette relation[115]. On peut ainsi relier la grande expressivité et l'intérêt pratique de la typographie à nos développements, car elle n'avait pas été couverte lors de notre exploration de la critique d'art ou l'esthétique appliquée.

115. Pour en citer un récent : [Garfield, 2010]

Signifiant	Signifié	Source	Exemple
Ligne	Tracé : dessin à main levée	*Hineinversetzen* obs.	
	Tracé : géométrique, avec utilisation d'instruments	*Hineinversetzen* obs.	
	Tracé : simplicité, économie de moyens	*Hineinversetzen* obs.	
	Limite : contour de forme	Perception	
	Limite : transformation, basculement	*Hineinversetzen* obs.	
	Limite : juxtaposition	Perception	
Police de caractères classique	Sérieux	Expérience	Lorem Ipsum
Police de caractères rare	Originalité, nouveauté, recherche	Expérience	LOREM IPSUM
Police de car. manuscrite	Lettre, message personnel, désinvolte, décontracté	Expérience	*Lorem ipsum*
Police de car. griffonnée	Tags, inscriptions murales	Expérience	LOREM IPSUM

tableau n°12 : Signes plastiques à base linéaire.

6.2.1.3. La surface, les formes simples

En refermant la ligne, ou en examinant la zone qu'une ligne délimite dans la surface de base, on obtient une forme, une zone, une section du plan. W. Kandinsky et les autres artistes-théoriciens abstraits se sont essentiellement intéressés à la surface totale de l'image en tant que plan, et la disposition des formes graphiques à l'intérieur de ce plan. Mis à part les relations établies par W. Kandinsky entre formes simples et angles (avec l'idée de chaleur et les couleurs), le design graphique a pu développer la réflexion sur les formes géométriques simples et moins simples.

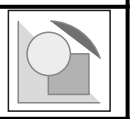
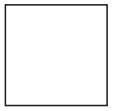
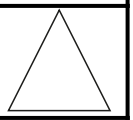
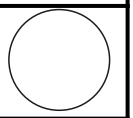
Signifiant	Signifié	Source	Exemple
Forme géométrique	Artificiel, mécanique, construit	Expérience, perception	
Forme non régulière	Naturel, aléatoire, tracé à la main	*Hineinversetzen* observateur	
Carré, rectangle	Plan, feuille, surface	Expérience, perception	
Carré, rectangle	Cadre, clôture, fermeture	Expérience, perception	
Carré, rectangle	Stabilité, calme	*Hineinversetzen* forme	
Triangle	Action, conflit, tension	*Hineinversetzen* forme	
Cercle	Chaleur, protection	*Hineinversetzen* forme	

tableau n°13 : Signes plastiques à base surfacique.

6.2.1.4. Les variables visuelles de base

Dans l'analyse des variations des éléments simples, le *design* graphique propose une catégorisation utile. Naturellement, on retrouve les variables visuelles de la Sémiologie Graphique, organisées différemment et quelque peu complétées, sur des cas particuliers.

- L'orientation

L'orientation est la plus simple des variations que peut présenter une forme. Il s'agit soit d'une rotation de la forme, soit de la variation d'un angle entre deux parties de cet élément. J. Bertin retient l'orientation dans ses variables rétiniennes dans le cadre où des formes graphiques qui présentent la même orientation peuvent être associées visuellement de manière assez aisée. Cependant, il ne faut pas chercher à utiliser un trop grand nombre de valeurs différentes d'orientation (longueur de la variable), ni à demander plus qu'une simple association (par exemple un classement ordonné ou un rapport quantitatif).

W. Kandinsky a affecté des propriétés de chaleur et donc de teinte à ces variations, selon sa théorie (cf. *supra*, § 5.2.5). L'orientation intervient aussi dans le phénomène cognitif courant où le lecteur s'imagine à la place de la forme, la surface de l'image devenant alors notre cadre de référence, ou à la place d'un observateur placé devant une scène où la forme est un objet concret. Ce qu'on a appelé jusqu'ici *Hineinversetzen*, forme ou observateur, est en effet une habitude cognitive de perception, dans laquelle l'expérience des forces du

monde réel, va agir sur notre perception des images : principalement la gravité, la friction et l'inertie (cf. *supra*, ch. 1). Cette influence est généralement inconsciente. Comme il s'agit de signes plastiques influant sur la composition générale de l'image, on développera cette idée dans le paragraphe suivant. On rappellera simplement ici leur rôle dans le cas de la variation d'orientation.

En design graphique, l'orientation se voit aussi attribuer une valeur d'associativité ou de simple différenciation, mais certains auteurs ajoutent une propriété graduelle, continue, de « position » dans une série. Il s'agit du principe qui régit l'usage des boutons rotatifs de certains appareils, leur orientation indiquant une certaine position dans un intervalle de valeur. La psychologie cognitive a montré que l'on est capable de reconnaître une forme malgré les changements d'orientation[116]. Le bon fonctionnement de ce principe nécessite néanmoins que la variation d'orientation ne soit pas perturbée par d'autres variations formelles. En cartographie thématique, la quantité de signes à représenter sur le fond de carte est fonction de la subdivision de ce dernier en entités spatiales significatives. Cette quantité est souvent assez importante, ce qui provoque rapidement une certaine complexité visuelle et limite l'utilisation d'une variation d'orientation pour les symboles. On pourra utiliser cette variation formelle plus facilement au niveau de la mise en page de la carte (libellés, cadres, effets de mise en relief, textures de fond, etc.).

- La forme

La variation de forme est elle aussi considérée par J. Bertin comme une variable visuelle de type associatif. Elle permet de regrouper les éléments possédant les mêmes formes simples, si toutefois ces dernières ne sont pas trop nombreuses.

Les artistes abstraits, on l'a vu au chapitre précédent, ont évoqué à propos de la forme des propriétés liées aux angles, aux orientations des côtés, au poids, à la position dans le plan de référence. Le design graphique apporte quelques idées de plus. Les propriétés de la ligne sont transmises à la forme et on retrouve ainsi le rôle de la qualité du tracé, de sa rectitude ou au contraire de son aspect hésitant, tortueux. La variation de cette propriété peut indiquer une variation de la relation à la réalité, le degré d'abstraction ou d'artificialisation par rapport à un tracé plus naturel. En cartographie cette qualité peut se rapprocher de celle de la généralisation du fond de carte (sa simplification par rapport aux limites réelles sur le terrain), ainsi qu'à la tonalité générale du dessin (cf. l'exemple de la figure n°43, carte dessinée aux crayons de couleur par Ph. Rekacewicz).

- Composantes colorées : la teinte / la luminosité / la densité

Plus complexe, mais aussi plus puissante et plus efficace dans sa fonction de représentation ou d'évocation, la couleur a été l'objet de nombreux traités tant en théorie artistique qu'en *design* graphique. On se contentera ici de relever les principales idées complétant les variables visuelles de couleur et de valeur établies par J. Bertin.

La variation franche de teinte est selon J. Bertin l'une des plus puissantes façons de représenter une différence, une catégorisation. La variation de la luminosité et de la densité

116. Cf. [Tarr, Pinker, 1989]

à l'intérieur d'une teinte en dégradé progressif étant l'une des meilleures solutions visuelles disponibles pour indiquer la gradation entre valeurs. Les artistes étudiés au chapitre précédent ont ajouté à ces idées des propriétés liées à la chaleur de la teinte ou à leur évocation iconique, par ressemblance avec des objets colorés courants (soleil, citron, verdure, océan, etc.).

Le design graphique, pour qui la couleur est naturellement aussi un puissant moyen d'expression[117], a beaucoup approfondi les intuitions des artistes en empruntant leurs découvertes aux physiciens optiques et aux psychologues de la perception. L'utilisation du cercle chromatique, notamment, des relations entre couleurs (teintes, luminosités et saturations), s'est largement popularisée, avec les concepts de complémentarité et de proximité, ainsi que les applications du contraste simultané[118]. Deux apports principaux du design graphique peuvent être relevés, concernant la couleur : la détermination d'une grande subjectivité et variabilité de sa perception et la recherche de règles pour une combinaison harmonieuse.

En effet, les auteurs en design graphique ont été très intéressés par la définition de limites au-delà desquelles les variations de teinte ou de luminosité n'étaient plus perceptibles, ainsi que par le caractère relatif de cette perception. Ainsi se sont développées des recherches sur les illusions d'optique, le contraste simultané, les dégradés, l'influence de la lumière et le daltonisme[119]. Plus récemment, on a vu apparaître de nouvelles idées liées à l'évolution des supports de l'image, avec l'écran, sans parler des images animées qui, malgré l'intérêt évident que la cartographie thématique leur porte, sortiraient trop du cadre du présent travail. On peut citer notamment la variation de la transparence et l'utilisation d'encres fluorescentes.

Les tentatives de définition plus précises de règles d'harmonie colorées ont été nombreuses. On l'a vu (cf. *supra*, ch. 5), les artistes abstraits souhaitaient bouleverser les règles concernant le mariage des teintes pour promouvoir un nouveau type d'harmonie, à base de contrastes en interaction ou en équilibre. Le design graphique a poursuivi ces expérimentations en mettant à profit les nouvelles techniques disponibles (quadrichromie puis image sur écran) ainsi qu'en combinant le contraste coloré avec d'autres dimensions formelles : forme, texture. On examinera plus en détail certaines de ces règles d'harmonie des couleurs dans la partie suivante, au travers de mises en application.

- La texture

La texture est souvent perçue comme une déclinaison des variations de forme et d'orientation, en implantation surfacique. Cependant la texture est aussi active en tant que sensation spécifique qui se rapproche de la sensation tactile. On a vu plus haut (cf. *supra*, ch. 1) que notre système perceptif cognitif était particulièrement sensible aux textures, hachures et variations rythmiques d'un motif, essentiellement à cause de l'importance de ces formes pour l'analyse des scènes naturelles (détermination d'objets et de parcours possibles). Le design graphique, reprenant cette idée, a développé une approche quasi

117. Cf. par exemple [Dondis, 1974], p. 50.
118. A ce propos les travaux de J. Itten connaissent encore une grande célébrité, cf. [Itten, 1996]
119. Cf. [Arnheim, 1954], Ch. VII.

tactile des textures, par exemple dans le renforcement de la variation de forme. On rejoint l'idée de la variable visuelle de grain chez J. Bertin, qui permet de renforcer d'autres variations visuelles. La texture permet ainsi d'ajouter une impression de profondeur, de relief, de contraste et d'évoquer le geste du peintre en faisant croire à des touches de pinceau. En liaison avec les découvertes de psychologie cognitive, la texture peut aussi être utilisée comme source d'une perception vibratoire ou d'un mouvement oscillant.

- La taille (ou échelle)

Dans toute image comprenant des formes cohérentes, délimitées, perceptibles et comparables (possédant des caractéristiques formelles proches : teinte, forme, …), une comparaison visuelle de la taille est possible. Comme chez J. Bertin, cette comparaison va très rapidement permettre d'établir une hiérarchie entre les éléments, si d'autres facteurs formels ne sont pas trop perturbants (la luminosité/densité, par exemple, qui va réduire l'effet de taille par celui de densité).

La taille va aussi avoir un rôle dans l'impression de profondeur, par un effet de perception 3D : si un gradient de taille est organisé en fonction de la distance au bas de l'image, une impression de profondeur sera exprimée, en accord avec notre expérience de compréhension de scènes 3D (perspective). Plus un élément est loin de l'observateur, plus il devra être de petite taille. Plus généralement, le lecteur aura l'idée préconçue que deux éléments de forme semblable, mais de taille différente auront subi l'action d'une force : éloignement plutôt que réduction. Enfin en *design* graphique la taille est souvent mise en œuvre dans la composition des pages pour établir une hiérarchie visuelle claire, une structure de lecture qui permet de guider l'attention et de faciliter la découverte du contenu d'une page complexe. Certains éléments peuvent ainsi être utilisés à différentes tailles pour marquer cette hiérarchie et guider le regard.

- Le mouvement

Un type original de relation simple entre éléments graphiques a été développé par le *design* graphique, à partir de pistes relevées par certains artistes : la sensation de mouvement. Cette sensation peut être exprimée par la propriété des teintes chaudes et froides de respectivement se rapprocher et s'éloigner du lecteur, mais aussi, peut-être de façon plus évidente, par un jeu sur l'orientation des formes et leur disposition rythmique, et par l'utilisation de tensions visuelles orientées (triangles, flèches, formes étirées dans le même sens, sans parler, bien sûr de la représentation iconique, figurative, d'objets en mouvement, comme des chevaux en pleine course)[120]. L'effet de mouvement peut aussi être rendu par une composition qui favorise une perception hiérarchisée de l'image, qui invite au parcours visuel selon un tracé évident. Cette idée met en œuvre un principe important de composition qui sera développé plus loin.

- La répétition

Apparaissant comme l'un des principes actifs de la texture, la répétition de formes, ou d'autres caractéristiques formelles, est considérée par certains auteurs comme une

120. *op. cit.* p. 426.

variable visuelle à part entière. Evoquant le mouvement lorsqu'on y détecte un alignement et un gradient, la répétition est surtout une expression de caractéristiques de composition importantes : l'arrangement et le rythme. L'arrangement correspond à la disposition relative des éléments répétés, il peut être régulier, géométrique ou non, et donc évoquer des propriétés intentionnelles diverses[121]. Il permet aussi l'assemblage des éléments unitaires en groupes. Le rythme informe sur la cadence et la mélodie de la répétition des éléments, ce qui relie naturellement aux propriétés musicales.

L'utilisation coordonnée des propriétés évocatrices des éléments, de leur variation et de leur relation va constituer la base de propriétés de niveau supérieur, moins évidentes dans leur perception, mais néanmoins actives : les signes plastiques implicites de la composition.

6.2.2. Les signes plastiques de la composition pour le design graphique

Les propriétés exprimées par la composition, dans le sens de l'organisation des caractéristiques graphiques des éléments de l'image, constituent l'un des apports majeurs du *design* graphique. Les manuels, les catalogues et les guides méthodologiques que l'on peut classer dans ce domaine s'articulent tous autour de l'idée de la détection, de la compréhension et de l'apprentissage du fonctionnement de ce qu'on peut appeler des signes plastiques de la composition ou encore signes compositionnels[122]. Par leur complexité et leur portée, ces signes agissent de préférence au niveau de l'ensemble d'une image, à son aspect visuel global, pour en modifier l'appréhension esthétique. Leur étude marque une étape importante dans la progression de notre travail selon la problématique progressivement mise en place.

On présentera ci-dessous une synthèse, en appuyant chaque type de signe sur ses sources et en présentant sa transposition dans le domaine de l'image cartographique. L'ordre de présentation correspond approximativement à une complexité / difficulté croissante de perception. Le plus souvent chaque signe est en fait double, opposant deux valeurs.

6.2.2.1. Tension, stress / calme, stabilité

Le premier signe de la composition relevé, de par la fréquence de son utilisation et la facilité de sa perception, est celui qui correspond à la perception d'une tension, ou, au contraire, de son absence : de calme. Déjà repéré dans les écrits théoriques de W. Kandinsky ou de P. Klee (cf. *supra*, ch. 5), ce signe correspond à une impression généralement assez peu définissable par le lecteur, non explicite, mais néanmoins aisément et rapidement perçue.

121. Cf. [Wong, 1993], *op. cit.*, p. 51.
122. Il s'agit ici d'une petite torsion du sens d'un adjectif normalement réservé à la composition musicale.

Cette tension est elle-même ensuite la source de propriétés esthétiques, négatives comme positives. Ainsi, une image exprimant une tension importante peut être considérée comme dynamique, active, engagée, vivante. À l'inverse, le calme peut aussi être recherché. La tension paraîtra alors comme désagréable et inopportune. Certains styles artistiques se basent sur une modification de la qualification de la tension par rapport aux styles précédents dans l'histoire de l'art. Ainsi, l'art abstrait ou l'expressionnisme du début du vingtième siècle ont-ils pu être caractérisés par la recherche de plus grands contrastes formels, d'une plus grande tension dans l'œuvre, le caractère agréable se déplaçant (pour l'artiste du moins) vers la coordination de ces tensions selon une direction claire, pour obtenir une œuvre dynamique.

La sensation de tension est basée sur la détection de plusieurs types de propriétés intentionnelles, elles-mêmes basées sur des propriétés formelles (phénoménologiques) variées.

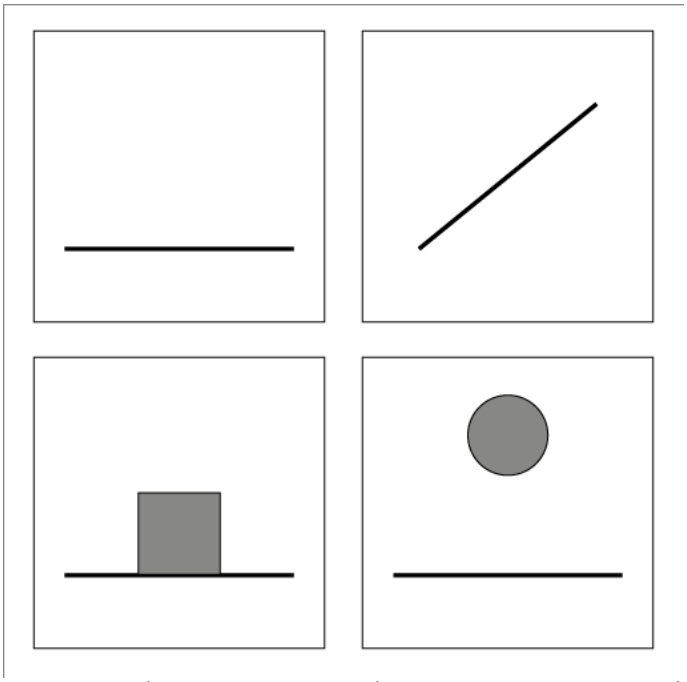


figure n°105 : Calme (à gauche) et tension (à droite) en rapport avec la force de gravité.

La tension est la sensation d'une instabilité, d'une inadéquation, qui impliquent une réaction qui permettra le retour à la stabilité. Il s'agit donc souvent d'une anticipation d'un mouvement de rééquilibrage. Notre habitude de perception[123] et de déplacement dans le monde réel est la source principale de cette sensation. Les éléments qui composent le monde perçu sont le plus souvent au repos, inactifs, maintenus par la gravité ou d'autres forces : dans la nature, la grande majorité des scènes visuelles sont calmes, stables. Dès qu'on perçoit un élément perturbateur de ce calme on anticipe sa réduction, sa contradiction. La prégnance de cet apprentissage par l'expérience va créer l'un des

123. Il faut ajouter à l'expérience du déplacement celle d'un réglage constant de notre équilibre propre, et de la sensation de notre position dans l'espace (kinesthésie).

gradients principaux de notre perception de la composition : l'influence de la gravité, qui pousse toute chose vers le bas. En conséquence, on concevra le rôle bloquant et la stabilité de toute forme horizontale ainsi qu'à l'inverse l'aspect anormal et temporaire de toute forme verticale ou non posée à plat sur une surface (cf. figure n°105, ci-dessus). La gravité fait partie de ce que Rudolf Arnheim appelle les « forces perceptuelles », c'est-à-dire des principes immatériels influençant la perception visuelle[124], dont l'étude a été développée notamment par la psychologie de la Gestalt[125].

Outre l'influence de la gravité, d'autres sources de tension peuvent exister dans une composition, correspondant généralement à une impression de déséquilibre, de disproportion, de confrontation, ou de complexité, transposée dans d'autres dimensions formelles que celle de la force de gravité. Ainsi, la plupart des autres signes plastiques de la composition vont intégrer une sensation sur le gradient tension / calme. Il faut noter que l'idée de tension, de décalage par rapport à une situation calme, rappelle le concept d'allotopie, examiné précédemment dans le cadre de la sémiotique visuelle : le décalage est un moyen potentiel de figure de style rhétorique (cf. *supra*, § 2.5).

Une « loi » de perception visuelle selon la théorie de la Gestalt, la loi de concision[126], met en lumière la tendance à inconsciemment simplifier la structure perçue. Ainsi, une image complexe sera artificiellement simplifiée, ou décomposée en éléments simples, par notre processus perceptif pour être plus aisément interprétable (et mémorisable). Ce principe agit aussi en préférant une interprétation simple d'une scène complexe (principe de parcimonie), il s'agit du ressort de bon nombre d'illusions d'optique. Ce processus perceptif agit donc sur l'impression générale de tension de l'image en produisant un nivellement[127]. Le nivellement correspond à une unification, une amélioration de la symétrie, la réduction de la complexité des éléments, la simplification, la répétition. Il correspond donc globalement à une réduction de la tension.

Transposé dans le domaine de la cartographie, ce signe compositionnel de la tension / du calme peut être un principe utile de plusieurs façons. Premièrement une des caractéristiques les plus fréquentes des documents réalisés par des apprentis cartographes, ou par des personnes non familiarisées avec les méthodes de conception graphique, est une certaine tension de la composition, généralement involontaire. Sur la base de plusieurs propriétés formelles comme le manque d'alignement, le déséquilibre, le contraste, le manque d'organisation dans la disposition et les poids relatifs des éléments, cette tension peut aller jusqu'à perturber fortement la lecture de la carte en rendant l'image désagréable. Le repérage et la réduction de cette tension involontaire et inadaptée peut ainsi aider à rendre une carte plus agréable. On le verra plus en détail (et sur des exemples) dans l'examen spécifique de ces types d'effets de composition dans les paragraphes qui suivent.

Deuxièmement, si l'information véhiculée par la carte thématique est nouvelle, originale ou possède un caractère d'urgence et que le concepteur veuille renforcer cette impression par

124. Sous la forme, essentiellement, de tendances du parcours descendant de la cognition visuelle (cf. *supra*, § 3.3.2.2).
125. Cf. [Arnheim, 1954], *op. cit.*, p. 16, et *supra*, § 3.2.1 à propos de la théorie de la Gestalt.
126. *Prägnanz* en allemand.
127. Cf. R. Arnheim, *op. cit.*, p. 66 et D. A. Dondis, *op. cit.*, p. 27.

l'aspect du document, il peut rechercher l'effet de tension dynamique. A l'inverse, pour un document devant paraître plus sérieux ou dont le message doit être atténué, le concepteur peut orienter sa composition de manière à exprimer une impression de calme et de stabilité.

6.2.2.2. Équilibre / déséquilibre

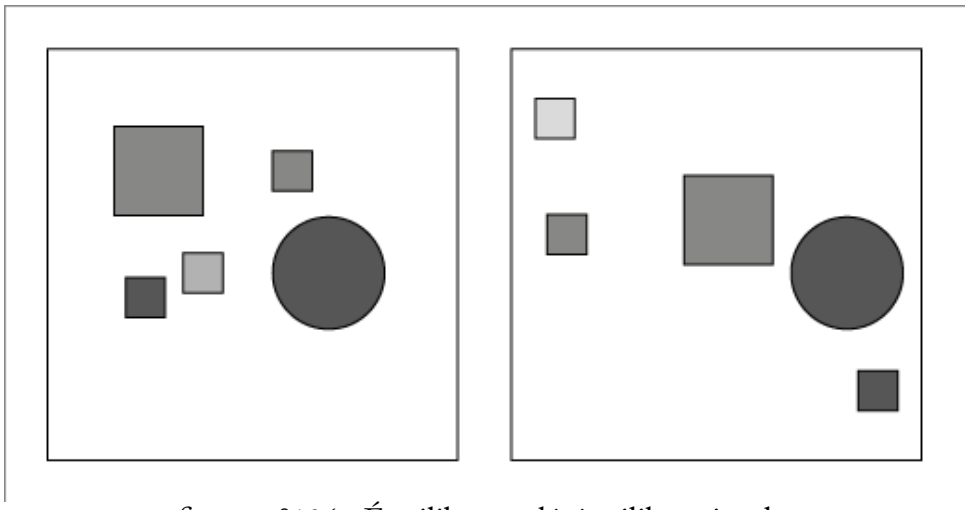


figure n°106 : Équilibre et déséquilibre visuels.

La sensation d'équilibre dans la perception d'une image est basée sur notre capacité, d'une part à objectiver les éléments d'une composition, et, d'autre part, à estimer les distances, les poids et les densités rapidement (cf. figure n°106, ci-dessus). De nombreux auteurs[128] relient cette capacité à celle du maintien de l'équilibre de notre propre corps et sa sensation dans l'espace, la kinesthésie. L'équilibre d'une composition est source de stabilité et de calme, toujours en rapport avec la force de gravité, mais aussi dans l'interaction entre les éléments de la composition et leur disposition.

La perception visuelle possède en effet une grande capacité à déterminer rapidement le ou les centres de gravité visuels d'une image. Ce centre de gravité est déterminé par le nombre, la taille, la couleur, la disposition et le mouvement apparent des éléments. Le centre peut alors servir de point de rassemblement, ou au contraire, de division, de partition de l'espace[129]. Ainsi, on affecte inconsciemment un poids virtuel aux éléments de l'image, ce poids servant à établir la stabilité et l'équilibre global. L'appréciation de ces poids et de ces proportions est d'autant plus facile que les différences sont marquées et peu nombreuses.

128. Dont R. Arnheim et D.A. Dondis, *op. cit.* mais aussi la plupart des manuels de design graphique, comme [Amtson, 2011] ou [Lidwell, Holden, Butler, 2010].
129. R. Arnheim a consacré tout un ouvrage sur le rôle du centre dans la composition dans l'histoire picturale, cf. [Arnheim, 1988].

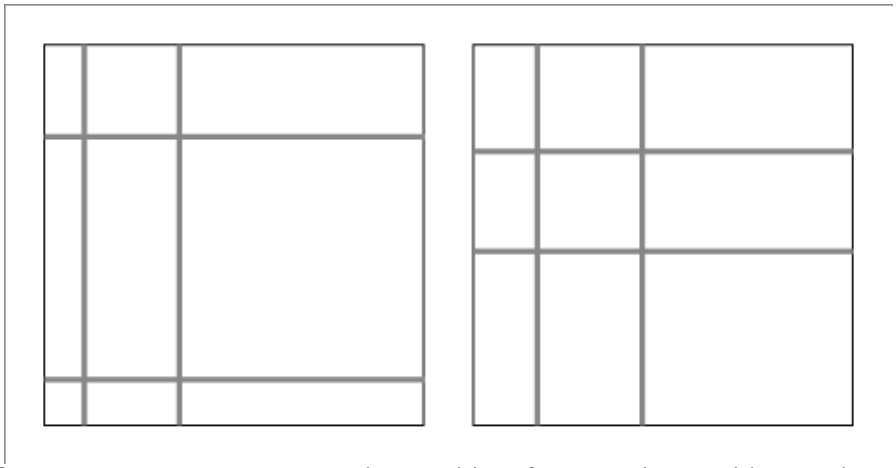


figure n°107 : Disposition : déséquilibre franc et déséquilibre ambigu.

R. Arnheim indique que la bonne expression artistique d'une œuvre picturale ne s'obtient que si un équilibre est nettement lisible, ou, au contraire, nettement absent. Sans cela, la transmission du message sera perturbée par l'effet perturbateur négatif de l'instabilité et de l'ambiguité[130]. Le déséquilibre, s'il est bien dosé, peut indiquer une certaine fluidité, vivacité, et ainsi constituer une qualité esthétique. Paradoxalement, un faible déséquilibre graphique peut être plus perturbant de par son ambiguïté qu'un déséquilibre franc facile à lire (cf. figure n°107, ci-dessus).

Dans la composition des documents cartographiques, la perception de l'équilibre est principalement influencée par la disposition des éléments sombres ou colorés sur le fond contrasté du document. Si le document est présenté dans un classique quadrilatère à fond blanc, les blocs dont il est composé (titre, fond, légende, etc.) vont contraster avec ce fond et leur disposition ainsi que leur poids visuel vont être la base de l'équilibre visuel global. À l'inverse, un document cartographique où le fond de carte n'est pas isolé mais occupe tout l'espace du cadre présentera beaucoup moins de problèmes d'équilibre visuel puisque les éléments seront visuellement intégrés, reliés les uns aux autres (cf. figure n°60, *supra*). Si la représentation cartographique elle-même montre un déséquilibre, par exemple par des symboles proportionnels indiquant une concentration spatiale de valeurs élevées, on obtient une meilleure lisibilité du phénomène géographique représenté, donc une carte probablement plus efficace. Cependant, ce déséquilibre peut être désagréable au niveau plus général du document cartographique, on peut alors essayer de le compenser au niveau global en travaillant les propriétés de poids visuel des autres éléments (légende, titres, encarts…).

130. *Ibidem*, p. 20.

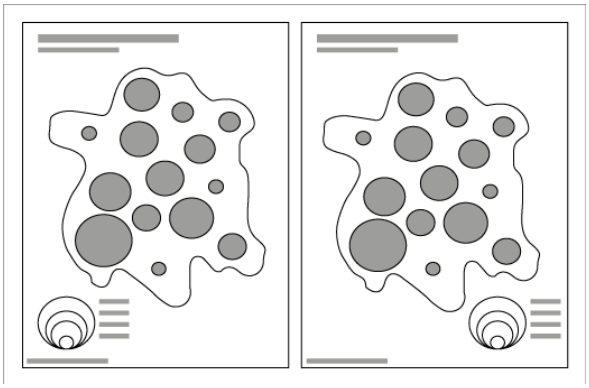


figure n°108 : Variation de l'équilibre dans la mise en page d'une carte par symboles.

Une des techniques graphiques utilisées pour améliorer la sensation d'équilibre d'une composition est la mise en évidence d'alignements et de symétries. La symétrie va permettre de rééquilibrer un document en compensant le poids différencié des éléments par un alignement ou une mise en équilibre sur un axe (cf. figure n°108, ci-dessus).

6.2.2.3. Unité / fragmentation

Le sentiment d'unité, ou, au contraire, de fragmentation est principalement lié au regroupement ou à la dispersion spatiale des éléments discernables et aux impressions centrifuges ou centripètes de mouvement évoquées. Plus généralement et indirectement (métaphoriquement), ce sentiment est influencé par la cohérence des propriétés formelles des éléments, la plus efficace étant ici l'alignement des formes et des orientations. Entre en jeu la grande capacité de notre système perceptif à reconnaître des objets à partir des contours détectés, même si ces objets sont en partie masqués (cf. *supra*, ch. 1). La métaphore qui associe une propriété graphique formelle et une caractéristique de l'information représentée va jouer ici de façon particulièrement forte.

En rapport avec les propriétés précédentes de tension et d'équilibre, une image dont la composition est cohérente est généralement perçue comme plus esthétique, plus organisée, moins complexe à lire. La « loi » de concision de la Gestalt s'applique ici avec force : si une unité cohérente est perceptible dans l'image, cette dernière sera plus rapidement interprétée. Plusieurs autres « lois » de la théorie de la Gestalt participent directement à ce principe d'unité : la loi de similarité, de bonne continuation et de destin commun[131]. Ces principes énoncent que les éléments graphiques alignés ou présentant une autre propriété formelle commune (taille, couleur, texture, mouvement, type de police d'écriture ou de mouvement) seront de préférence interprétés comme s'ils participaient à un groupe ou à un mouvement commun (cf. figure n°109 et figure n°110, ci-après). Ainsi, pour à la fois faciliter la lecture d'un document et le rendre plus agréable, il faut utiliser des formes graphiques cohérentes et reliées (littéralement ou métaphoriquement) pour indiquer les groupes et sous-groupes hiérarchiques de la structure visuelle.

131. Cf. *supra.* § 1.2.1 pour une présentation illustrée de la théorie de la Gestalt.

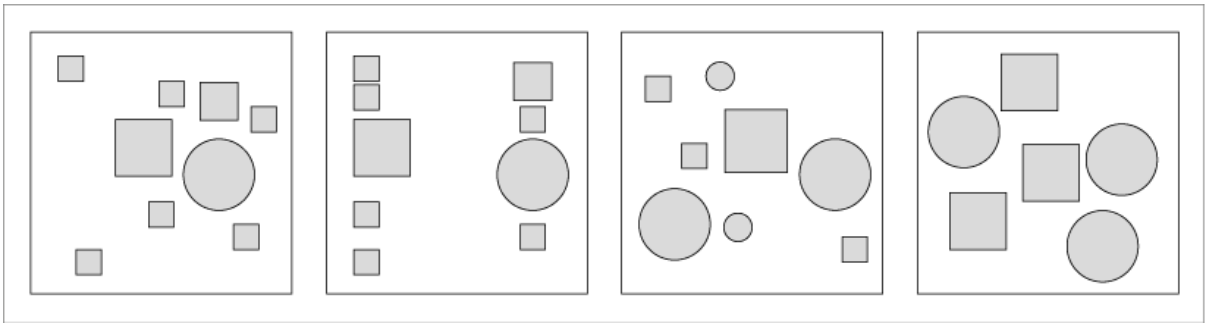


figure n°109 : Unification par une propriété formelle : position, alignement, taille et forme.

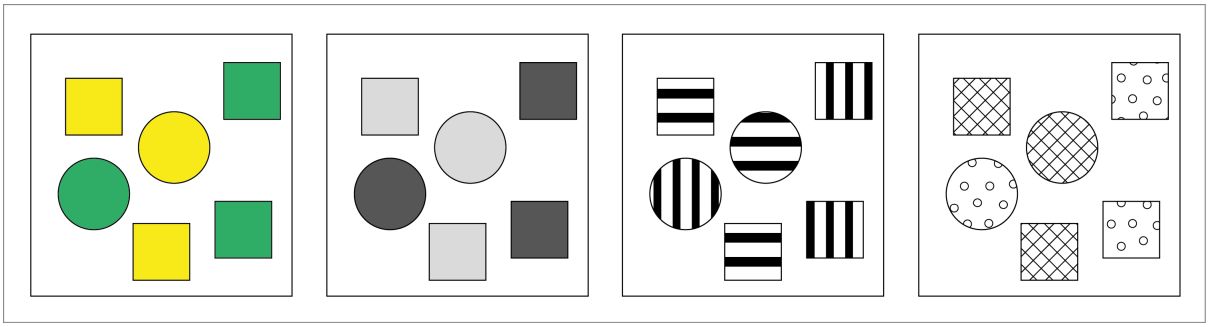


figure n°110 : Unification par une propriété formelle : teinte, luminosité, orientation, texture.

En cartographie thématique[132], ce principe de composition est celui qui est utilisé pour représenter les individus du fond de carte appartenant à la même classe de valeurs ou du même type. On peut aussi l'utiliser de façon plus générale pour améliorer la cohérence visuelle d'un document en établissant des relations formelles plus profondes et en constituant des groupes d'éléments graphiques hiérarchisés (avec les éléments de base d'un document cartographique pour commencer : titres, fonds, légende, sources, mentions). À l'inverse, une trop grande hétérogénéité de formes va produire de la complexité et de l'incohérence, donc une difficulté de lecture et de mémorisation.

6.2.2.4. Simplicité, Ordre, Structure / Complexité, Chaos

En progressant dans les signes plastiques de la composition vers des signes progressivement plus organisés, on en arrive à la propriété qui oppose simplicité, ordre, structure aux impressions de complexité et de chaos. On a déjà évoqué le concept de complexité dans un chapitre précédent, pour décrire ses multiples dimensions (de la complexité visuelle de perception à la complexité cognitive de compréhension), cf. *supra.*, ch.1, §1.6, ainsi que pour le relier au paradigme de la carte comme moyen de communication (cf. annexe n°1). Dans le cadre du signe plastique en design graphique, ce concept recouvre plusieurs possibilités avec une relation évidente entre le nombre de propriétés formelles (position, taille, teinte, etc.), les structures qu'elles forment et leur désorganisation (manque d'équilibre, d'unité, de calme) et l'impression de la complexité. Il

132. Comme plus généralement pour les graphiques statistiques : histogrammes, courbes, secteurs, etc.

faut ajouter ici une caractéristique formelle qui a été peu évoquée : celle de netteté. Elle est souvent évoquée par les auteurs qui s'intéressent à la psychologie de la vision, car elle fait partie de la « trousse à outils » du système perceptif, mais elle a été souvent écartée en design graphique, car longtemps trop délicate à produire et à utiliser précisément. On peut cependant la retrouver dans certains types de documents pour atténuer l'aspect « dur » de certaines lignes de contour et mieux fondre les éléments du fond.

D'un point de vue général, l'impression de simplicité, ou au contraire de complexité constitue un axe de division important du point de vue des styles de conception cartographique. Mis en avant par les manuels de cartographie universitaires (donc destinés aux débutants en représentation cartographique) et par les publications plutôt des domaines des sciences naturelles et physiques (météorologie, géologie) ou de géomatique, le style simple et rigoureux se veut objectif et lisible. Cette tendance a été fortement accentuée par le développement des logiciels de systèmes d'information géographiques, pour lesquels la cartographie thématique et la mise en page sont des fonctions annexes et longtemps d'utilisation malaisée, voire délaissées (cf. introduction générale). Si cette simplicité est un objectif logique pour les étudiants, synonyme de moindre difficulté, elle n'est pas pour autant un gage de qualité, si l'on fait entrer dans cette qualification la notion d'esthétique, comme c'est pourtant le cas pour beaucoup d'auteurs (cf. introduction générale).

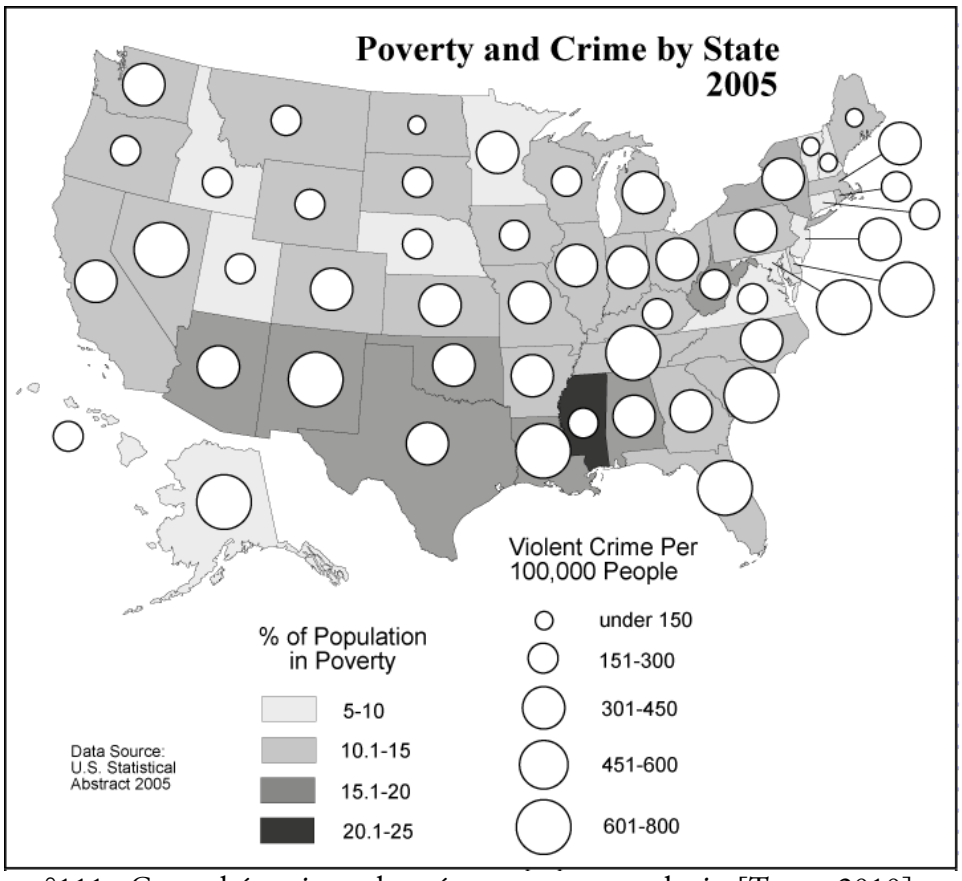


figure n°111 : Carte thématique donnée comme exemple, in [Tyner, 2010], p. 192.

Trop souvent, il semble que le concepteur d'une carte thématique, qui cherche à représenter une information de manière objective, soit guidé par ce type de manuel vers une conception cartographique minimaliste dans sa composition (cf. figure n°111, ci-dessus[133]). Ce type de réalisation relativement aride est alors privé des avantages potentiels d'une composition plus complète, tenant compte non seulement de la sémiologie graphique, des signes iconiques et plastiques explicites, mais aussi des capacités d'expression formelle offertes par les signes plastiques implicites. Les logiciels évoluant avec le temps, on note aujourd'hui un développement des capacités de mise en page et de raffinement graphique, par exemple dans les dernières versions du logiciel libre Quantum GIS[134]. Par ailleurs, la meilleure accessibilité des données géographiques et des outils pour les traiter (ainsi que d'autres facteurs comme l'intérêt du public pour la représentation infographique) a encouragé une plus grande diffusion de la représentation cartographique dans la presse, les médias audiovisuels et sur Internet[135]. Cette tendance fait qu'aujourd'hui une majorité des cartes vues par le grand public dans les médias sont réalisées par des graphistes, qui apportent leur style et leur esthétique à ces productions.

De très nombreux auteurs en design graphique insistent, à juste titre, sur le caractère utile et souhaitable de la présence d'une structure visuelle claire dans un document complexe, pour en faciliter la lecture et la mémorisation. Cette structure va constituer un guide pour la découverte progressive et ordonnée du document, par le parcours de l'œil. On retrouve ici les conclusions du chapitre sur la perception visuelle (cf. *supra*., ch. 1). Concrètement, une hiérarchisation marquée des éléments de la composition, obtenue en jouant sur les propriétés graphiques, facilitera la lecture progressive du document si l'ordre proposé visuellement correspond à un ordre logique de compréhension. Ce classement doit tenir compte des attentes du lecteur : d'abord comprendre rapidement ce dont il s'agit pour être motivé à poursuivre la découverte du document, puis progressivement acquérir les informations *dans l'ordre de leur bonne compréhension et de leur importance*. Étant donné que ce principe de composition fait intervenir potentiellement toutes les variables visuelles et leur bonne coordination, il s'agit d'un objectif assez difficile à mettre en pratique. Des pistes existent cependant aujourd'hui pour en faciliter l'utilisation ou l'évaluation, certaines seront explorées au chapitre huit de la partie suivante.

Il faut revenir sur une composante importante de ce principe de composition, l'ordre, car il présente des caractéristiques intéressantes du point de vue de la survenance de propriétés esthétiques. L'ordre et la progression ordonnée, la relation systématique entre éléments et leurs proportions respectives, sont en effet des propriétés intentionnelles sur lesquelles peuvent survenir une propriété esthétique puissante quoique peu explicite : l'harmonie des proportions, le ratio « parfait ». Il s'agit d'une trouvaille empirique très connue,

133. Carte dont les défauts de représentation ne peuvent qu'étonner, par ailleurs.
134. Il présente notamment un « composeur » de mise en page, cf. http://www.qgis.org
135. Cf. *supra.*, § 1.1.2. A propos de la diffusion de la cartographie dans les productions culturelles et artistiques, cf. le travail des auteurs du blog « (e)spaces & fiction » : https://spacefiction.wordpress.com, et les réalisations du Laboratoire d'études politiques et d'analyses cartographiques, J.-C. Victor et V. Raisson, comme l'émission « Le Dessous des Cartes » et les atlas qui en ont été tirés. D. Cosgrove évoque par ailleurs la cartographie de presse dans [Cosgrove, 2005], p. 45.

progressivement rationalisée et argumentée par des études de psychologie : un certain ratio (proportion entre dimensions) possède un attrait esthétique. Connu depuis l'antiquité par les artistes, il a été appelé nombre d'or ou section dorée[136]. Il correspond à un rapport de 0.618 environ (plus précisément $(\sqrt{5}-1)/2$)[137]. De nombreuses expériences de psychologie de la perception ont été réalisées pour valider ce choix, et c'est en effet le ratio qui est choisi par le plus grand nombre de personnes testées (par exemple pour les dimensions d'un rectangle, cf. figure n°112)[138].

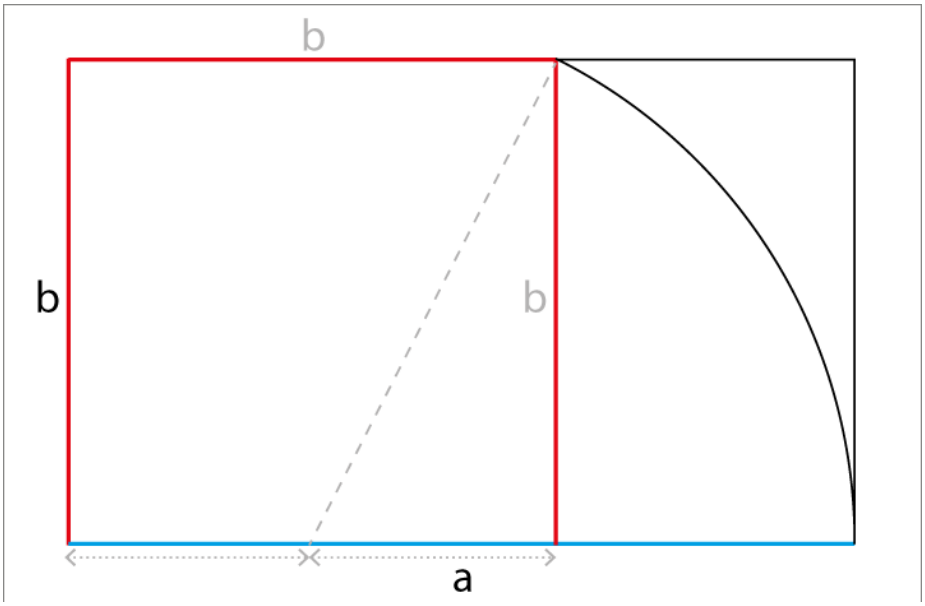


figure n°112 : méthode de dessin du rectangle dont le ratio a/b est le nombre d'or.

Ce ratio peut aussi servir à composer une scène en rectangles joints ou imbriqués. La succession des proportions des rectangles joints correspond de plus à une suite logarithmique dite suite de Fibonacci, que l'on retrouve dans nombre de ratios naturels (Nautile, croissance de végétaux, par exemple), cf.figure n°113 ci-après.

136. La « *section dorée* » étant par ailleurs le nom d'un groupe d'artistes des débuts du cubisme, nom choisi par l'un des membres suite à la lecture d'un manuel de peinture de Léonard de Vinci louant les mérites de ce ratio.
137. Sur la question, cf. cet ouvrage richement illustré : [Elam, 2001].
138. Les recherches expérimentales sur la question ont été engagées par G. T. Fechner en 1876, cf. [Fechner, 1876] (cité par[Lidwell, Holden, Butler, 2010], *op. cit.*), pour une revue plus récente, cf. [Green, 1995].

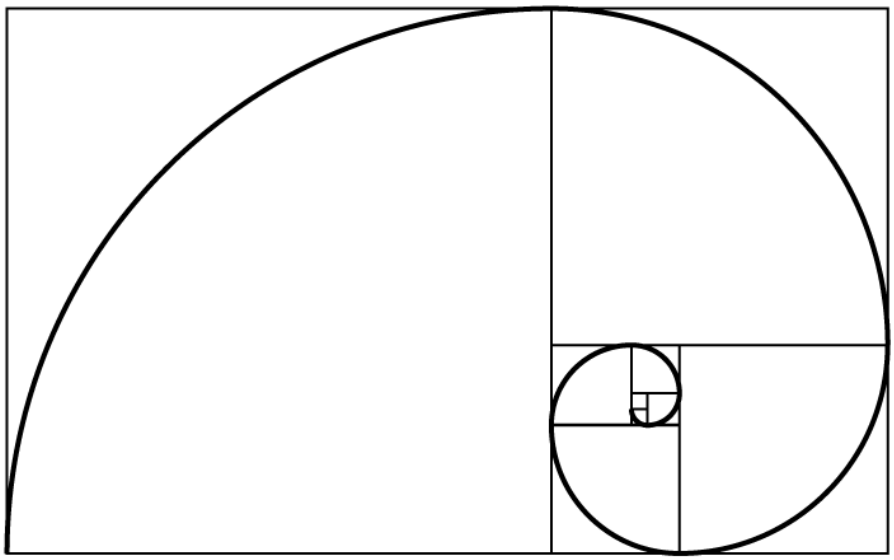


figure n°113 : Spirale de Fibonacci, emboîtement de rectangles d'or.

En design graphique, cette proportion harmonieuse est utilisée à la fois pour le dimensionnement relatif des éléments, mais aussi pour leur positionnement dans la page. Pendant une bonne partie de l'histoire de la réalisation de livres imprimés, depuis la Bible de Gutenberg, les proportions de la section d'or ont été utilisées pour dimensionner la page elle-même ainsi que l'empagement du texte, les marges (cf. figure n°114).

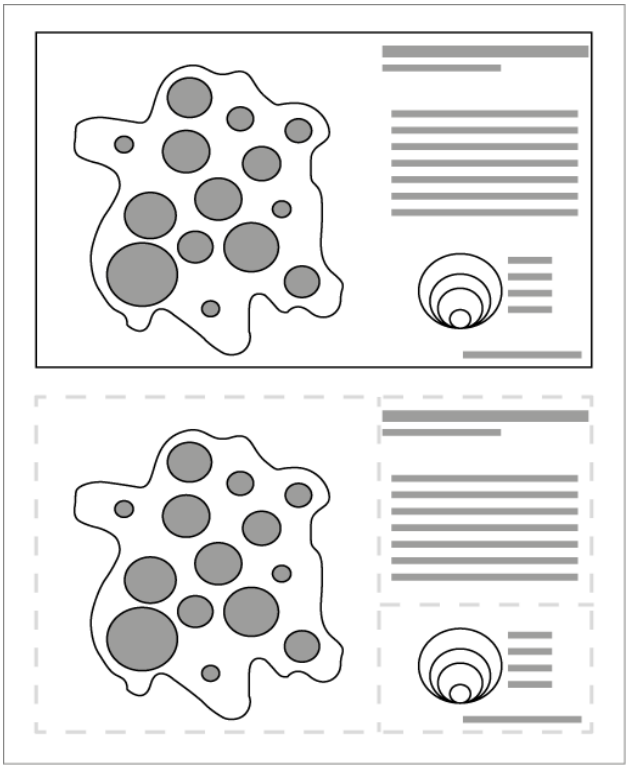


figure n°114 : Exemple d'organisation d'un document cartographique selon des rectangles d'or.

D'autres séries « harmonieuses » de valeurs existent. En design graphique on utilise parfois la série inventée par Ch. Renard[139], qui est à l'origine une série géométrique permettant d'optimiser les charges mécaniques avec une série de câbles de diamètre croissant, mais aussi de réaliser une suite de formes dont les proportions sont harmonieusement croissantes, cf. figure n°115.

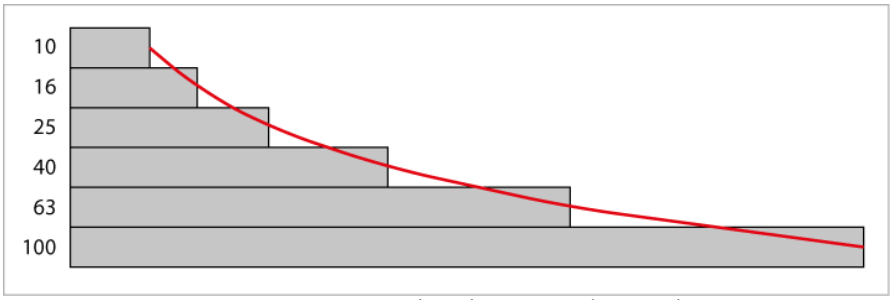


figure n°115 : Série géométrique de Ch. Renard (nombres normaux R5).

À l'opposé de ces impressions d'ordre et de structure, on trouve les idées de spontanéité, d'aléatoire, de naturel (au sens de non humain, non planifié). Dans le domaine du graphisme l'expression de cette sensation de désordre a souvent été rejetée, car elle est très souvent associée empiriquement à l'amateurisme et à la mauvaise qualité de dessin. Par exemple, un défaut d'alignement ou de symétrie, même léger (car notre système perceptif est très affûté dans ce domaine), un placement hésitant, un camaïeu de couleurs trop hétérogène, vont rapidement dégrader l'impression visuelle offerte par le document.

Néanmoins, dans certains cas ce type de signifié plastique peut être utile. On peut l'employer par exemple pour adoucir une présentation trop froide, sèche, sérieuse, et ainsi mieux développer la gamme d'expressions dans l'image, pour utiliser une métaphore musicale. Certains styles artistiques ou d'arts appliqués ont spécialement fortement joué sur ce signe, par exemple dans les arts décoratifs au début du vingtième siècle (art nouveau). Plus directement, ce type de signifié plastique à l'expression moins artificielle, plus naturelle, peut servir à renforcer le message d'une carte dont le sujet est justement la présentation des richesses naturelles d'un territoire, en l'accompagnant d'illustrations figuratives. Dennis Wood et John Fels font une très bonne présentation de ce type d'utilisation à propos notamment d'une carte des ressources faunistiques en Australie par la revue *National Geographic*, dans leur ouvrage « *The Natures of Maps* »[140]. De nombreuses cartes de végétation utilisent le même principe, ne serait-ce que dans le choix des teintes utilisées (cf. figure n°116, page suivante).

139. Cf. la norme ISO 17:1973, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=3602
140. [Wood, 2008], présenté par ailleurs dans [Wood, Fels, 2008].

figure n°116 : Carte de l'Australie, National Geographic, février 1979.

Le design graphique est par ailleurs soumis à des effets de mode, de style, un artiste ou un groupe créant un style particulier qui connaît un engouement puis est réutilisé par d'autres. Le design graphique, en tant qu'art appliqué, a aussi fortement été influencé par les styles successifs (art nouveau, arts déco., moderne, international, etc.). Le style « organique » ou « naturel » a connu récemment une certaine vogue, caractérisé en particulier par l'utilisation de formes courbes rappelant les plantes, comme dans l'art nouveau.

L'évaluation ou la mesure des propriétés esthétiques d'ordre, de complexité, de structure visuelle est forcément difficile, étant donné l'intrication et la profondeur des propriétés formelles mises en jeu. Cependant, comme on l'a vu dans un chapitre précédent (cf. *supra*, § 1.6), il existe aujourd'hui des méthodes holistiques d'évaluation de la complexité visuelle d'une image, basées sur une modélisation de la perception visuelle. Ces méthodes qui proposent une estimation de la saillance visuelle des images sont donc intéressantes à tester sur des images cartographiques, ce qui sera tenté au chapitre huit, partie suivante.

6.2.2.5. Rythme, variation régulière

L'impression d'ordre, de structure, est elle-même la base d'une autre propriété intentionnelle visuelle : celle de variation régulière, donc de rythme. Le système perceptif est capable de repérer un rythme visuel de manière rapide et fiable, par exemple dans le cas d'une texture ou d'un mouvement. Le design graphique considère que la présence d'un

rythme dans la composition d'une image constitue une source à la fois d'organisation (donc de structure et de lisibilité), mais aussi d'harmonie. La découverte ou la reconnaissance d'une règle de variation, même implicite, est gratifiante (cf. *supra.*, ch. 2 sur le rôle de la reconnaissance dans la rhétorique sémiotique et ch. 3 dans le sentiment de plaisir esthétique).

Le rythme se manifeste graphiquement par la disposition des éléments dans la composition, mais aussi plus subtilement par des régularités dans d'autres propriétés visuelles, par exemple dans la couleur. De nombreux graphistes proposent en effet des méthodes pour harmoniser les couleurs basées sur le rythme, appliqué sur les composantes constitutives des couleurs : teinte, luminosité et saturation[141]. Le rapprochement avec la composition musicale devient alors plus évident, par exemple en comparant une gamme de notes et une gamme de teintes. C'est ce lien qui constitue la source de la méthode de Denman Ross, cf. [Ross, 1907].

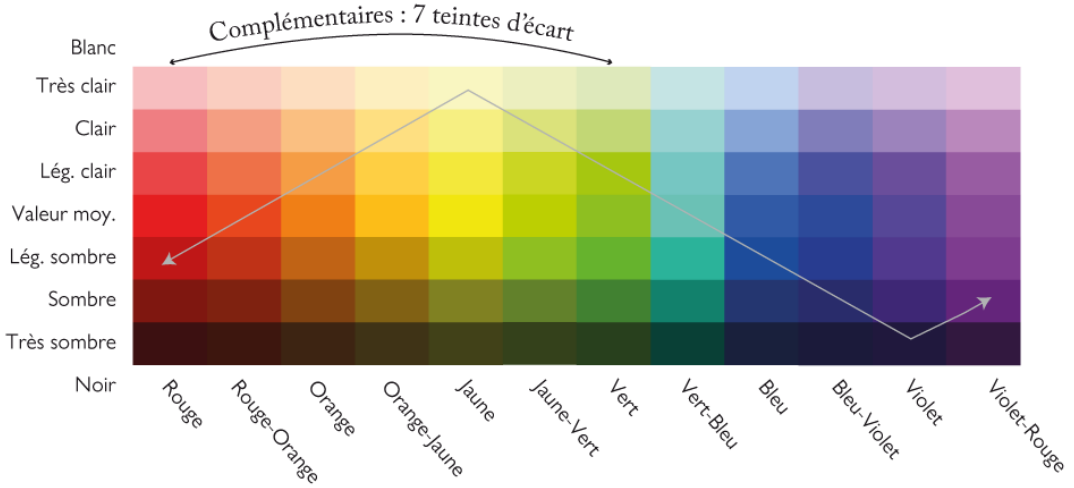


figure n°117 : Gammes colorées selon [Ross, 1907].

D. Ross propose d'utiliser une gamme de sept valeurs de teinte et de sept valeurs de luminosité/densité, ce qui forme le tableau de la figure n°117, ci-dessus. Les combinaisons harmonieuses sont caractérisées par des trajets linéaires à l'intérieur du tableau, selon un certain rythme de déplacement. Le résultat de ces travaux donne des dégradés dont les variations sont logiquement ordonnées, cf. figure n°118, page suivante.

141. Pour utiliser la décomposition colorée la plus courante en graphisme, mais il en existe d'autres, adaptées à des emplois différents comme celle utilisant les composantes rouge, vert, bleu plutôt destinée au réglage des dispositifs de reproduction lumineuse.

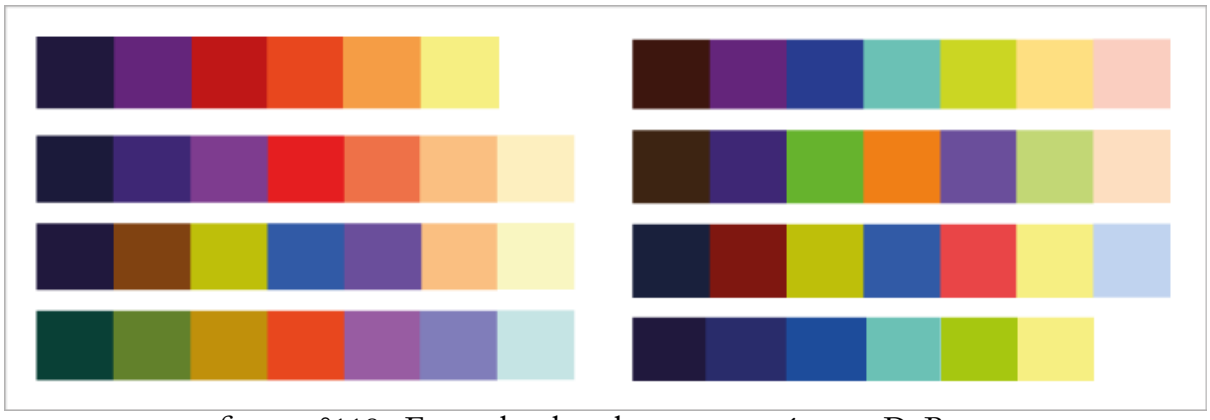


figure n°118 : Exemples de palettes proposées par D. Ross.

Cette approche du rythme se basant sur des propriétés formelles mesurables, on peut retenir l'idée d'une méthode de mesure ou plus simplement d'identification des rythmes graphiques dans une image. Le domaine de la couleur semble le plus approprié à ce type d'analyse, et on peut imaginer une technique permettant de mesurer les surfaces occupées par les couleurs principales utilisées dans l'image et les relations qu'entretiennent ces couleurs, sur le cercle chromatique. Cette piste sera approfondie au chapitre neuf, troisième partie.

6.2.2.6. Profondeur, plans, volume

Le signe plastique de la profondeur, l'impression de volume dans la composition d'une image plane, est un indice visuel intéressant pour renforcer la structuration, l'organisation, dans l'image. Longtemps mise en œuvre par les peintres par l'utilisation de plans horizontaux de luminosité différente, l'invention de la perspective a permis de mieux figurer le volume. André Lhote (cf *supra.*, §5.3.5) indique qu'il s'agit là d'un moyen intéressant pour à la fois représenter un large paysage, mais aussi pour guider l'œil du spectateur, en ménageant des « passages » entre les plans, c'est-à-dire des zones de luminosité et de texture intermédiaire qui guident le regard. Cette technique a été minutieusement développée dans l'art pictural chinois ancien (cf. la figure n°119 ci-après, présentée notamment par Alain Jaubert dans la série *Palettes*, cf. [Jaubert, 2000]).

figure n°119 : Shitao, « Les monts Jingting en automne »,
1671, encre sur papier, musée Guimet, Paris.

Ce principe de composition a été utilisé pour certaines cartes peintes anciennes (cf. figure n°120, page suivante), à mi-chemin entre l'œuvre picturale et la carte descriptive. Plus récemment, on retrouve cette façon de présenter une carte et un paysage urbain dans les cartes dites « panoramiques » de villes, qui ont connu un certain succès à la fin du dix-neuvième siècle aux États-Unis et au Canada[142].

142. La Bibliothèque du Congrès des Etats-Unis propose en ligne une rétrospective à l'adresse : http://memory.loc.gov/ammem/pmhtml/panhome.html (visité le 2 sept 2012).

figure n°120 : Carte du village de San Andrés Chalchicomula, Mexique, par Luis Priego, 1764[143].

Certes, en peinture, la continuité de la couverture de la surface de l'image nécessite des moyens de représentation du relief et de structuration visuelle complexes, lorsque le sujet est figuratif, mimétique de la réalité. Dans le cas de la peinture abstraite et des arts graphiques, d'autres moyens de représentation, d'autres formes graphiques, sont mobilisables. On peut réutiliser l'idée des plans horizontaux de luminosité, mais cette fois-ci en les superposant pour créer une impression de profondeur. L'utilisation de l'effet dynamique des teintes promu par W. Kandinsky[144] permet de plus d'ajouter une impression de mouvement. Dans le cas des cartes choroplèthes, où la couleur porte l'information, l'impression de profondeur va pouvoir ainsi renforcer l'effet différenciateur de la teinte[145].

143. Tiré de [Black, 2004], p. 75.
144. Les teintes froides s'éloignent et se concentrent, les teintes chaudes se rapprochent et s'étendent, cf. *supra.*, §7.2.4.
145. Attention cependant à préserver l'association entre valeur de couleur et quantité dans un dégradé, ainsi qu'à l'effet visuel de la couleur de fond de l'image, cf. [McGranaghan, 1989]

Cette superposition de plans de luminosité contrastée est la plus effective lorsqu'un plan clair domine un plan sombre, ce dernier étant alors interprété comme son ombre. On respecte ainsi la façon dont des documents superposés apparaissent en réalité, la lumière venant les éclairer par le dessus. Cette technique est largement utilisée en graphisme et les cartographes ne s'en sont pas privés, notamment pour distinguer le fond de carte du reste du document, mais aussi pour hiérarchiser l'information sur le plan de la profondeur (cf. la figure n°121, ci-dessous). Dans le cas de la représentation du relief d'un territoire, l'utilisation d'un faux relief graphique doit être envisagée avec précaution, pour ne pas perturber la lecture, notamment en alignant bien les sources lumineuses et en évitant trop de superpositions d'ombres.

Figure 1. L'espace des pôles de compétitivité : entre territoires et réseaux

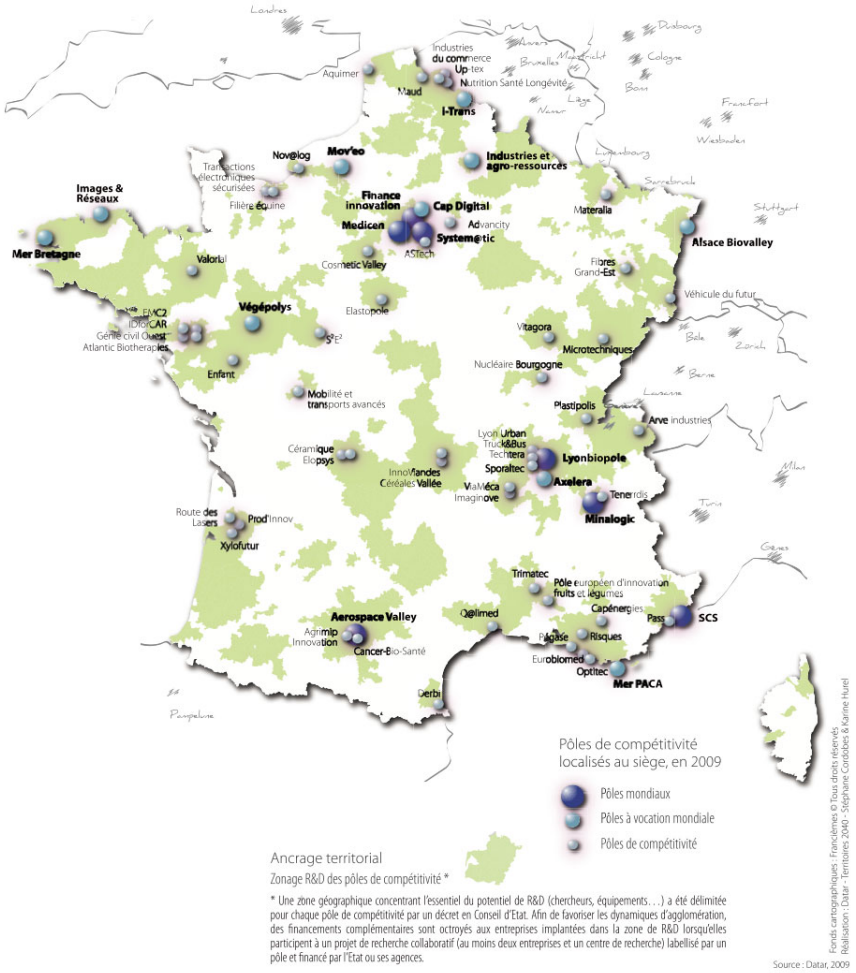


figure n°121 : Exemple d'utilisation de l'impression de profondeur.
Tiré de « *Territoires 2040* », n°1, 2011, S. Cordobes et K. Hurel.

Dans la carte de la figure n°121 ci-dessus, plusieurs techniques graphiques ont été utilisées pour favoriser la hiérarchisation visuelle de l'information. La profondeur est mise en œuvre par la surélévation du territoire français métropolitain (ombre), mais aussi par l'utilisation de symboles en relief, des sphères, elles aussi ombrées. Plus subtilement, des traits qui donnent l'impression d'un tracé manuel au crayon gris ont été utilisés pour représenter les

frontières ainsi que la localisation et les noms des grandes villes des pays limitrophes. Cette technique permet de compléter l'effet de profondeur en constituant une sorte de fond de qualité (finition, netteté), d'importance moindre. Enfin les noms des « pôles de compétitivité » sont libellés en utilisant des fontes variées d'une police de caractères : d'extra-gras à mince.

Le principe d'organisation de la profondeur dans une image à l'aide de plans de luminosité contrastée juxtaposés ou superposés (évoqué par A. Lhote) constitue une piste d'analyse d'image possible, par exemple en discrétisant l'image en régions de même luminosité.

6.2.2.7. Des propriétés esthétiques comme indices de la motivation de l'auteur

Pour conclure cette revue synthétique des propriétés esthétiques décrites par le design graphique par des expressions un peu plus abstraites, plus détachées des propriétés matérielles sur lesquelles elles peuvent survenir, il faut maintenant s'intéresser aux signifiés qui peuvent être interprétés comme l'expression d'une motivation spécifique des auteurs des images cartographiques.

Les propriétés esthétiques décrites dans les paragraphes précédents peuvent en effet être interprétées à leur tour en tant qu'indices d'un objectif de l'auteur de la carte. La carte est alors considérée comme un artefact, la réalisation volontaire d'un auteur guidé par une intention. On peut soumettre cette réalisation à une analyse critique qui permettrait de déterminer ces motivations et d'en tenir compte lors de la lecture des informations présentées par la carte et leur interprétation (Cette idée correspond au paradigme de la carte comme discours, cf. annexe n°1).

Ainsi, une image exprimant une forte tension, dans une structure visuelle simple, avec un choix de formes et de teintes dynamiques dégageant une impression d'urgence pourra mener à s'interroger sur la motivation de l'auteur : informer, prévenir, sensibiliser ? La situation réelle est-elle représentée fidèlement ou de façon exagérée ? Une telle carte pourra être qualifiée de franche, directe et éloquente. Le questionnement des sources, la méfiance face à une potentielle manipulation des images, devenue courante dans les médias, peut provoquer ce type d'interrogations.

Les cartes de la figure n°122 ci-après montrent un net renforcement de cette impression d'urgence par un changement de la gamme de couleurs utilisée, qui semble en partie justifié par une dégradation de la situation sur le terrain. Ces deux cartes été diffusées telles quelles par le Bureau des Nations Unies pour la Coordination des Affaires Humanitaires sur son site Internet[146], à une semaine d'intervalle en juillet 2011.

146. https://www.un.org/fr/mainbodies/secretariat/ocha.shtml

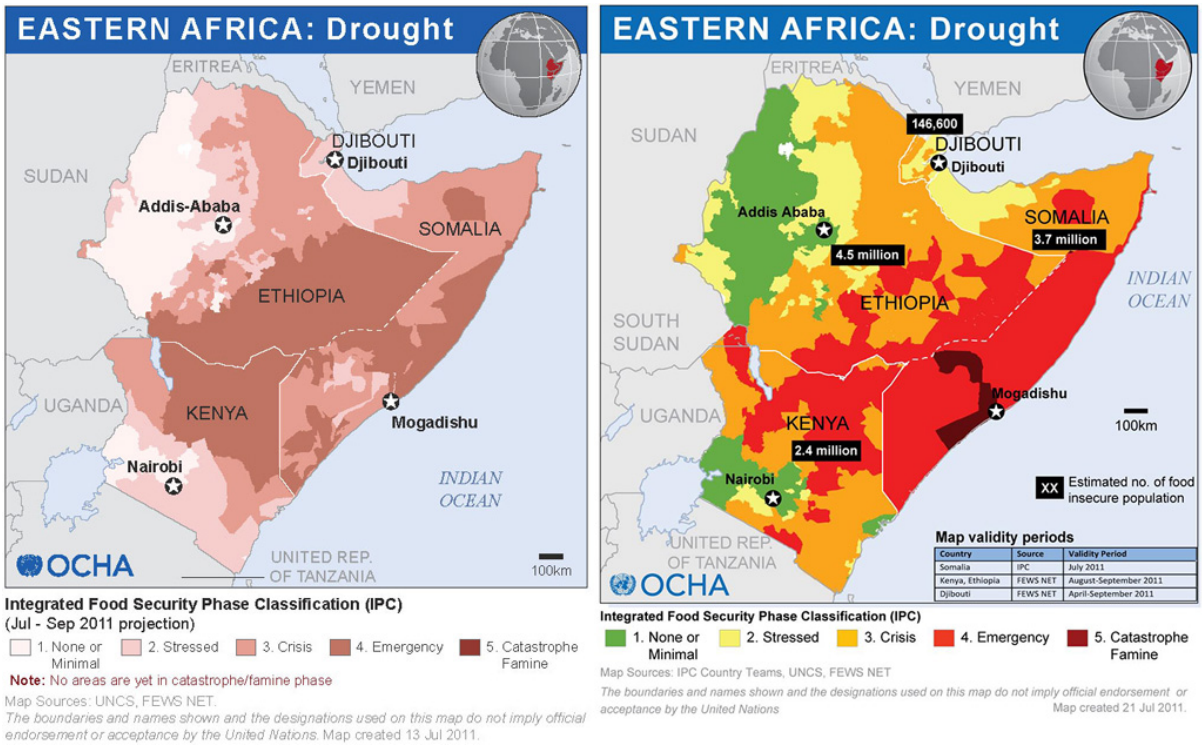


figure n°122 : Carte des conséquences de la sécheresse sur la famine dans les pays de la Corne de l'Afrique, site Internet de l'OCHA, 13 et 21 juillet 2011.

À l'inverse, une carte plus équilibrée, exprimant moins de tension, aux formes plus intégrées, moins contrastées, sera donc potentiellement perçue comme plus calme, moins engagée, moins passionnée.

D'autres propriétés esthétiques complexes peuvent exprimer le niveau de sérieux et d'expérience de leur auteur. On rejoint ici les propriétés qualitatives, appréciatives, qui ont cours dans le domaine de l'art. Le lecteur quelque peu habitué aux cartes va rapidement identifier les auteurs amateurs qui se trahissent par des petits défauts (alignement, équilibre, mise en page standardisée ou plate, etc.). Le cartographe professionnel, à l'inverse, tend à avoir une production graphique beaucoup plus lisse, au sens où rien n'accroche le regard sinon l'information à transmettre, tout en ajoutant, souvent, sa « patte », son style, qui permet de le reconnaître (parfois dans les petits détails comme la forme de la rose des vents, le choix des polices de caractères, de la généralisation du fond de carte, etc.).

6.3. Synthèse des apports du design graphique

Au titre de synthèse pratique, on peut regrouper sous forme de schéma les signes plastiques principaux relevés en *design* graphique et les propriétés esthétiques dont ils permettent la survenance, par le biais de propriétés intentionnelles. Les différents types de signifiants (propriétés formelles) ont été regroupés, des propriétés simples des éléments graphique à celles de la composition.

Étant donné le caractère progressivement plus subjectif et abstrait de cette survenance de propriétés (« élargissement » de la base de survenance, cf. *supra.*, §3.1.3), on a présenté dans ces schémas des propriétés assez générales, organisées en figurant les deux aspects opposés des gradients des propriétés formelles (par exemple déséquilibré / équilibré) ainsi que les deux valeurs correspondantes des propriétés esthétiques (positif et négatif). Ces dernières sont de plusieurs types : évaluatives (éloquent / discret), affectives (agréable / désagréable), classificatoires (amateur / professionnel). Il manque cependant le type catégoriel, car il faudrait caractériser plus finement les caractéristiques formelles pour obtenir une reconnaissance de styles de graphisme (arts déco, modernisme, etc.), ce qui dépasse le cadre du présent travail.

On retrouve parfois une propriété dans les deux aspects formel et intentionnel, par exemple la complexité, car il s'agit dans le premier cas d'une caractéristique concrète, réelle (nombre de formes différentes), et dans le second cas d'une idée, d'un concept, (difficulté) qui en est issue.

Enfin on remarquera que les propriétés esthétiques liées à la motivation de l'auteur de l'image ont été intégrées dans chacun des schémas plutôt que de les présenter à part, pour limiter les redondances.

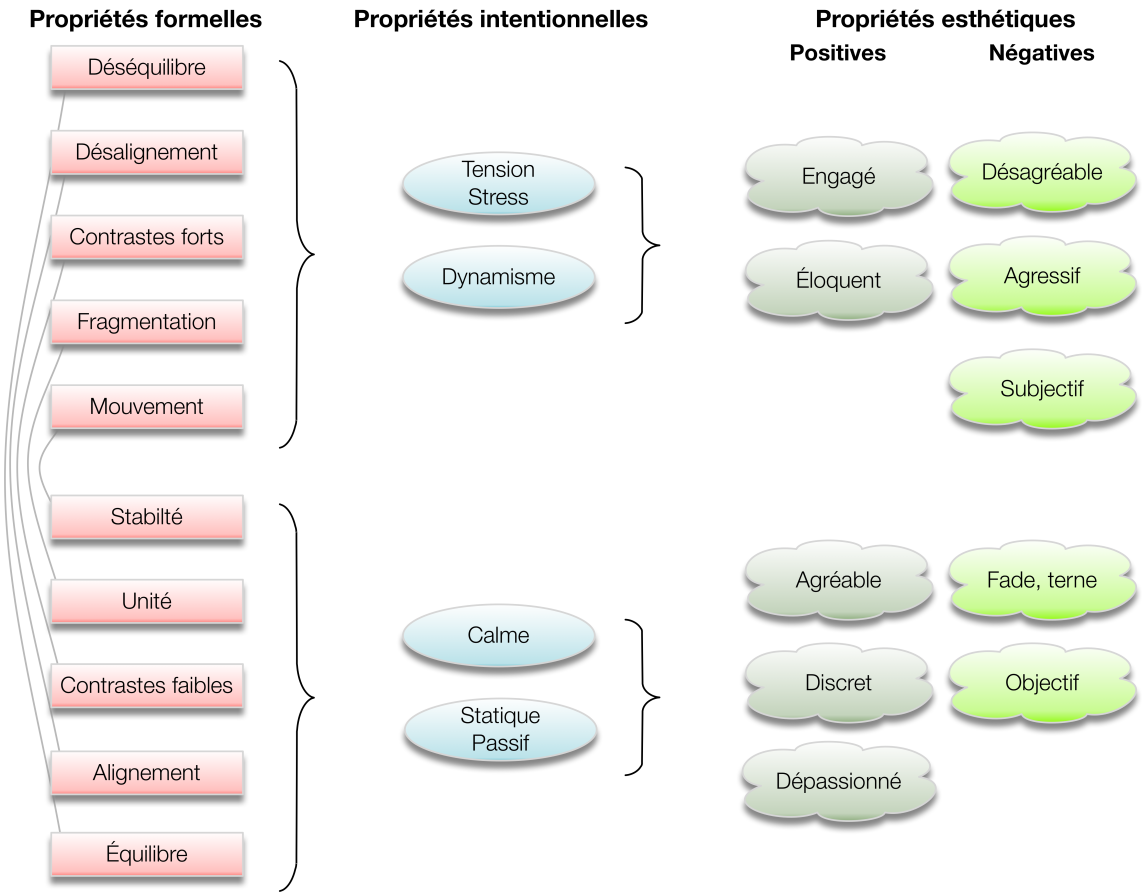


figure n°123 : **La tension**, **l'équilibre**, **l'unité**,
des signes plastiques aux propriétés esthétiques.

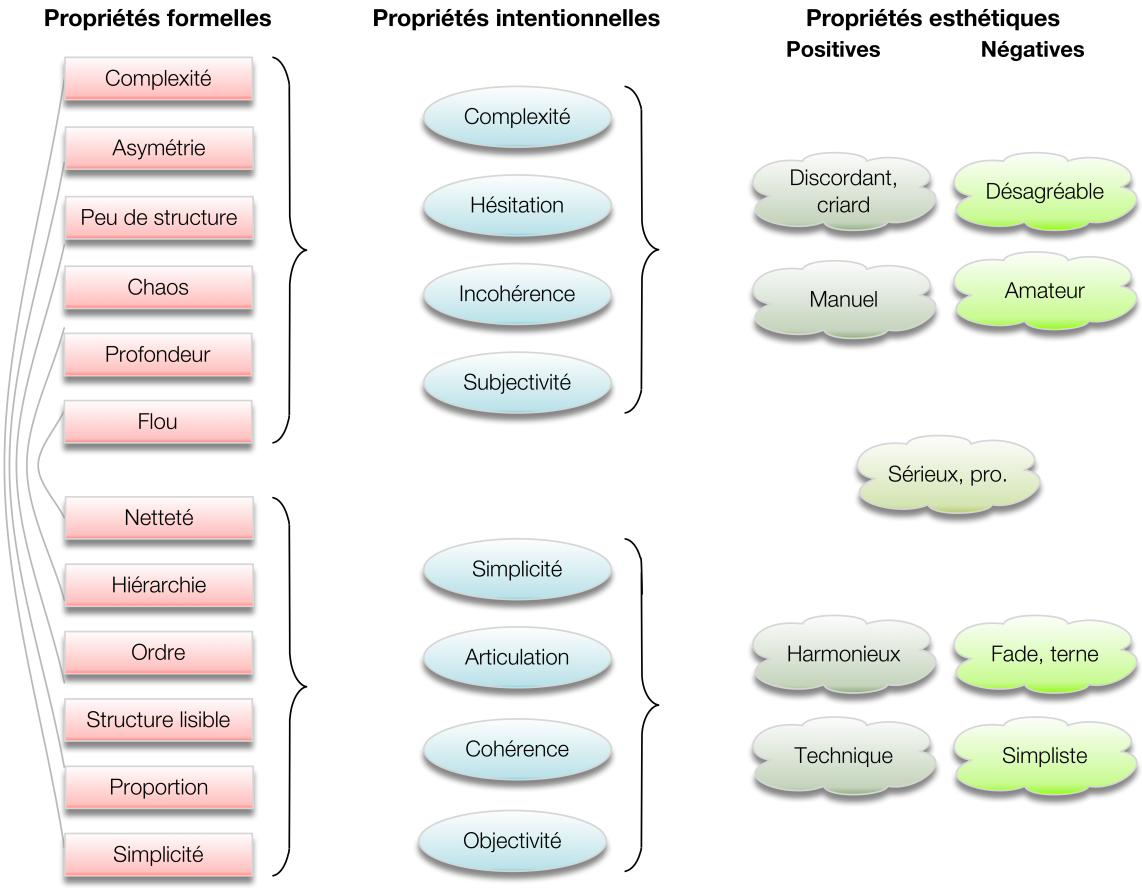


figure n°124 : **La complexité** et **l'ordre**, des signes plastiques aux propriétés esthétiques.

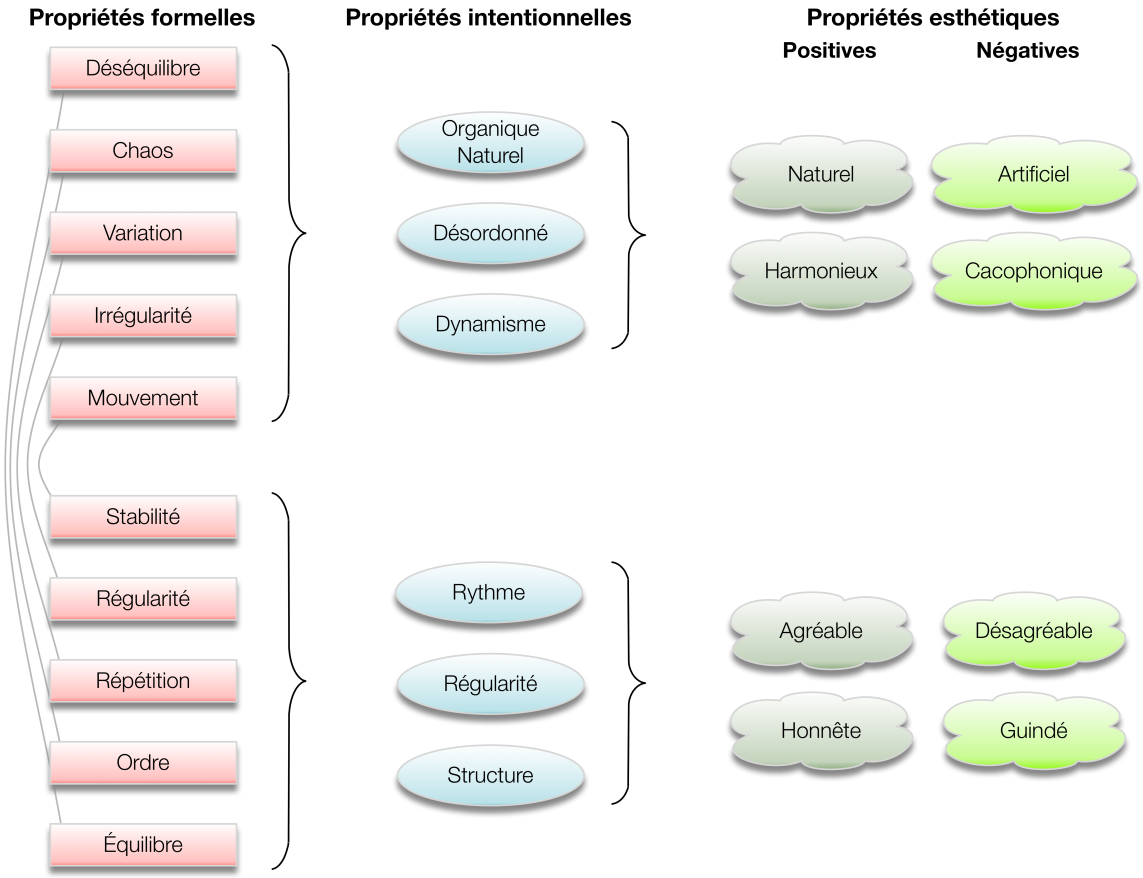


figure n°125 : Le **rythme**, des signes plastiques aux propriétés esthétiques.

Le *design* graphique est une discipline dont l'objectif correspond assez bien à celui du géographe qui élabore une carte thématique : exprimer graphiquement un contenu en information de manière claire et agréable en intervenant à la fois sur les expressions iconiques et plastiques des formes graphiques. On a ainsi pu établir une synthèse d'apports du *design* graphique, selon notre approche guidée par l'analyse de la survenance des propriétés esthétiques, en relevant d'une part les relations avec les contributions des chapitres précédents et d'autre part des pistes pour une évaluation, une estimation de la présence et du fonctionnement de ces signes plastiques, à l'aide d'outils pratiques.

R. Arnheim, à la fin de son dernier ouvrage consacré à la composition, propose une synthèse qui nous paraît remarquable :

> « What is the purpose of composition ? What is the justification of calling it indispensable ? The general assumption would seem to be that composition serves to produce a well-organized whole for the purpose of creating a pleasantly harmonious order ; and certainly order is necessary to make an artistic statement readable. Order, however, is only a means to an end. By making the arrangement of shapes, colors, and movements clear-cut, unambiguous, complete and concentrated on the

essentials, it organizes the form to fit the content. It is, first of all, the content to which composition refers. » R. Arnheim, [Arnheim, 1988], *op. cit.*, p. 223[147].

Pour résumer ce que l'approche du design graphique conclut à propos de la composition, on peut dire qu'une composition harmonieuse se base idéalement sur une structure visuelle et conceptuelle claire (donc lisible), organisant des éléments généreux, foisonnants, vivants, dynamiques, pour une expression riche.

On le voit, nous sommes loin de l'idée émise par certains auteurs selon laquelle l'aspect esthétique plaisant d'une carte serait une conséquence directe et automatique d'une obéissance rigoureuse aux règles méthodologiques classiques. Au contraire, une composition efficace du point de vue esthétique se doit d'encourager l'expression d'idées parallèles et cohérentes avec celles du contenu du message de la carte. C'est un objectif qui se prépare, se conçoit avec une méthodologie à part entière qu'il faut articuler avec celle de la représentation cartographique. Les injonctions de simplicité et de rigueur que l'on retrouve dans nombre de manuels[148] ne sont pas forcément des formes de composition suffisantes pour la transmission effective de l'information.

147. « Quel est le but de la composition ? Pourquoi considérer la composition comme une réflexion indispensable ? De l'avis général, la composition vise à produire un ensemble bien organisé dans le but de créer un ordre d'une harmonie plaisante ; et l'ordre est certainement nécessaire pour qu'une démarche ou une expression artistique soit lisible. L'ordre, cependant, est un moyen pour une fin. En rendant l'arrangement des formes, couleurs et mouvements clair, univoque, complet et concentré sur l'essentiel, l'ordre organise la forme pour l'accorder au contenu. C'est, avant tout, au contenu que la composition s'intéresse. » (traduction libre).
148. Cf. introduction générale.

Conclusion de la deuxième partie : découverte de propriétés esthétiques

Cette deuxième partie avait comme objectif d'examiner comment trois points de vue disciplinaires complémentaires ont entrepris la description et analysé l'application des propriétés esthétiques des images (cf. le schéma synthétique de la figure n°126).

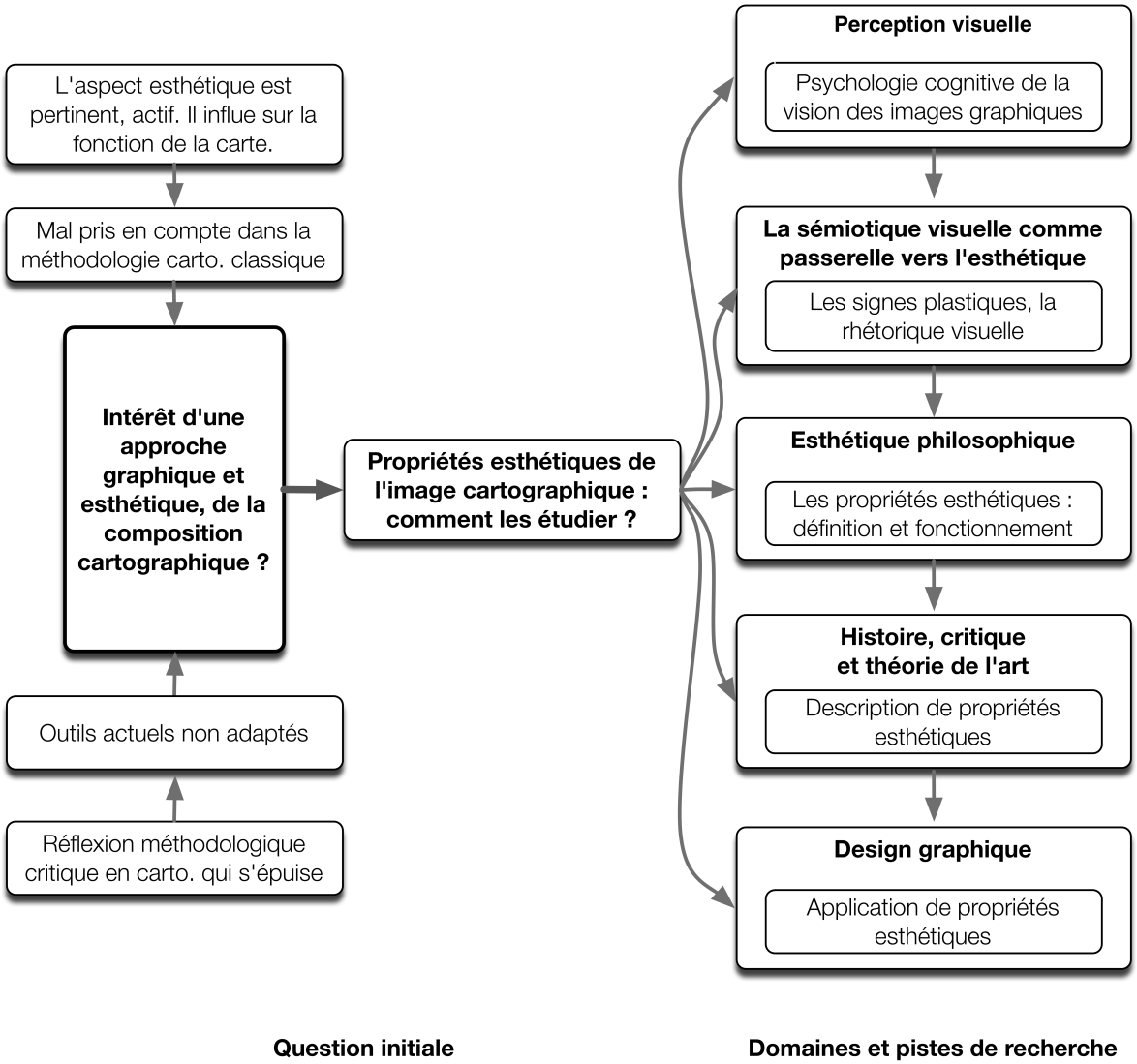


figure n°126 : Les domaines de recherche mis en œuvre pour répondre à la problématique.

La description des œuvres d'art est l'une des pratiques centrales en histoire de l'art et en critique, disciplines qui ont pu apporter des méthodes utiles pour l'approche qui nous intéressait plus particulièrement, basée sur la description formelle et la composition. Dans ce domaine, deux méthodes iconographiques ont été détaillées. Celle mise au point par H. Wölfflin propose une série de catégories qui guident la description de l'aspect de l'image à l'aide de différentes caractéristiques formelles (plus ou moins simples à repérer). Ces catégories classifient l'œuvre selon des critères de *style*, en établissant une relation entre

des formes graphiques, leur composition et une série de propriétés intentionnelles puis esthétiques. Si les styles étudiés par H. Wölfflin sont très éloignés de la cartographie thématique moderne, la méthode utilisée et la description de la composition des formes graphiques sont naturellement applicables au domaine de la cartographie.

L'iconographie élaborée par M. Raphaël apporte une méthode pratique plus détaillée de recherche des sens exprimés par les formes graphiques, à la base de propriétés esthétiques. On a ainsi pu relever une nouvelle façon de questionner l'image cartographique, pour y repérer à la fois des signes nouveaux (notamment de composition), mais aussi des choix de l'auteur liés à ses motivations, comme on a pu l'expérimenter sur un exemple.

Cette partie a donc pu vérifier la possibilité de la mise en œuvre de l'approche sémiotico-esthétique élaborée dans la partie précédente pour repérer des signes plastiques actifs, c'est-à-dire des propriétés graphiques et de la composition qui expriment du sens esthétique. Ce résultat permettait de poursuivre en s'intéressant plus particulièrement à cette affectation plus ou moins directe de propriétés esthétiques à des formes graphiques et à leur composition, en allant examiner ce qu'ont pu en dire certains artistes eux-mêmes. En effet, on a pu voir qu'une certaine forme d'art pictural s'est précisément intéressée à la capacité qu'ont des formes simples d'exprimer du sens à partir de leurs qualités plastiques seules : l'art abstrait. Dans ce domaine artistique, le rôle expressif de la forme est tellement central que les artistes ont ressenti le besoin de justifier et de conforter leur démarche par une réflexion théorique conséquente et un effort de pédagogie. Les écrits de certains de ces artistes comprennent une série de descriptions du fonctionnement de signes plastiques implicites, que l'on a tenté d'organiser sous une forme synthétique adaptée à nos besoins. En parallèle à cette synthèse, on a relevé certains principes pouvant faire l'objet d'une mise en pratique (analytique et pédagogique) sur des images cartographiques.

Pour compléter cette approche et nous rapprocher de la cartographie par l'étude d'une application pratique des principes artistiques, nous nous sommes intéressés au domaine du design graphique. Le design graphique propose en effet différentes méthodes et résultats concernant l'expression de propriétés esthétiques à partir des caractéristiques formelles des images. La prise en compte de ce domaine au travers du concept de signe plastique a permis d'organiser et de synthétiser différents apports complémentaires. On obtient ainsi une manière pratique de relier des caractéristiques formelles simples à des qualifications esthétiques potentielles, qui viennent compléter ce que l'on a pu relever dans le chapitre précédent dans l'art abstrait. Ce cheminement par le design graphique a aussi permis de conforter une idée qui avait été émise dès le deuxième chapitre à propos de la nécessité d'une certaine organisation de la composition graphique d'une image, à la fois du point de vue perceptif pour faciliter les premières étapes de la perception de cette image, mais aussi ensuite dans l'interprétation des signes qu'elle présente et pour la facilitation de la survenance de propriétés esthétiques positives.

La partie suivante se préoccupe de tester la mise en application de certains principes découverts au cours de ce travail, notamment par le biais d'instruments de visualisation produisant un résultat simple à interpréter.

Troisième partie :
Des pistes de mise en pratique

Introduction

Au cours de la deuxième partie, on a pu relever une articulation générale des propriétés esthétiques avec certaines caractéristiques plastiques et compositionnelles des images, ainsi que des pistes pour leur évaluation concrète. La présente partie présentera tout d'abord une synthèse de ces idées, en les accompagnant d'une première série de propositions concrètes d'application en cartographie thématique. On trouvera ensuite une mise en pratique de certaines de ces pistes afin de permettre leur estimation et, le cas échéant, leur validation dans un contexte méthodologique et pédagogique. L'objectif est en effet de faire progresser la démarche engagée en identifiant des possibilités de développement de méthodes et d'outils pratiques pour l'évaluation de propriétés esthétiques dans une image cartographique. Cette évaluation est supposée être utile pour le géographe enseignant et chercheur réalisant ou évaluant une carte thématique, mais aussi pour l'étudiant souhaitant approfondir ses connaissances et compétences.

Chapitre 7

Synthèse et propositions : Des pistes pour améliorer l'efficacité des cartes thématiques

L'objet du présent chapitre est de poursuivre logiquement les développements des parties précédentes par la recherche d'applications fonctionnelles. Ce chapitre s'organisera en deux parties. Tout d'abord, on trouvera une synthèse pratique des idées intéressant la méthodologie de la cartographie thématique, idées issues des domaines explorés dans les chapitres un à quatre : perception visuelle, sémiotique et esthétique. Cette synthèse s'accompagnera dans une seconde partie d'une série de propositions coordonnées (identifiées par des triangles) tirée des enseignements des chapitres cinq et six (art abstrait, conception graphique), pour participer à l'extension de la méthodologie et des outils de la cartographie thématique de façon concrète. Ces propositions étant assez concrètes, elles ont pu faire l'objet d'une première tentative d'évaluation au travers d'une enquête, dont les résultats seront présentés[1].

7.1. Enseignements de la perception visuelle

L'idée centrale du premier chapitre est que la perception visuelle des images n'est ni instantanée, ni parfaite. Elle met en œuvre des processus perceptifs et cognitifs complexes et progressifs. Ces processus sont de mieux en mieux connus et présentent des configurations préférentielles. En conséquence, certains types de formes graphiques et de compositions de celles-ci sont plus facilement lisibles que d'autres. Pour proposer une conception graphique efficace, il est donc intéressant de tenir compte de ces processus, tout en étant conscient de leurs limites.

C'est la composition générale de la carte qui va être perçue en premier lieu. C'est elle qui va organiser la découverte *progressive* des éléments de l'image en guidant l'attention et en établissant des relations cognitives signifiantes qui expriment des informations géographiques. La perception visuelle est le résultat de deux modes d'organisation des structures modulaires du cerveau : un parcours ascendant, caractérisé par une abstraction croissante de l'information, des capteurs à l'idée, ainsi qu'un parcours descendant qui correspond au réglage progressif des composants de la perception selon les objectifs en cours, par un contrôle de l'attention.

7.1.1. La vision se base sur une série de déplacements de l'attention

La rétine n'offre une vision nette que sur une très faible surface, il faut donc de nombreux déplacements de l'attention, de la focalisation visuelle, pour constituer une information visuelle utile. La majorité de ces focalisations est réalisée inconsciemment. Ces

1. L'enquête est présentée à l'annexe n°3.

déplacements correspondent à un mouvement des capteurs, les yeux, et à leur focalisation sur des points variés de la scène visuelle. Ces focalisations se produisent dans un ordre et selon des durées qui sont fonction de facteurs *construits cognitivement* à la fois à partir des informations perçues lors des fixations précédentes et d'un *modèle prédictif* de ce que la scène contient. Ce modèle est alimenté par l'expérience et la capacité à imaginer, avec une intervention plus ou moins importante de la fixation d'objectifs conscients à l'acte de percevoir (recherches d'objets ou contextes d'action spécifiques comme une première lecture, la sélection d'un composant de légende, d'un thème particulier). Le parcours de l'attention dans l'image correspond au parcours descendant évoqué plus haut, c'est-à-dire à un contrôle des capacités de perception exercé par les fonctions cognitives supérieures sur les éléments plus simples du système perceptif comme les capteurs (la rétine) et les détecteurs (groupes de neurones spécialisés). Ce contrôle consiste entre autres en un filtrage des stimulus considérés comme intéressants pour la suite du traitement de la scène.

On peut mettre en avant deux conséquences de ce fonctionnement :

- la découverte d'une image est progressive, à partir d'une impression générale qui permet de définir un parcours de visualisation suivant des points focaux spécifiques sur des éléments graphiques considérés comme intéressants.
- la détermination des formes graphiques (et leurs combinaisons) qui attirent l'attention peut permettre de modéliser l'attention visuelle probable de la perception d'une image.

Du premier point on déduit que l'impression initiale va guider la découverte d'une image (surtout si elle est nouvelle, originale). Cette première impression est directement influencée par la composition générale de l'image, la répartition des éléments perceptibles les plus saillants. Ainsi, si la composition globale de l'image permet l'identification approximative de son contenu, ou, à défaut, sa catégorisation dans une typologie établie par l'expérience (poster, affiche, carte…), même de loin, floue et de petite taille (ou lors d'une observation rapide), l'attention du lecteur aura de bonnes chances d'être stimulée et une lecture complète de l'image sera plus fréquente. En poursuivant cette logique, la lecture d'une image sera d'autant plus facilitée qu'elle sera *guidée visuellement* par une structure graphique évidente, qui évite au lecteur de chercher l'information et de passer du temps à identifier sa hiérarchie.

Pour rendre plus facilement lisible une image, on retiendra donc les principes suivants :

- ➢ L'image, vue de loin ou très rapidement, doit donner une idée de son contenu, en ressemblant à un type courant, déjà rencontré, d'images de même nature. Il est possible d'évaluer cette capacité en réduisant artificiellement l'image pour simuler une vision de loin.
- ➢ En s'en rapprochant et en ayant plus de temps à consacrer à l'image, on doit pouvoir découvrir progressivement les structures plus fines, secondaires, de l'information contenue et surtout l'ordre dans lequel les parcourir pour les acquérir correctement, efficacement. L'image doit montrer (graphiquement, du point de vue de la forme) qu'elle possède une organisation, une structure lisible.

Du second point on peut tirer une relation avec les développements existant en modélisation informatique des processus de la perception visuelle. Ces développements[2] permettent aujourd'hui de modéliser assez précisément l'attention visuelle[3] d'un sujet humain lisant une image.

- ➢ Pour aider à évaluer la lisibilité d'une image, on peut établir sa « carte de saillance » à l'aide d'outils informatiques, c'est-à-dire une visualisation simplifiée de la répartition de l'attractivité visuelle dans l'image. Cette information permet de mesurer l'adéquation des moyens de représentation graphique.

7.1.2. La vision se base sur une série de détecteurs spécialisés

Des groupes de neurones sont spécialisés dans la détection de certaines caractéristiques visuelles spécifiques, ces dernières sont donc plus facilement et rapidement perçues. Leur identification a été progressivement réalisée par diverses expériences. Les formes graphiques qui utilisent des variables visuelles correspondant à ces détecteurs sont donc potentiellement très performantes (efficacement perçues donc lisibles, exprimant une information facilement), mais également très rapidement perturbées. Il faut donc aussi tenir compte de la rapide détérioration de cette détection en fonction de la complexité de la scène visuelle globale et de la perturbation potentielle de ces détecteurs.

Ces détecteurs s'organisent hiérarchiquement dans le parcours dit ascendant de la perception, allant du capteur (la rétine) au néocortex (la conscience, les idées). La détection des nuances de couleur (et des variations de luminosité associées) n'est pas identique pour toutes les teintes, car la rétine ne comporte pas le même nombre de détecteurs pour chaque teinte primaire (rouge, vert, bleu), le bleu étant largement sous-représenté. Plus loin dans ce parcours, des gradients sont établis entre teintes.

- ➢ On percevra bien mieux les dégradés de valeur (saturation / luminosité) dans la gamme de teintes rouge-jaune-vert que dans celle des bleus.
- ➢ Cette perception fine des variations de valeur est assez souvent perturbée par des déficiences visuelles (daltonisme) plus courantes qu'il n'y paraît, il faut donc utiliser des teintes adaptées.
- ➢ La luminosité est facilement confondue avec la quantité de couleur jaune, et l'ombre avec des bleus, plutôt mal perçus.
- ➢ Les dégradés utilisant les rouges et les verts seront plus faciles à décomposer en teintes de valeurs intermédiaires perceptibles, notre sensibilité visuelle est meilleure dans ces teintes. Cela explique la plus grande lisibilité des cartes choroplèthes utilisant ce dégradé de teintes en camaïeux.
- ➢ Pour mettre en évidence une partie de l'image, ou un type particulier de symbole, une couleur vive et lumineuse sera la plus performante (principe du surligneur fluorescent).

2. A l'origine issus de travaux de cybernétique dans le cadre de la création de robots autonomes dans leur environnement (vision artificielle).
3. Cf. notamment les travaux de L. Itti et J. Koch [Itti, Koch, 2001] adaptés au domaine des images cartographiques par S.I. Fabrikant et K. Goldsberry dans [Fabrikant, Goldsberry, 2005].

- ➢ La capacité à distinguer les couleurs est d'autant meilleure qu'on fera aussi jouer la luminosité, ainsi que la quantité de jaune d'un côté, de bleu de l'autre.
- ➢ Il est impossible de réaliser des dégradés et camaïeux qui soient à la fois clairement perceptibles et équilibrés en utilisant des écarts réguliers et identiques de teinte et de valeur.

A un niveau supérieur, on trouve les détecteurs de contours et de motifs, qui établissent le hiatus figure / fond et isolent les objets. C'est donc un moment important de la découverte de la structure de la composition d'une image.

- ➢ Une figure n'est isolable que si deux conditions sont réunies : l'image globale est assez hétérogène visuellement pour que l'on puisse y distinguer des différences (notamment de luminosité) et la figure y est circonscrite par un contour perceptible.
- ➢ La présence de contours est cependant très souvent rendue difficile à percevoir si de nombreux éléments graphiques fins peuvent être confondus avec des contours.
- ➢ Les détecteurs de motifs sont aussi utilisés pour apporter une information sur la profondeur dans l'image. Outre la perspective, de puissants moyens graphiques existent pour évoquer le relief, comme l'ombrage (et le jeu sur les contours dégradés), le masquage sélectif (une forme masquée est perçue comme « derrière » la forme masquante), l'utilisation de plages contrastées de couleurs (chromostéréoscopie), les indices visuels de distance (réduction de la netteté et de la densité des couleurs avec la profondeur).

La reconnaissance des formes détectées en objets est contrainte par la taille de la mémoire de travail, qui est rapide mais limitée (quatre objets environ). D'où l'importance d'une structuration claire des éléments de l'image pour que le lecteur sache se repérer aisément, même en n'accordant son attention qu'à une faible partie de la scène à la fois. Le point important ici est le concept d'assistances visuelles, formes ou organisation de formes qui vont d'une part rappeler la structure générale du document pour guider le parcours du lecteur et d'autre part rafraîchir régulièrement les objets importants dans la mémoire, renforcer leur expression et leur reconnaissance. Lorsque les éléments graphiques d'un document complexe sont à la fois clairement hiérarchisés et coordonnés, la compréhension est plus simple.

- ➢ Il est possible d'organiser la composition de formes / textures / couleurs pour assister la recherche visuelle dans une scène complexe, comme l'image formée par une carte thématique.
- ➢ De manière quelque peu contre-intuitive, ce n'est pas l'augmentation de la quantité de signes graphiques qui va renforcer la communication de l'information, mais bien sa simplification *structurelle*, qui permet une focalisation plus rapide. Le facteur explicatif est notre capacité limitée d'attention : trop de signes et la quantité d'information à traiter devient difficile à hiérarchiser et à parcourir de manière efficace.

7.1.3. De la perception à l'interprétation

La réflexion plus globale sur le fonctionnement de la perception visuelle est aujourd'hui mieux reliée à la problématique générale de la cognition des images, entre perception et mémoire, c'est-à-dire l'acquisition de sens et l'interprétation. Une manière intéressante (car fertile) de développer cette réflexion consiste à utiliser la notion de complexité : on peut ainsi progresser d'une complexité de perception, liée aux mécanismes sensitifs évoqués précédemment, à une complexité d'interprétation puis de compréhension de l'image. La complexité recouvre concrètement différentes réalités, de la complexité visuelle graphique (quantité d'information) à une complexité d'expression, de signification (facilité de repérage de signes et d'interprétation). On retrouve la problématique de la lecture des images cartographiques, elle offre de plus des moyens pratiques potentiels de mesure, d'évaluation, par exemple en observant l'adéquation entre le contenu exprimé et la saillance visuelle de l'image.

➢ Il est possible d'évaluer différentes formes de complexité de manière simple et pratique, en utilisant des algorithmes développés dans d'autres disciplines, notamment l'informatique graphique.

Cependant, en ce qui concerne l'évaluation de la complexité d'interprétation et l'efficacité de l'expression, les méthodes automatiques n'existent pas encore. L'analyse sémiotique offre des méthodes d'analyse et de description intéressantes.

7.2. Enseignements de la sémiotique

La psychologie cognitive nous guide en montrant que l'acquisition de sens s'effectue en faisant appel à la reconnaissance de formes connues et donc à la mémoire. La sémiotique a développé des modèles conceptuels avancés qui permettent notamment de réfléchir aux notions complexes d'élaboration de significations multiples, de rhétorique visuelle, d'interaction globale et de porter un regard plus objectif et plus complet sur le fonctionnement de la carte en tant qu'image.

On retiendra surtout l'idée que *l'aspect visuel lui-même peut porter une signification*, à plusieurs niveaux dans les différents groupes sémiotiques d'une carte, mais de façon moins directe que les sens codifiés explicites. Cette expression de sens, cette sémioticité de l'aspect visuel, correspond bien à ce qui constituerait une base pour réfléchir aux propriétés esthétiques d'une image cartographique : des sensations d'ordre esthétique exprimées par certaines caractéristiques formelles de la carte sont interprétées plus ou moins consciemment, explicitement et guident la lecture en exprimant des sens complémentaires.

Naturellement, ces interprétations ne sont pas absolues, entièrement prédéterminées et intrinsèques à la carte : c'est le lecteur qui les réalise, de façon plus ou moins consciente, selon son expérience propre, son objectif et le contexte de sa lecture. On retrouve ici le glissement de la communication directe à la stimulation d'interprétations progressives

évoquée par A. MacEachren[4]. Le fait que les interprétations soient multiples, progressives, voir dépendantes les unes des autres dans une succession de complexité ou d'abstraction croissante est important à noter car on a retrouvé ce fonctionnement en étages à propos des propriétés esthétiques ainsi que dans les méthodes iconographiques.

7.2.1. Réalité et importance du signe plastique

La sémiotique visuelle, telle que proposée par le Groupe µ, permet justement de dégager des règles générales de fonctionnement de la signification visuelle, en s'appuyant sur les acquis de la psychologie de la perception. Ces règles pourraient fournir des moyens intéressants pour déconstruire une image cartographique et analyser son fonctionnement sémiotique, en commençant par son aspect général.

- ➢ Le principe de la sémiose de l'aspect visuel est le suivant : il existe une autre catégorie de signes actifs (interprétés) qui ne sont pas iconiques (caractérisés par la ressemblance d'une partie des propriétés externes du référent dans le signifiant, figuratifs, pour utiliser un terme pictural), mais plutôt par une interprétation directe de certaines propriétés formelles du signifiant lui-même, on les appelle les signes *plastiques*.
- ➢ Il existe des formes visuelles qui expriment du sens par la simple sensation, détection de relations formelles. Ces rapports formels sont dans certains cas détectés très rapidement par notre système perceptif. J. Bertin a en grande partie basé ses *variables graphiques* sur ces signes plastiques.
- ➢ À cette classification des signes en iconiques et plastiques, il faut ajouter une distinction importante à l'intérieur du genre plastique, celle séparant les signes implicites (involontaires, inconscients, inopinés) des signes explicites (voulus, conçus), du point de vue du concepteur et du lecteur. En effet, puisque le signe plastique présente un signifiant non figuratif, il peut être présent dans une image, d'une part sans avoir été explicitement prévu par le concepteur et, d'autre part, sans que le lecteur s'en rende compte explicitement.
- ➢ La carte est une image. Elle présente donc potentiellement beaucoup de signes plastiques implicites, qui fonctionnent sur le plan de la connotation, ou deuxième sens. Toute utilisation de la couleur, par exemple, ouvre la voie à des interprétations secondaires liées à la puissance évocatrice des couleurs et de leurs combinaisons. De même, une texture peut renvoyer à des interprétations de granularité, de rythme ou de complexité, un type de tracé rappeler telle ou telle technique (crayon, stylo tubulaire calibré…). Enfin, au niveau de l'image globale, la composition de ces signes plastiques va former une impression générale de qualité ou style, de façon de faire et de cohérence avec une certaine « patte » graphique ou groupe de réalisations reconnaissable.
- ➢ L'idéal positiviste de la légende comme moyen unique et parfait d'interprétation de la carte est battu en brèche par la sémiotique plastique : on ne peut contrôler toutes les interprétations possibles, forcément subjectives, des signifiants graphiques d'une carte.

4. Cf. [MacEachren, 2005], ch. 4.

7.2.2. Rhétorique visuelle

Transposée dans le domaine visuel et graphique, la rhétorique peut utiliser le fonctionnement des signes visuels pour retrouver des moyens équivalents aux *figures de style* et à la *composition* du langage. Les principes ainsi dégagés pourront être directement utiles à l'amélioration de l'efficacité d'une composition visuelle cartographique.

L'originalité de cette façon de décrire les variables visuelles et leur coordination, permettra peut-être de mettre à jour des techniques nouvelles. Cependant la rhétorique consiste en une *extension* de la fonction sémiotique de base dans le but de provoquer un surplus d'interprétation. Cette exagération n'est pas sans risque, le premier d'entre eux étant naturellement de « perdre » le lecteur, de se méprendre sur sa capacité de reconnaissance du décalage.

Il s'agit donc d'une opération qui consiste à faire percevoir un signe implicite en plus d'un signe explicite par l'utilisation de certaines règles. Cette transformation est plus ou moins évidente, et ajoute un « supplément de contenu » à l'énoncé, ce qui le renforce.

- Ce jeu de langage visuel peut être formalisé et correspondre alors à des *figures de style visuelles*, des façons de faire. Le lecteur, lorsqu'il a conscience de ces transformations (qu'il interprète les signes), peut en retirer du plaisir (par exemple de la compréhension, de l'humour, du jeu), ce qui renvoie à la notion de propriété esthétique.

Dans la classification de ces figures par le Groupe μ, on peut relever et illustrer quelques formes qui ont un intérêt particulier dans le cadre de l'image cartographique :

- *In abstentia* conjoint : Le remplacement d'un sens par un autre est la définition de la figure de style dite du *trope*, dont la métaphore est un exemple. En cartographie ce pourrait être l'utilisation d'une couleur à la place d'une autre, par exemple l'inversion d'une convention couleurs chaudes /couleurs froides pour marquer l'importance ou l'urgence d'un phénomène négatif. On peut aussi citer les mappemondes où l'orientation habituelle a été inversée, le sud étant en haut de la page (certaines cartes néo-zélandaises).
- *In praesentia* conjoint : Lorsque les deux entités sémiotiques sont co-présentes et conjointes, au même endroit, on obtient un mélange de leurs caractéristiques. Cette figure de style visuelle est difficile à mettre en œuvre en cartographie. On peut jouer sur la forme de symboles iconiques à donner à une même entité géographique, deux retranscriptions visuelles différentes, mais identifiables : la forme du pays est aussi la forme d'une image iconique, d'un symbole. Par exemple : certaines caricatures cartographiques anciennes où la forme même d'un pays est évoquée par celle d'un personnage représenté. De même, la forme de l'Afrique a souvent été évoquée sous la forme de portraits.
- *In praesentia* disjoint : Lorsque les deux entités (perçue et conçue) sont co-présentes et disjointes, on obtient une comparaison ou une rime. Les couplages

plastiques, les comparaisons, sont assez faciles à produire, de plus sans perturber l'aspect iconique de l'image (donc son premier niveau de compréhension). Concrètement, cette figure consiste à utiliser des *rimes visuelles* dans l'image, des rappels, rythmes et comparaisons, ce qui consiste dans le domaine plastique à réutiliser les formes, textures et couleurs entre plusieurs éléments pour favoriser leur rapprochement et créer un sens nouveau. En cartographie cette figure peut donc être intéressante, car plus aisément réalisable, mais aussi subtile et efficace.

- ➢ *In abstentia* disjoint : Une seule des deux entités est présente (perçue), l'autre (conçue) étant extérieure à l'énoncé, mais projetée sur celui-ci. Il faut que l'élément conçu soit assez connu pour qu'il soit évoqué conjointement au signe réellement présent et perçu dans l'image. Dans le mode visuel plastique, on peut citer l'évocation de sens par l'utilisation d'une gamme de couleurs évocatrice.

Le Groupe μ a ainsi proposé une liste de signes plastiques explicites et implicites qui étend celle des variables graphiques proposées par J. Bertin. Les signes plastiques implicites sont d'un intérêt tout particulier ici, car on peut faire l'hypothèse de leur implication majeure dans la manifestation ou l'interprétation de *propriétés esthétiques*, à cause de leur nature formelle et de leur perception sensible.

- ➢ La carte, en tant qu'outil de représentation et en tant qu'image, est fortement et forcément *polysémique*. Sa profondeur, sa richesse dans la signification, l'expression d'informations et de sentiments, dépasse le simple aspect utilitaire de communication directe. La carte va pouvoir supporter et favoriser l'apparition de propriétés esthétiques variées, selon un fonctionnement qui n'est pas forcément conscient pour le lecteur.

Avec cette approche sémiotique, nous sommes passés d'un modèle de lecture de la carte visant à mettre en évidence le fonctionnement de la perception (notamment sa structuration et ses problèmes potentiels), à un modèle qui cherche à décrire la compréhension du contenu de l'image en intégrant les émotions et sensations, notamment les sensations plaisantes, issues des formes graphiques utilisées et de leur composition, qui vont renforcer l'intérêt du lecteur pour la carte.

7.3. Enseignements de l'esthétique

D'après la définition de l'œuvre d'art en esthétique moderne, la carte thématique peut être qualifiée comme telle si elle présente un fonctionnement esthétique, voulu par son auteur et reconnu par son public. Ce fonctionnement esthétique est caractérisé par une sémiose particulièrement profonde, la représentation et la référence d'idées ou d'objets autres en un certain nombre et par phases successives. Étant donné que l'objet même de la carte est la représentation d'informations, pour qu'elle soit reconnue comme œuvre d'art il faut que cette activité soit accompagnée par d'autres représentations, l'expression de signes multiples et différents, de manière complémentaire et harmonieuse, le tout étant reconnu comme agréable et de qualité par le public.

L'identification de ces « autres » expressions, que l'on peut qualifier de signes secondaires par rapport au « message » principal de la carte, est basée sur la perception de propriétés esthétiques. On fait l'hypothèse qu'une partie non négligeable de ces propriétés sont basées sur des caractéristiques visuelles de l'image.

Ces propriétés correspondent à des *qualificatifs* que l'on classe de la sorte en ontologie esthétique :

- Évaluatives, par exemple : beau, laid, superbe, médiocre.
- Affectives : troublant, effrayant, pénible, apaisant (sentiments).
- Classificatoires : lyrique, comique, dramatique, romanesque.
- Historico-esthétiques : baroque, romantique, gothique, impressionniste.

R. Pouivet propose la théorie d'une survenance à « deux étages » de ces propriétés :

- les objets possèdent des propriétés physico-phénoménologiques (sensibles) ;
- sur ces propriétés surviennent des propriétés intentionnelles, des croyances, des sentiments, des émotions à propos des objets ;
- sur ces propriétés intentionnelles surviennent les propriétés esthétiques.

Ces bases de survenance sont donc des signes (conjonctions de signifiants concrets et de signifiés conçus) iconiques et plastiques. Dans le cadre de l'image cartographique, le mode iconique est quasi saturé par la fonction de représentation de l'espace et des phénomènes spatiaux. Il ne reste que peu de place pour l'utilisation de symboles iconiques esthétiques, par exemple de décor et d'ornement. Par contre, *le domaine plastique est grand ouvert et semble sous-utilisé*, particulièrement mal utilisé dans les guides méthodologiques.

- ➢ Le mode d'expression du contenu de la carte, son aspect plastique, est un élément actif de son fonctionnement en tant qu'outil de transmission d'informations, qui ne peut pas être séparé des idées et des informations qu'elle contient.
- ➢ La reconnaissance de la qualité du travail du cartographe par un public connaisseur peut être la source d'un plaisir esthétique (position de Max Eckert et A. H. Robinson sur l'esthétique des cartes), mais on peut y ajouter d'autres sources potentielles de jugements de qualité issus d'un fonctionnement esthétique plus subtil.
- ➢ La carte est un objet particulier, disposant d'un pouvoir d'expression dont la multiplicité et la profondeur des interprétations possibles fournit un substrat adéquat à la survenance de propriétés esthétiques. Par le biais des sens évoqués par la carte, peuvent advenir des propriétés intentionnelles, puis des propriétés esthétiques.
- ➢ On peut découvrir les propriétés esthétiques d'une image en y recherchant quelles sont les propriétés intentionnelles qu'elle exprime et leur source concrète, sensible, les caractéristiques formelles.

Ce type d'analyse formelle a été développé en histoire et critique d'art. On peut donc aller y piocher des techniques descriptives potentiellement adaptables à l'image cartographique.

7.4. Enseignements de l'histoire et de la critique d'art

On s'est intéressé à quelques méthodes descriptives choisies pour leur pertinence par rapport à notre objectif de découverte de propriétés esthétiques d'images cartographiques, parmi l'arsenal disponible dans ces disciplines. Ce sont essentiellement des méthodes formalistes, au sens où elles s'intéressent aux formes graphiques pour en décrire le fonctionnement esthétique puis en tirer des propriétés, notamment classificatoires (styles). L'approche formaliste a connu des fortunes diverses en histoire de l'art mais elle est revenue au goût du jour avec la peinture dite moderne, sur laquelle les approches dites littéraires qui s'étaient développées avec l'art pictural « classique » furent moins opérantes.

H. Wölfflin propose une méthode basée sur la caractérisation des formes de l'image selon leur appartenance à des types opposés pré-établis formant cinq critères. La qualification de l'image selon ces catégories permet ensuite de la rapprocher d'une catégorie stylistique plus précise.

1. Linéaire / pictural (lignes nettes qui guident le regard / flou, vague, mouvement).
2. Plans visuels en séquence / profondeur et perspective.
3. Formes fermées, délimitées nettement / formes ouvertes, non délimitées par un contour visible.
4. Multiplicité, éléments nombreux, mais articulés, ordonnés, reliés / unité, éléments indistincts et œuvre devant être lue comme un tout.
5. Sujet d'une clarté absolue / d'une clarté relative. Représentation de la réalité telle quelle (objective) est ou telle qu'elle est perçue, interprétée par l'artiste (subjective).

- ➢ Le repérage de types formels coordonnés dans une image permet de la classer dans un style particulier.
- ➢ Chaque style est par ailleurs caractérisé par l'expression d'émotions et d'idées spécifiques.
- ➢ Ce repérage peut être guidé par l'établissement préalable d'une catégorisation des formes selon des types opposés ou présentant un gradient progressif de différences.
- ➢ Plus finement, des relations peuvent être établies entre la composition de certaines formes spécifiques et l'expression de certaines émotions, dans le contexte particulier de la lecture d'une œuvre picturale.

La seconde méthode formelle de description que l'on a étudié est due à Max Raphaël, un historien de l'art allemand du début du vingtième siècle. Il propose des catégories de description qui ont l'intérêt de compléter celles de H. Wölfflin et qui peuvent être utilisées pour notre objet particulier qui est l'image cartographique.

- **Une description structurée en trois niveaux de profondeur croissante, commençant par un catalogue des formes visuelles perçues.** Cette étape ne se conçoit pas comme un moment discret de la méthode, car elle est imbriquée dans les étapes suivantes, réalisée en plusieurs fois selon la découverte des forces créatrices et la reconstitution de la motivation de l'artiste.

- ➢ La description doit commencer par un catalogue des formes perçues, d'abord les formes simples puis les combinaisons, compositions et organisations de niveau supérieur qui sont progressivement découvertes.
- ➢ Il est possible d'imaginer une assistance à la découverte de ces formes, notamment concernant les couleurs et les tracés directeurs (cf. A. Lhote, *supra*, §5.3.5).

- **La production artistique comme acte subjectif**. M. Raphaël insiste sur l'importance de la motivation de l'artiste, conçu non comme un individu isolé, mais comme l'interprète d'un moment dans l'histoire de l'art, d'un groupe et d'un style (le « *monde de l'artiste* »). L'objet de la critique et de l'histoire de l'art est recentré sur le contexte de la création de l'œuvre, qui est l'élément central pour son interprétation et sa compréhension.
  - ➢ Malgré une production cartographique se voulant objective, il peut exister des motivations subjectives (potentiellement inconscientes) qui vont influer sur les choix formels, ne serait-ce que pour se conformer à un style établi (par l'éditeur, le commanditaire, la structure productrice, les prédécesseurs, etc.).
- **Du matériau à l'idée par les moyens de représentation.** M. Raphaël établit une catégorisation intéressante des constituants de l'œuvre, à la fois matériels et conceptuels. Du matériau physique lui-même, on passe aux moyens de représentation, dont on relève la forte proximité avec le concept de variable rétinienne de la *sémiologie graphique*, pour en arriver à des concepts plus abstraits comme la matière artistique et les sentiments esthétiques.
  - ➢ Une description progressive du concret vers l'abstrait permet de construire pas à pas une structure d'interprétation de l'image, en liaison avec le premier niveau purement formel de la description régulièrement mise à jour.
  - ➢ Cette progression n'est pas sans rappeler le phasage vers la cognition de la perception visuelle et les modalités de survenance des propriétés esthétiques.
- **La forme au service de l'expression.** Sans employer le vocabulaire de la sémiotique, M. Raphaël établit clairement une réflexion de cet ordre en distinguant d'un côté la forme matérielle et de l'autre le contenu exprimé. La description formelle en histoire de l'art rejoint la sémiotique dans l'affirmation d'une capacité expressive de la forme, progressive et complexe.
- **Décrire la composition.** Enfin, M. Raphaël propose une façon structurée de décrire la composition, l'agencement d'une œuvre, en observant à la fois ses composants matériels comme ses composants conçus (interprétés), ses signifiants et ses signifiés. On y trouve des éléments de la structuration formelle de la composition, comme les plans de profondeur, les lignes directrices, ou de la forme isolée comme la touche et le modelé, qui font partie de l'arsenal du critique esthétique et qui pourront faire l'objet d'analyses formelles spécifiques.
  - ➢ La critique d'art possède des outils descriptifs adaptés à la caractérisation des formes et de la composition, de la structuration formelle d'une image, qui sont potentiellement applicables dans le cadre de l'analyse des propriétés esthétiques d'une image cartographique thématique.

Ces méthodes de description restent toutefois un regard externe, porté *a posteriori* sur une œuvre visuelle par une personne différente de l'artiste. Il existe des approches formelles qui ont été construites par des artistes devenus théoriciens, pour servir *a priori*, à

la conception puis à la réalisation Ces approches ont en outre l'avantage d'être un peu plus généralistes du point de vue du type d'art visuel, basées sur des formes simples.

7.5. Enseignements de la théorie artistique et du *design* graphique

Les théories artistiques évoquées au chapitre cinq rejoignent la théorie cartographique sur le plan formel, au sens où elles vont chercher à reconnaître, caractériser et intégrer dans une méthodologie cohérente la production de formes graphiques, qui sont conçues comme des signes iconiques et plastiques agissant en tant que base d'idées et de propriétés esthétiques. Contrairement aux méthodes descriptives qui analysent des images produites, ces théories artistiques vont proposer des moyens de création pour associer et évoquer des idées, des émotions, par le biais de la composition de formes graphiques simples.

Chaque mouvement ou style de peinture abstraite va promouvoir un ensemble spécifique de règles ou de principes, en plus du socle commun existant autour de l'idée d'exprimer des idées par la composition de formes. Le chapitre cinq propose dans sa dernière partie des tableaux de synthèse des relations forme - propriété esthétique proposées par différents artistes ou courants. Le chapitre six a poursuivi la recherche de ce type de relations dans le domaine du *design* graphique, dont l'ambition est justement d'améliorer l'utilité des images en organisant leur contenu visuel.

La prise en compte de ces deux domaines a permis la mise au jour de nombreuses pistes concernant des méthodes de repérage et d'évaluation des propriétés esthétiques issues des caractéristiques plastiques des images. Les tableaux et schémas des chapitres cinq et six en proposent une première liste synthétique, après une recherche bibliographique limitée par la portée du travail en cours. On peut les transformer assez directement en propositions méthodologiques pour l'amélioration de l'aspect esthétique des cartes thématiques, mais seules certaines d'entre elles ont pu être mises en œuvre dans le cadre de ce travail, les autres relevant en effet de recherches à développer en-dehors de cadre précis de la thèse.

- ➢ Certains artistes théoriciens et de nombreux auteurs de *design* graphique proposent des méthodes d'évaluation des propriétés esthétiques des images, dont il est possible de tirer des enseignements méthodologiques et des outils dans le cadre de la cartographie thématique.

Ces deux sources d'inspiration (théories de l'art pictural abstrait et *design* graphique) vont nous guider pour proposer d'explorer concrètement l'utilisation de variations graphiques génératrices de propriétés esthétiques dans le cadre de la méthodologie de la carte thématique. Ces propositions se feront de manière expérimentale, en élaborant des variations de ce type sur un exemple de carte thématique de présentation simple et usuelle. On commencera à en évaluer la pertinence à l'aide des résultats d'une enquête menée auprès de lecteurs et de créateurs de cartes[5].

5. L'enquête est présentée en en fin de volume dans l'annexe n°3.

La série d'applications présentée ci-après ne se veut nullement être un catalogue exhaustif des possibilités, mais plutôt un début d'exploration du domaine d'application des méthodes relevées précédemment. Sans transformer la méthode de cartographie thématique utilisée (type de représentation, données, objectif d'information), mais en variant la façon dont elle est composée et transcrite en formes graphiques selon des idées glanées dans des disciplines connexes, on tentera de faire s'exprimer des propriétés esthétiques par le biais de signes plastiques implicites.

7.5.1. Cartes de référence

Les cartes thématiques qui serviront de référence pour ces propositions de variations formelles correspondent à la représentation de variables quantitatives usuelles (démographie) selon une présentation graphique relativement commune, notamment en sortie des logiciels de « cartographie automatique » et de S.I.G, sur un territoire factice (cf. figure n°127, page suivante). Les deux principaux types de cartes thématiques ont été utilisés : choroplèthe et carte en symboles proportionnels, pour utiliser l'étendue habituelle des formes graphiques disponibles pour le géographe.

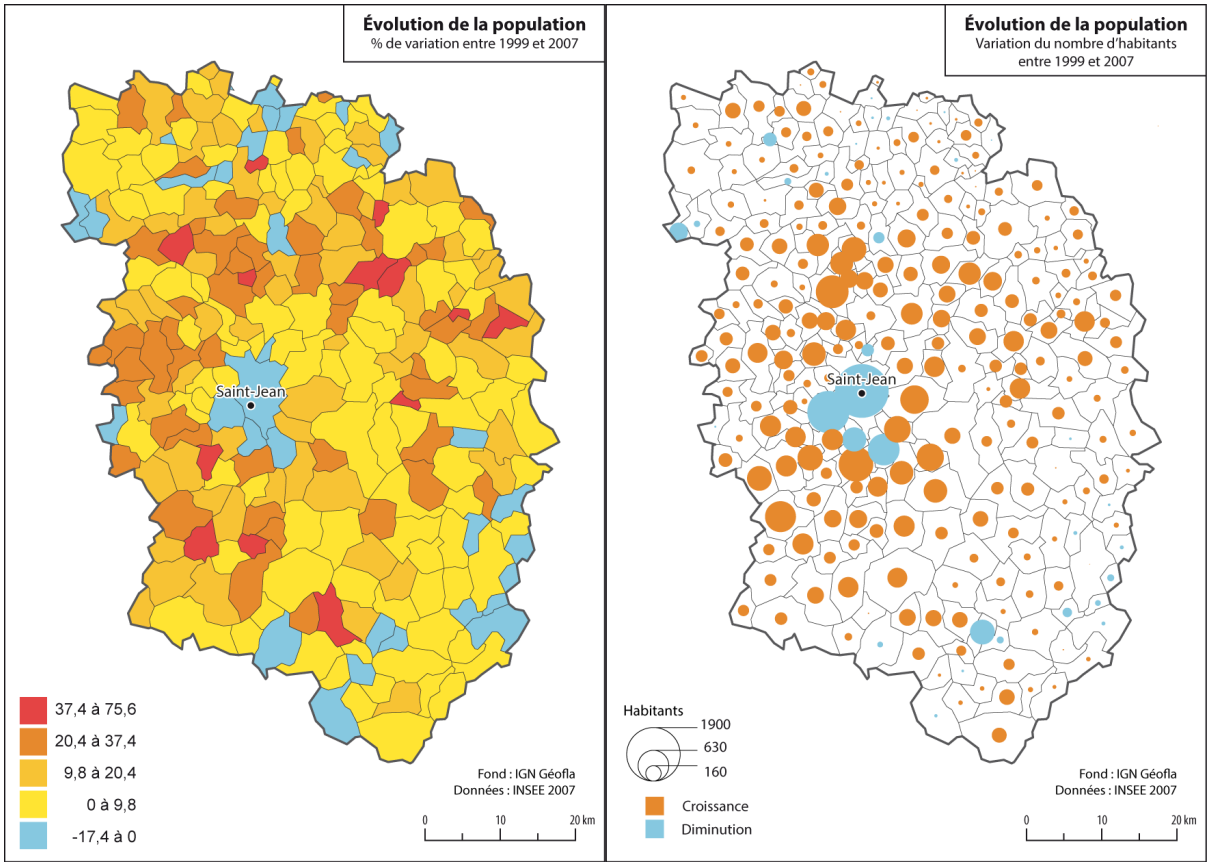


figure n°127 : Cartes de référence.

Les cartes représentent l'évolution de la population dans les communes d'un territoire sur une période donnée, en valeur relative et absolue. La transcription graphique de l'information se doit de communiquer deux aspects principaux : le sens de l'évolution et son intensité. La manière classique de représenter cette information selon la *Sémiologie Graphique* correspond à l'utilisation de deux teintes opposées. Cette variable visuelle de couleur est elle-même divisée en sous-composantes de valeur pour l'évolution en pourcentages, ce qui donne une carte choroplèthe. Les teintes choisies ici sont tout à fait classiques elles aussi : une gamme du jaune au rouge, qui évoque un phénomène positif, actif, tout en offrant une palette lisible de quatre valeurs dégradées en camaïeu, et un bleu clair indiquant la perte de population. En ce qui concerne l'évolution absolue de la population, la variable visuelle de taille est utilisée, matérialisée par la variation de la superficie de symboles géométriques simples, ici des disques. Enfin, pour chacune de ces cartes, l'image cartographique a été munie des éléments nécessaires à une bonne compréhension de la représentation : un titre, une légende, une échelle, des sources[6]. L'image possède ainsi les caractéristiques visuelles nécessaires à une identification rapide en tant que carte thématique.

7.5.2. La couleur

On remarque dans la carte choroplèthe de référence que l'opposition de sens du phénomène (variation positive ou négative de la population) est transcrite par une variation de *teinte* utilisant la relation forme graphique - émotion de la chaleur relevée par de nombreux artistes et concepteurs graphiques. Pour aller plus loin dans cette utilisation de signes plastiques basés sur la couleur, on peut imaginer des oppositions colorées et des camaïeux différents.

- ➢ Tout en restant dans le cadre de la *sémiologie graphique*, il est possible de développer des propriétés esthétiques complémentaires en jouant sur les relations entre couleurs.

En corollaire, on peut appliquer cette idée dans un contexte d'analyse plutôt que de création :

- ➢ Il serait intéressant de pouvoir quantifier et visualiser les proportions et les relations des couleurs utilisées dans une image cartographique (dans leurs composantes de teinte, saturation, luminosité par exemple), pour les comparer à des valeurs proposées par des artistes ou en tirer des valeurs de référence.

W. Kandinsky propose de tenir compte des oppositions de couleur sur le cercle chromatique pour compléter les oppositions de chaleur et de luminosité des teintes. En

6. L'orientation, l'indication de la direction du Nord géographique, n'a pas été considérée comme un élément d'information important, puisqu'il s'agit d'une carte thématique et que la convention de positionner le nord en haut de l'image rend cette précision superflue.

suivant cette idée, on peut alors tenter d'utiliser un vert à la place du bleu de la carte de référence (cf. figure n°128, page suivante).

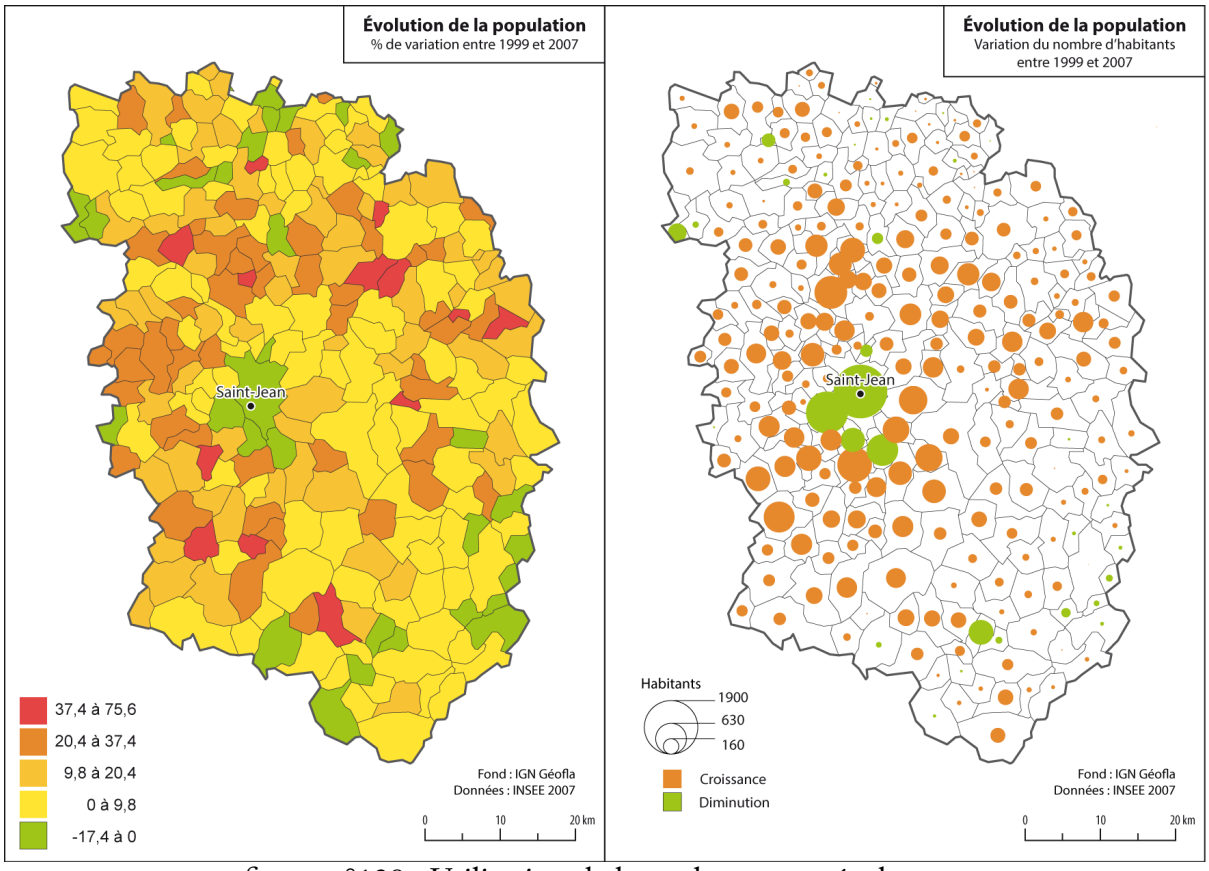


figure n°128 : Utilisation de la couleur opposée, le vert.

Si l'opposition de teinte reste clairement perceptible, la teinte verte est plus proche du jaune que le bleu original et la transition paraît plus logique, plus douce. La luminosité / saturation du vert choisi est fonction des valeurs représentées, correspondant approximativement à l'étendue des deux premières classes du côté positif.

Le test de cette variation dans l'enquête (question C1) indique qu'elle n'est pas considérée comme très efficace, mais que le résultat est plus plaisant. Le vert n'est généralement pas considéré comme une couleur exprimant des valeurs négatives, dans l'absolu, et sa confrontation ici au rouge n'est pas aussi marquée que celle du bleu. Cependant, lorsqu'on l'utilise en tant que couleur principale dans l'enquête (question C9), l'effet est notable sur l'appréciation esthétique, la carte est alors considérée comme plus agréable que celle de référence.

A. Lhote évoque d'autres idées pour l'élaboration d'ensembles colorés harmonieux, notamment en ce qui concerne l'opposition entre l'orange lumineux et l'ombre bleue, par exemple en conseillant de réaliser la transition par des verts jaunes pâles.

➢ La variable visuelle de couleur laisse la liberté de choisir les oppositions de teintes, et l'on peut trouver une inspiration dans certaines œuvres picturales où les teintes sont naturellement opposées.

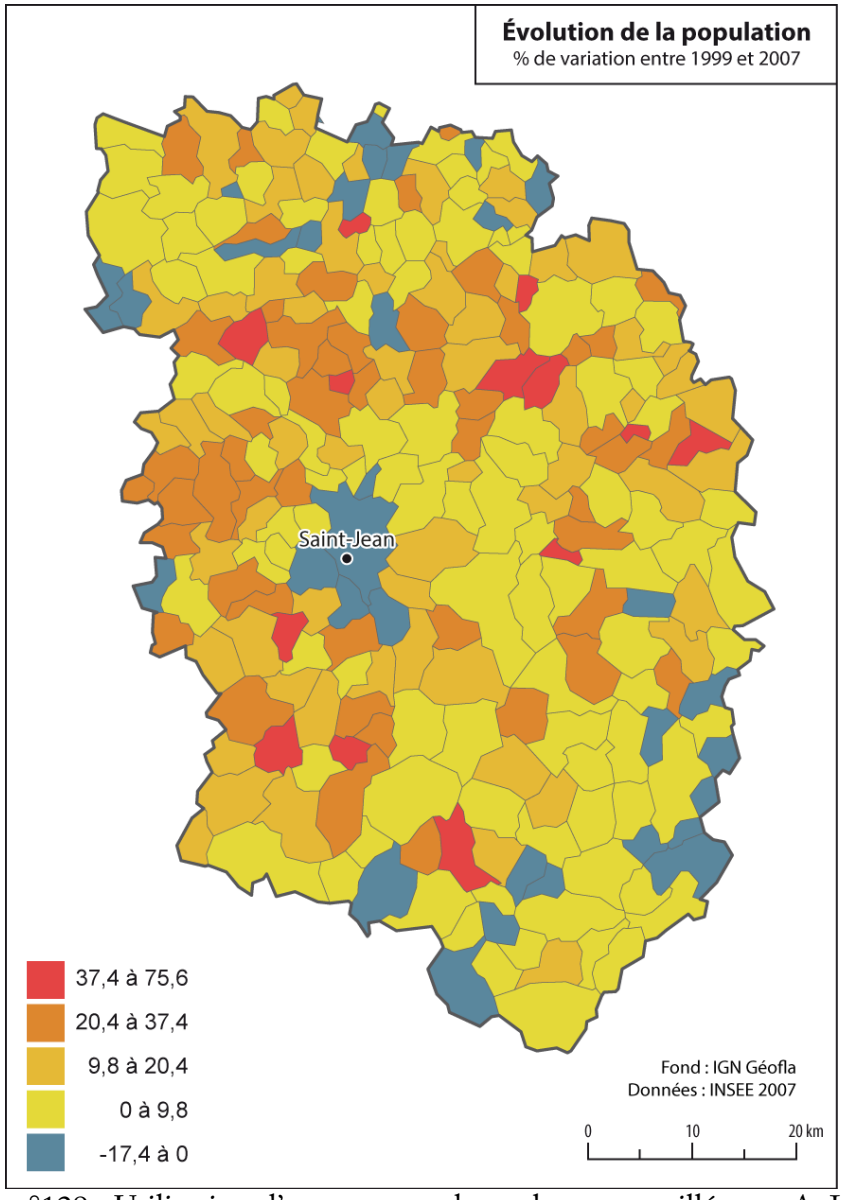


figure n°129 : Utilisation d'une gamme de couleurs conseillée par A. Lhote.

La carte résultante comporte essentiellement un renforcement du bleu par assombrissement, le contraste général de la carte est diminué. La métaphore entre la lumière et le degré d'espoir d'une situation interprétée, mise en avant par la planche d'A. Guerry et A-M. Balbi utilisée au chapitre quatre peut être mise à profit. Le test de cette variation dans l'enquête (question C2) montre qu'elle n'est pas considérée comme efficace ou esthétique. La réduction du contraste général et l'utilisation d'un bleu assez sombre pour représenter des valeurs qui ne sont que faiblement négatives semble donc inefficace.

Pour poursuivre l'idée d'une réutilisation d'harmonies colorées réalisées par des peintres célèbres ayant écrit sur la question, notamment proposée par S. Christophe[7], mais appliquée ici aux choroplèthes, on peut tester la sélection de couleurs dans des œuvres picturales dont les contrastes colorés sont adaptés.

Dans « Le Jas de Bouffan »[8], Cézanne utilise une opposition de couleurs entre l'orangé et le vert, correspondant au soleil sur les façades des bâtiments et aux ombres (cf. figure n°130, ci-dessous).

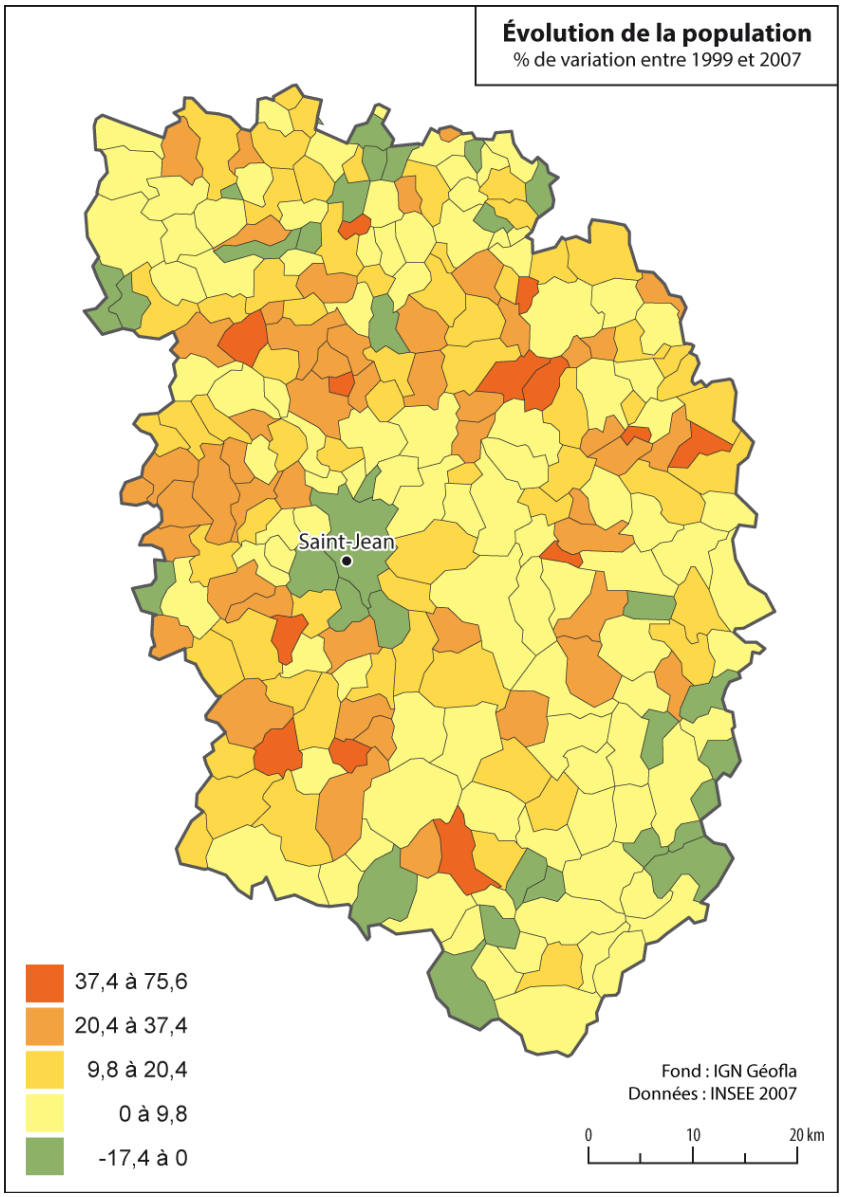


figure n°130 : Utilisation d'une palette inspirée d'une œuvre de Cézanne.

Les personnes ayant répondu à l'enquête ne trouvent pas cette variante plus efficace que la choroplèthe de référence, mais ils la considèrent comme bien plus agréable (question C3).

7. Cf. [Christophe, 2009]

8. 1885-1887, huile sur toile, Narodni Galerie, Prague, République Tchèque.

On remarque un contraste coloré bien marqué, les jaunes intermédiaires étant plus clairs.

Enfin, ces couleurs peuvent aussi évoquer certaines œuvres de R. Delaunay, notamment « *Rythme, Joie de vivre* » (cf. figure n°131).

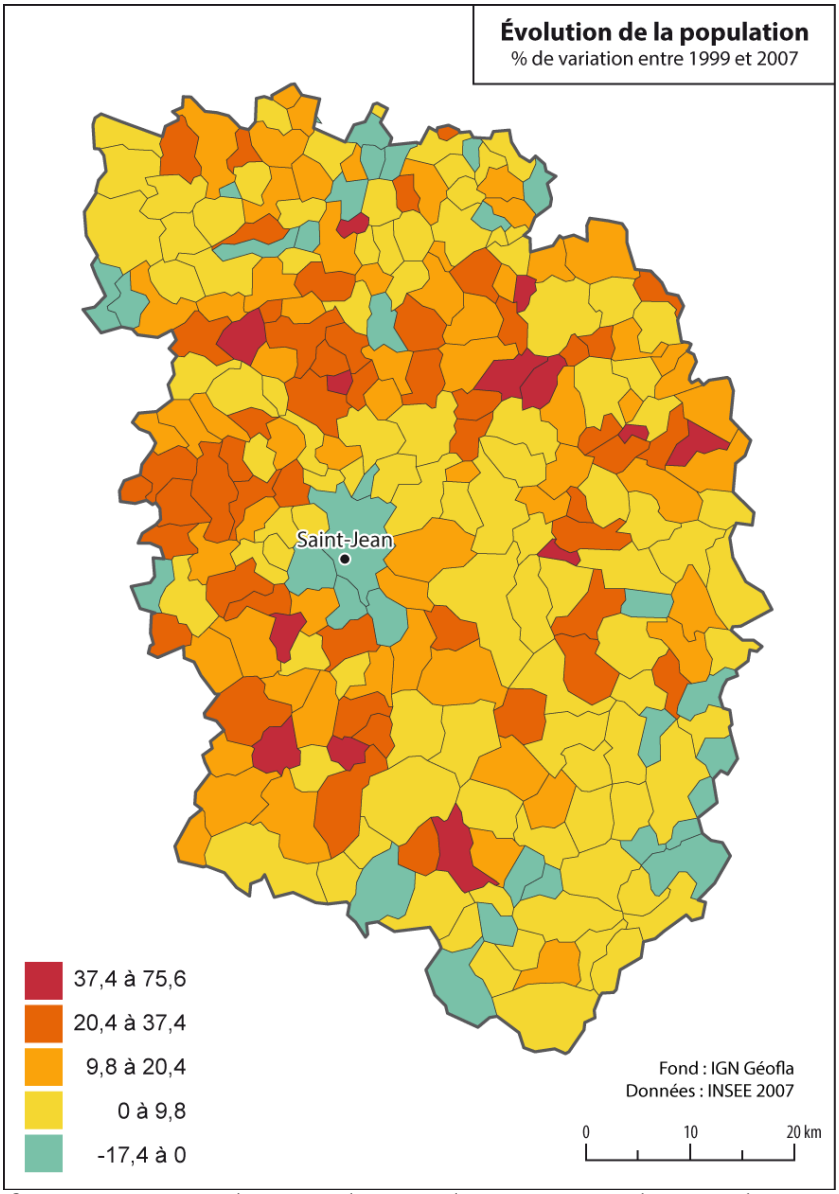


figure n°131 : Utilisation d'une palette inspirée de R. Delaunay.

Ces couleurs, un peu moins denses et lumineuses, mais qui développent le contraste grâce à un rouge extrême plus profond et plus sombre, ont été appréciées par les personnes enquêtées, qui *considèrent cette variation comme étant aussi efficace mais plus agréable* que la carte de référence. Cette proposition colorée valide donc l'idée du jeu sur la couleur pour améliorer l'efficacité de la représentation.

On remarque dans ces différents traitements colorés que des signes plastiques variés sont exprimés, notamment par le jeu sur la luminosité et la saturation des couleurs. Le travail sur les caractéristiques colorées d'une carte peut en effet aussi s'appuyer sur les

composantes de la couleur, comme la saturation, qui est assez directement évocatrice d'intensité (cf. *supra*, la figure n°122, sur la sécheresse dans la Corne de l'Afrique).

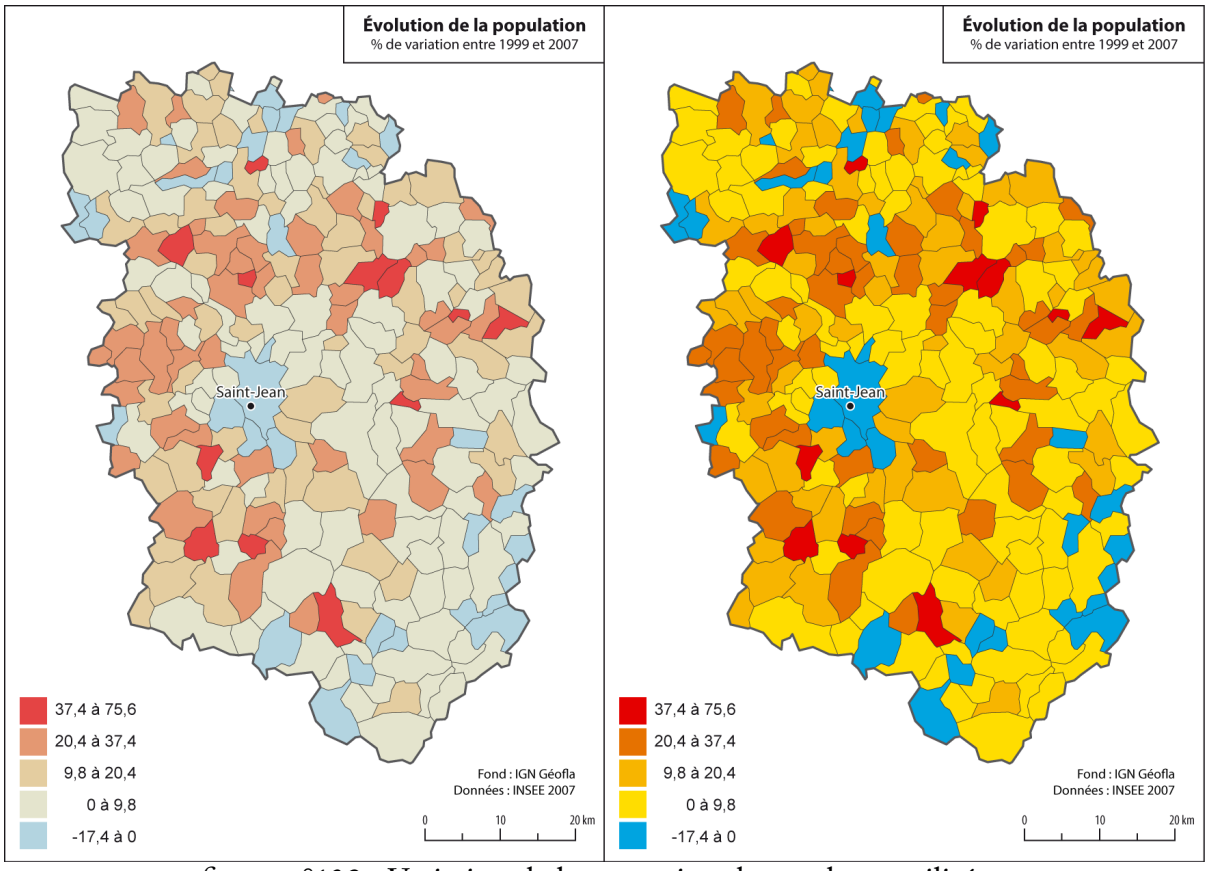


figure n°132 : Variation de la saturation des couleurs utilisées.

Les deux versions de la carte présentées à la figure n°132 ci-dessus présentent les mêmes teintes, mais on a joué sur la saturation. Dans la classification des signes plastiques évoquée au chapitre six, l'expression du calme ou au contraire de l'urgence est clairement sensible. Cette possibilité est notamment utilisée dans la technique graphique des tons « pastel » (désaturation préservant la luminosité), cf. la figure n°133 ci-après. Naturellement, le contraste général de l'image est directement touché par ces modifications de la saturation.

Lors de l'enquête, la version saturée a été créditée d'une efficacité bien plus grande, mais son caractère agréable est équivalent à l'autre version. On retrouve la préférence pour les images saturées et contrastées sur le critère de l'efficacité de la carte.

Enfin, le travail sur la couleur peut mener à ne pas utiliser de couleurs saturées, pour ne garder que des niveaux de gris. Cette désaturation extrême, autrefois la conséquence du coût des techniques d'impression couleur, est aujourd'hui un moyen de rhétorique graphique, pour exprimer par exemple le sérieux et la sobriété, cf. la figure n°133 ci-après.

- ➢ L'expression de propriétés esthétiques plastiques peut se baser, en plus de la teinte, sur la variation des composantes internes des couleurs utilisées, comme la

saturation et la luminosité.

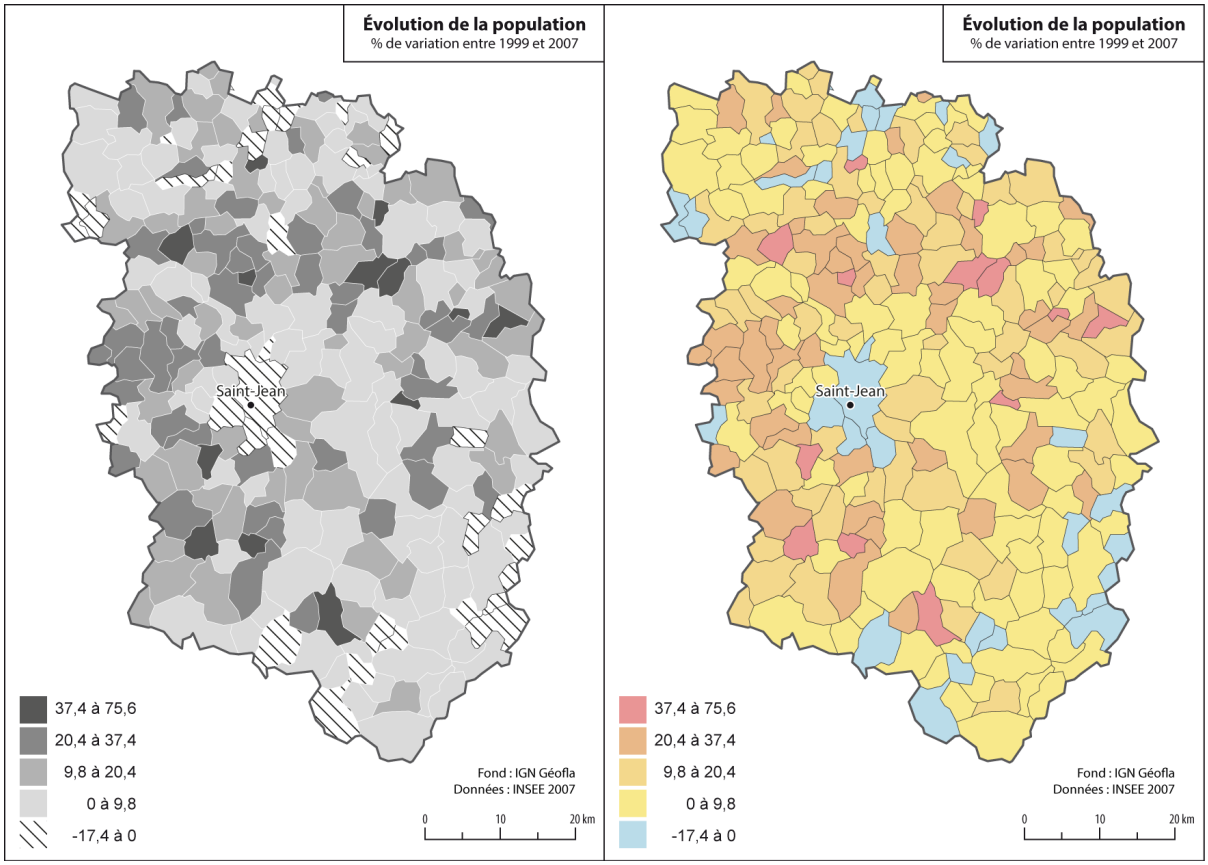


figure n°133 : Suppression de la couleur et utilisation de tons « pastel ».

Le test par enquête de ces deux techniques de désaturation s'est révélé très négatif. Le noir et blanc est largement rejeté, considéré comme moins efficace que la couleur et surtout moins agréable. Étant très souvent associé à des techniques du passé et à un manque de moyens, le noir et blanc évoque peu l'idée de sobriété. Les teintes pastel, si elles sont moins « criardes » que les couleurs courantes des cartes choroplèthes, sont moins expressives, moins lisibles, et leur comparaison directe avec les teintes de la carte de référence est défavorable. Une autre hypothèse permet de nuancer ce constat : on atteint peut-être les limites de ce type de présentation de questionnaire d'enquête, en face à face, qui ne permet pas de juger des contextes variables dans lesquels les cartes thématiques sont utilisées (actualités pour le grand public, étude scientifique…).

7.5.3. Point, ligne, formes et textures

Les variables formelles correspondant au tracé des éléments graphiques peuvent aussi devenir le support de propriétés esthétiques qui vont venir complémenter le message iconique de la carte. Ici aussi, la quantité d'effet doit être dosée finement, pour ne pas produire une image trop étonnante, originale, risquant de détourner l'attention et donc réduire l'utilité de la carte. La carte de référence étant composée de symboles et de surfaces colorées sur un fond de carte polygonal, la modification des propriétés formelles de tracé

peut donc passer par deux types de modification des moyens d'expression.

- transformation de la forme des contours des polygones ;
- transformation de la couleur de fond en une texture.

Dans le cadre d'une carte thématique telle que celle utilisée comme référence, la précision de la forme des limites communales n'a pas vraiment d'importance au niveau global, l'information porte avant tout sur la répartition spatiale des évolutions de population à l'échelle du fond de carte entier. En conséquence, il est possible de légèrement transformer le dessin du contour des communes pour modifier l'aspect visuel général de la carte et promouvoir ainsi l'expression de certaines propriétés esthétiques.

Par exemple, on peut jouer sur le lissage de ces contours, ou, au contraire, leur rugosité, c'est-à-dire sur une simplification ou une complexification graphique (cf. la figure n°134, ci-dessous).

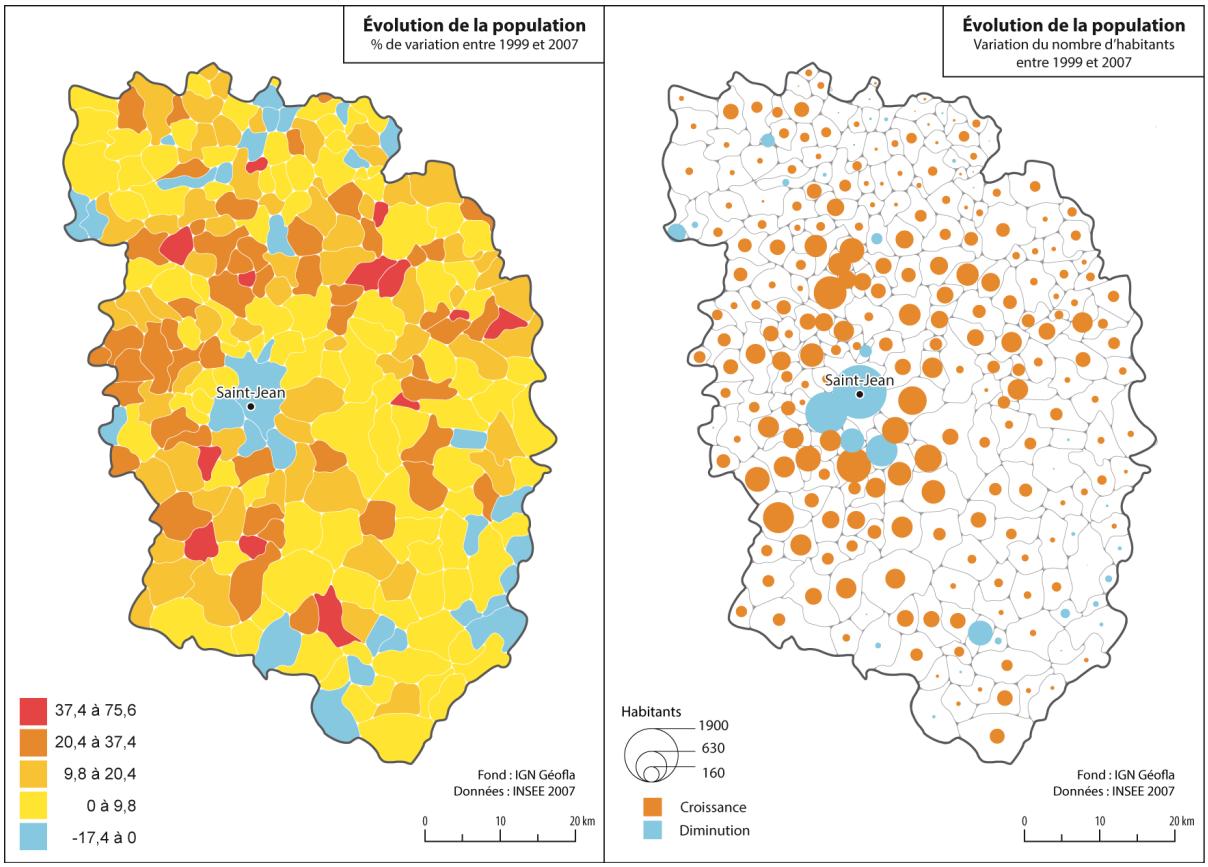


figure n°134 : Lissage des contours des surfaces du fond de carte.

Avec le lissage des contours des éléments du fond de carte on obtient une image moins visuellement complexe, car dépourvue d'une grande partie des lignes droites et des angles vifs qu'elle possédait[9]. W. Kandinsky parle de fluidité, de souplesse. Le *design* graphique a relevé de façon plus extensive les idées exprimées (cf. *supra*, § 6.2.2.). Dans la carte en

9. Eléments qui sont nettement perçus visuellement par les détecteurs de motifs, on l'a vu au premier chapitre.

symboles proportionnels, les courbes des communes rappellent les courbes des cercles des symboles, ce qui peut constituer une rime ou une métonymie graphique.

- ➢ Le contour des éléments graphiques d'une carte peut faire l'objet d'une variation de ses propriétés graphiques comme la rugosité, le caractère anguleux, ou, à l'inverse, la souplesse et le caractère lisse. Ces variations expriment des sens variés, qui peuvent aider à structurer une composition agréable.

Le test par enquête de cette assouplissement des contours s'est révélé difficile (questions F1 et F2), car la variation formelle ne saute pas aux yeux sur les images de taille moyenne qui étaient proposées. Cela explique en partie le taux de non réponses en augmentation par rapport aux questions précédentes. L'efficacité de cette variation a cependant été jugée bien moindre que celle de la carte de référence, de même que son esthétisme.

Toujours en agissant sur l'aspect du contour des objets graphiques de l'image, on peut intervenir sur leur netteté en établissant un rapport avec l'importance relative des éléments de la composition, cf. la figure n°135 ci-dessous. Le fond de l'image étant blanc, un contour de faible netteté peut aussi être perçu comme étant transparent[10].

10. Cf. [MacEachren, 2005]

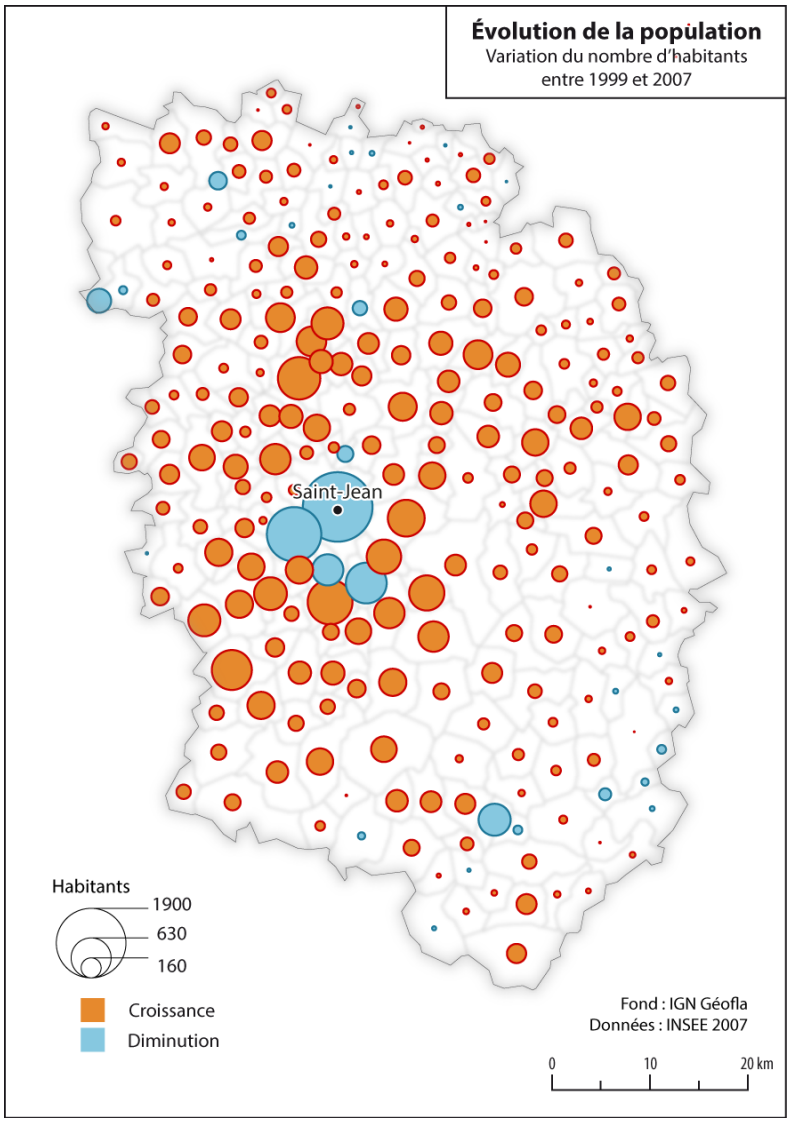


figure n°135 : Modification de la netteté des contours.

➢ La netteté des contours et leur transparence sont aussi des propriétés graphiques mobilisables pour structurer une carte et composer ses éléments visuels.

L'enquête révèle que cette variation formelle est considérée comme étant aussi efficace que l'original mais bien plus agréable (question F3). *Ce résultat participe à l'un des enseignements majeurs de l'enquête*, en montrant la pertinence d'une modification formelle plus extensive, dont le résultat va toucher une plus grande quantité de formes et produire une image plus variée et plus contrastée. Dans le cas de la netteté des contours, le renforcement de la lisibilité des symboles et la réduction de celle du fond permet de renforcer la hiérarchie visuelle de l'image tout en l'adaptant à la hiérarchie de l'information représentée (les éléments les plus visibles, saillants, sont aussi les plus importants dans la transmission de l'information).

L'autre possibilité de simplification des contours consiste à réduire le nombre de côtés des polygones pour obtenir une image dans laquelle le nombre de sommets et d'angles sera

réduit. Conséquemment, les lignes droites de l'image seront plus longues et l'aspect général sera plus géométrique. L'aspect rigoureux des angles vifs est renforcé tout en préservant l'effet abstrait, artificiel, humain[11], des lignes (cf. figure n°136, ci-dessous).

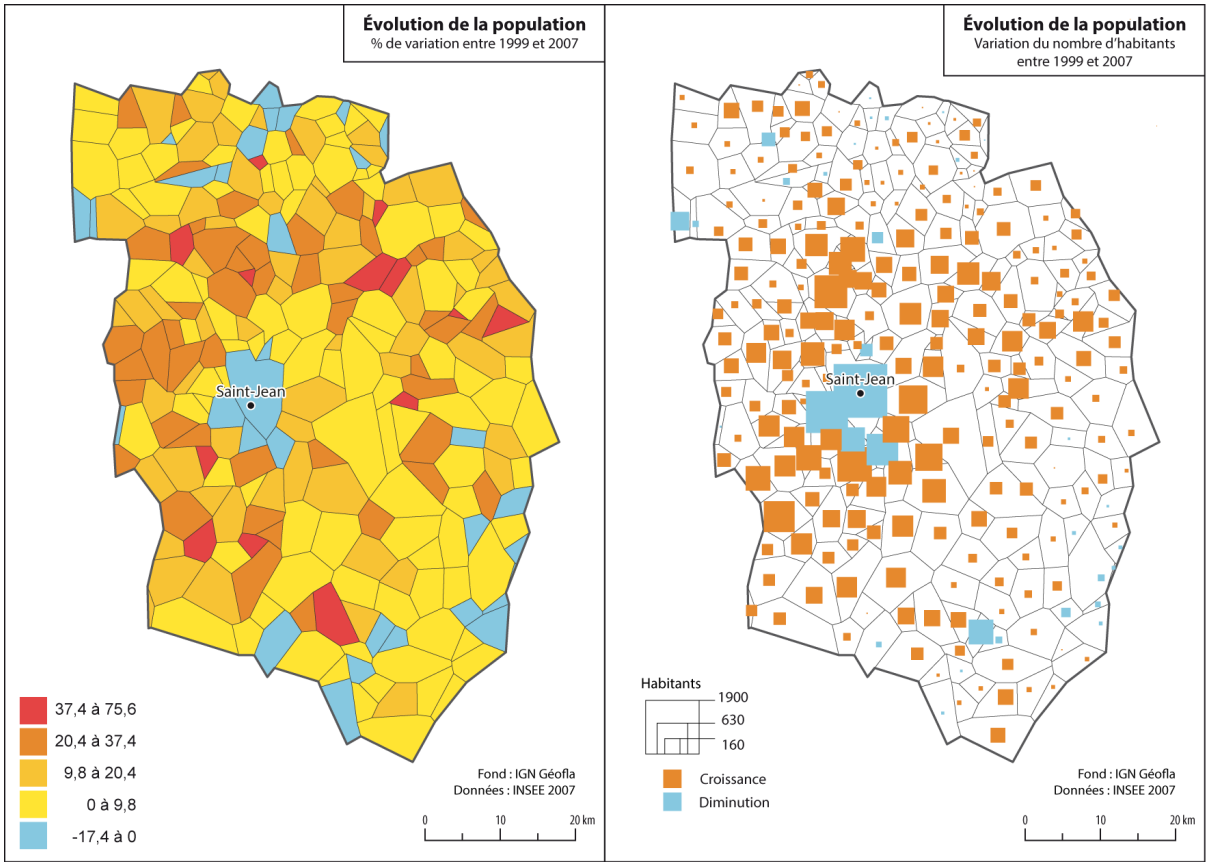


figure n°136 : Simplification des contours des polygones.

L'effet inverse, une complexification des contours, va pouvoir apporter une idée de nervosité, de fragmentation, de tension (cf. figure n°137, page suivante).

11. A l'opposé de naturel, aléatoire.

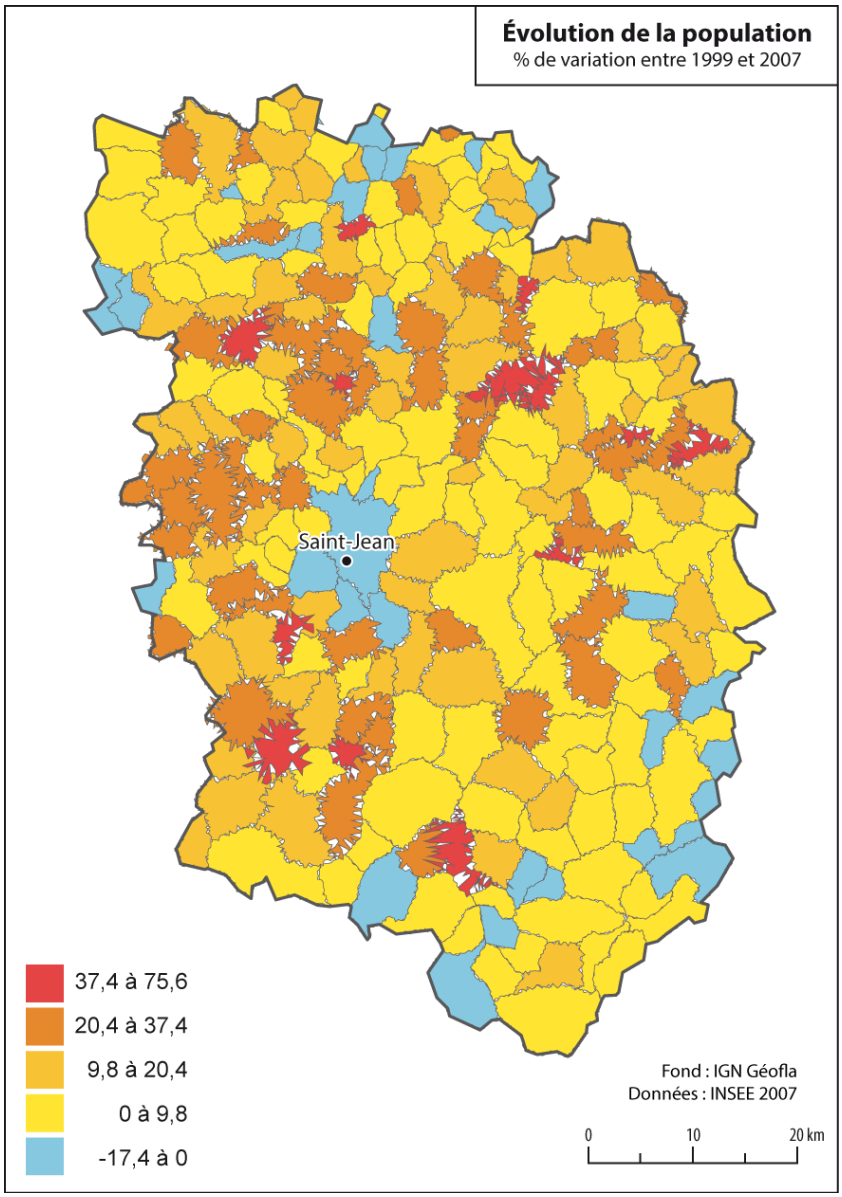


figure n°137 : Déformation proportionnelle des contours des polygones.

Cette déformation n'est ni expliquée en légende, ni homogène sur le territoire, c'est donc un résultat assez inhabituel et dérangeant qui est produit, peu justifiable du point de vue de la simple cartographie thématique.

➢ En prenant garde de ne pas dénaturer la géographie de la représentation, il est aussi possible d'intervenir graphiquement sur la complexité géométrique des éléments du fond de carte, pour la simplifier ou l'accroitre.

La variante de la figure n°136 de la page précédente a été testée par enquête : elle n'est pas considérée comme pertinente, sur les deux plans de l'efficacité et du caractère agréable (60% des réponses préfèrent la carte de référence, contre 15% et 25% de non-réponses). L'aspect géométrique, artificiel de l'image l'éloigne assez radicalement des images classiques de cartes thématiques. La simplification des angles d'une carte n'est peut-être pas à

rechercher du côté du nombre d'angles mais plutôt de leur lisibilité, les expérimentations ayant montré que les angles vifs peu nombreux étaient assez saillants (cf. [Ware, 2008], *op cit*.)

Les signes plastiques examinés dans les paragraphes qui précèdent expriment des idées variées concernant l'importance, la précision, le sérieux et la complexité (en positif comme en négatif) de l'information transmise. Mais ils permettent aussi et surtout de mieux hiérarchiser visuellement les éléments de l'image selon leur degré d'importance pour la bonne transmission de l'information de la carte.

Le second type de transformation graphique impliquant le tracé vise à passer d'une surface unie à une texture. Ce moyen de représentation a longtemps été utilisé pour produire des dégradés de valeurs en bichromie noir sur blanc, en utilisant des niveaux de gris perçus et des variations de grain (granulométrie des éléments de base de la texture[12]). Au-delà de la fonction d'origine de remplacement de couleurs onéreuses à reproduire par des trames de couleurs primaires, cette technique graphique va aussi permettre d'apporter de la texture, de la *matière*, à l'image. Cette matière va complexifier l'image au sens où les surfaces ne seront plus simples et unies, mais elle va pouvoir aider à la structuration de l'image en offrant des plans de netteté et de granularité différentes qui aident à mieux séparer les figures du fond.

12. Il s'agit d'ailleurs d'une des variables graphiques d'origine de J. Bertin.

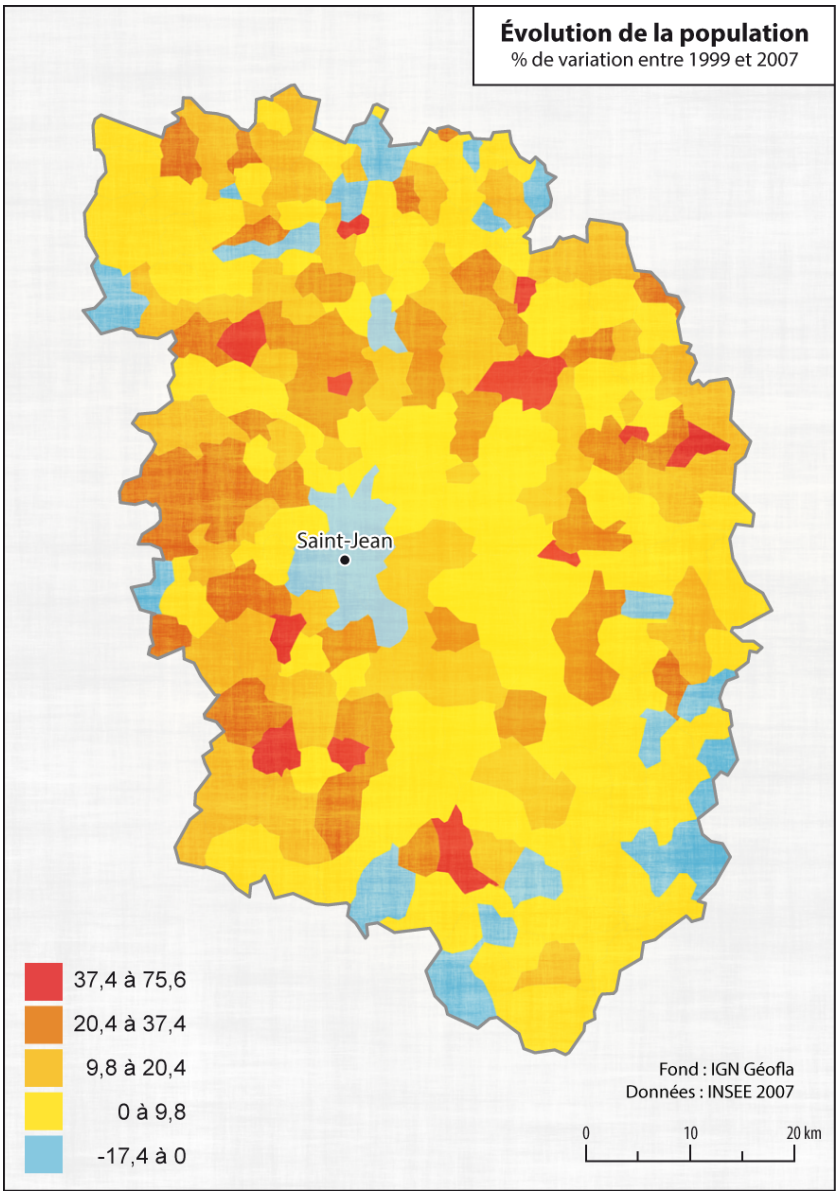


figure n°138 : Utilisation d'une texture pour ajouter de la « matière » à l'image.

Dans l'exemple de la figure n°138 ci-dessus, une texture (imitation toile) a été utilisée pour marquer la différence de statut entre le fond de carte coloré et le fond blanc de l'image. Dans le cas du fond blanc, la texture est présente mais fortement atténuée par un masque opaque. La texture est irrégulière et renforce la saillance visuelle de fond de carte en lui-même. Ce type d'image texturée exprime peut-être moins d'artificialité, d'abstraction, que les images cartographiques habituelles au style très technique.

D'autres types de textures ont être testés, évoquant des types de surfaces variés.

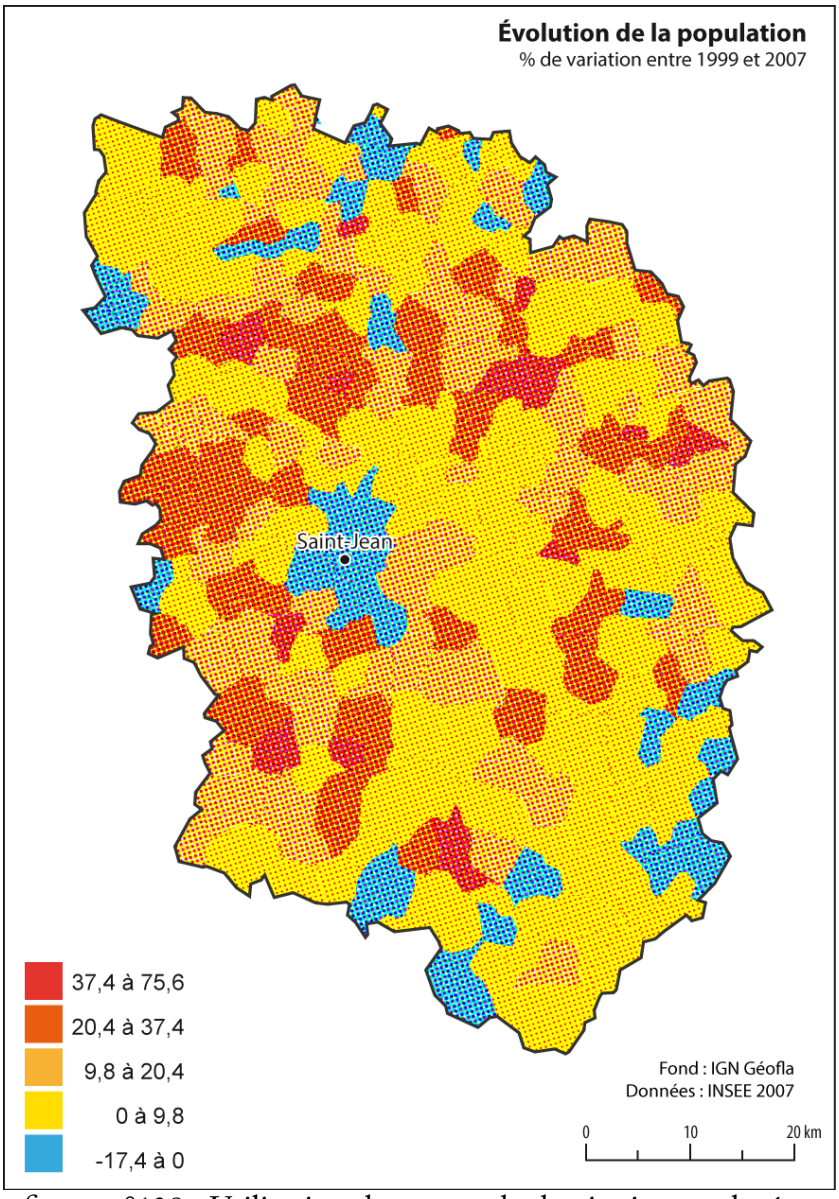


figure n°139 : Utilisation de trames de demi-teintes colorées.

Cependant, certaines textures semblent à la fois plus évidentes et acceptables, car faisant partie de l'expérience de la lecture d'images imprimées, partageant des aspects visuels déjà rencontrés sur des images graphiques communes. La figure n°139 ci-dessus utilise par exemple la technique des trames de demi-teinte, qui permet de produire des teintes variées à partir de semis de points de couleurs primaires (ou en nombre plus réduit). Cette astuce graphique permet d'économiser de l'encre pour l'imprimerie des grands formats, car le semis de points n'est plus perceptible au-delà d'une certaine distance de visualisation. Lorsque cette trame est visible, elle reste cependant associée au domaine du graphisme et constitue alors un effet rhétorique assez répandu en *design* graphique. Dans le cas de l'image cartographique thématique, on obtient alors une conjonction de l'effet de séparation figure / fond apporté par la texture et des effets issus de l'expression des idées de graphisme et d'impression, deux signes plastiques implicites.

Le principe de hiérarchisation visuelle du contenu de l'image par l'ajout de texture sur les éléments importants peut ainsi s'associer à d'autres idées et propriétés esthétiques portées par des textures particulières, qui évoquent soit de manière iconique la texture d'un élément extérieur qui est reconnu, soit de manière plastique des idées comme la régularité, le rythme ou leurs opposés.

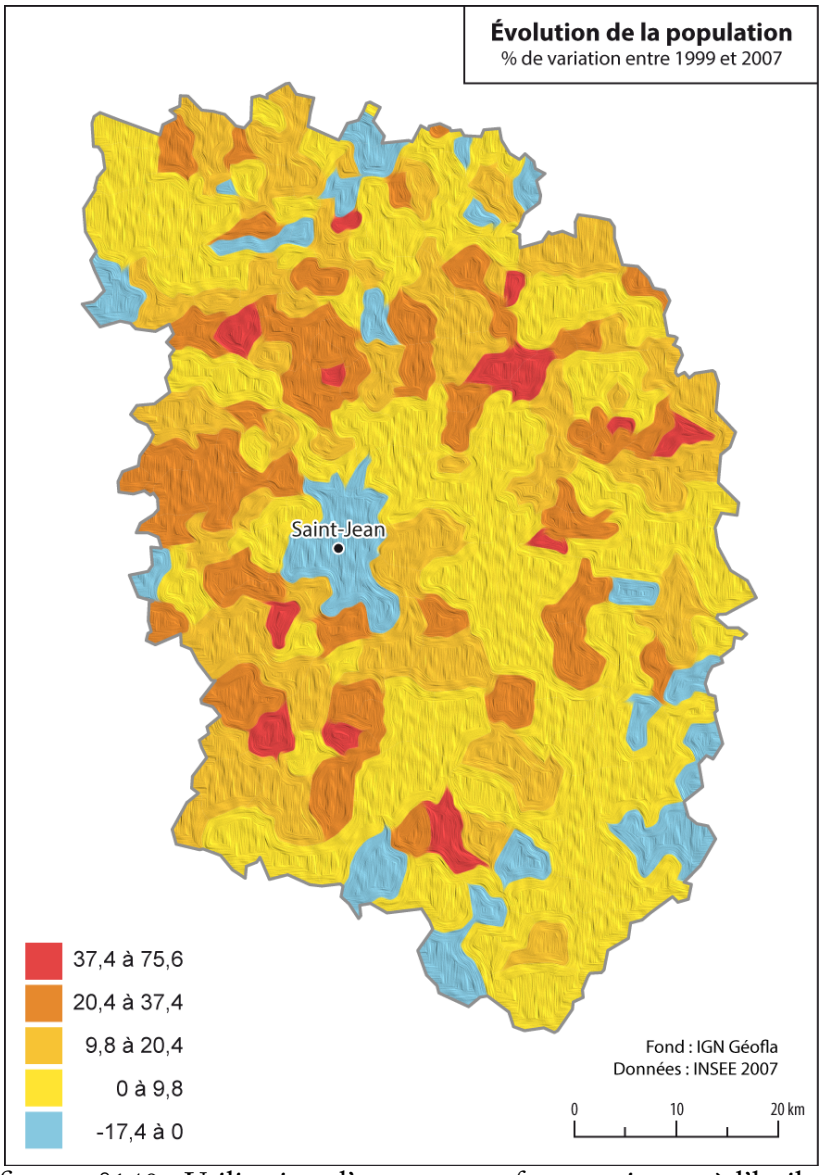


figure n°140 : Utilisation d'une texture façon peinture à l'huile.

Un autre exemple, un peu exagéré cette fois, du premier type de transformation (texture iconique) est représenté par la figure n°140 ci-dessus, qui utilise une texture rappelant celle d'une peinture à l'huile. Si l'évocation de l'art pictural peut être intéressante *a priori*, elle est ici trop incongrue et inhabituelle pour être sérieusement envisageable.

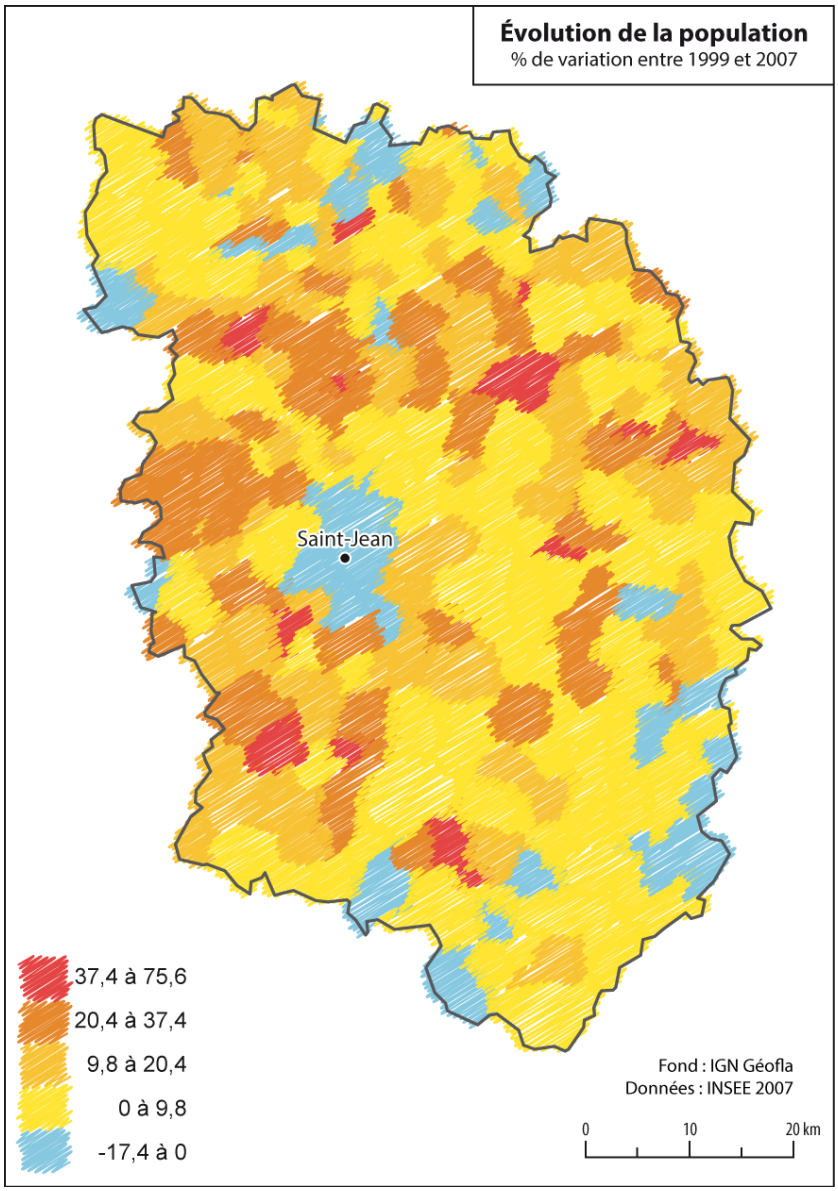


figure n°141 : Utilisation d'une texture de type crayons de couleur.

Dans le même ordre d'idées, on peut utiliser un effet de remplissage un peu moins éloigné de la cartographie, évoquant le dessin aux crayons de couleur et rejoignant ainsi l'effet rhétorique plastique relevé à propos de la carte de Ph. Rekacewicz aux crayons de couleur (figure n°43), cf. la figure n°141 ci-dessus.

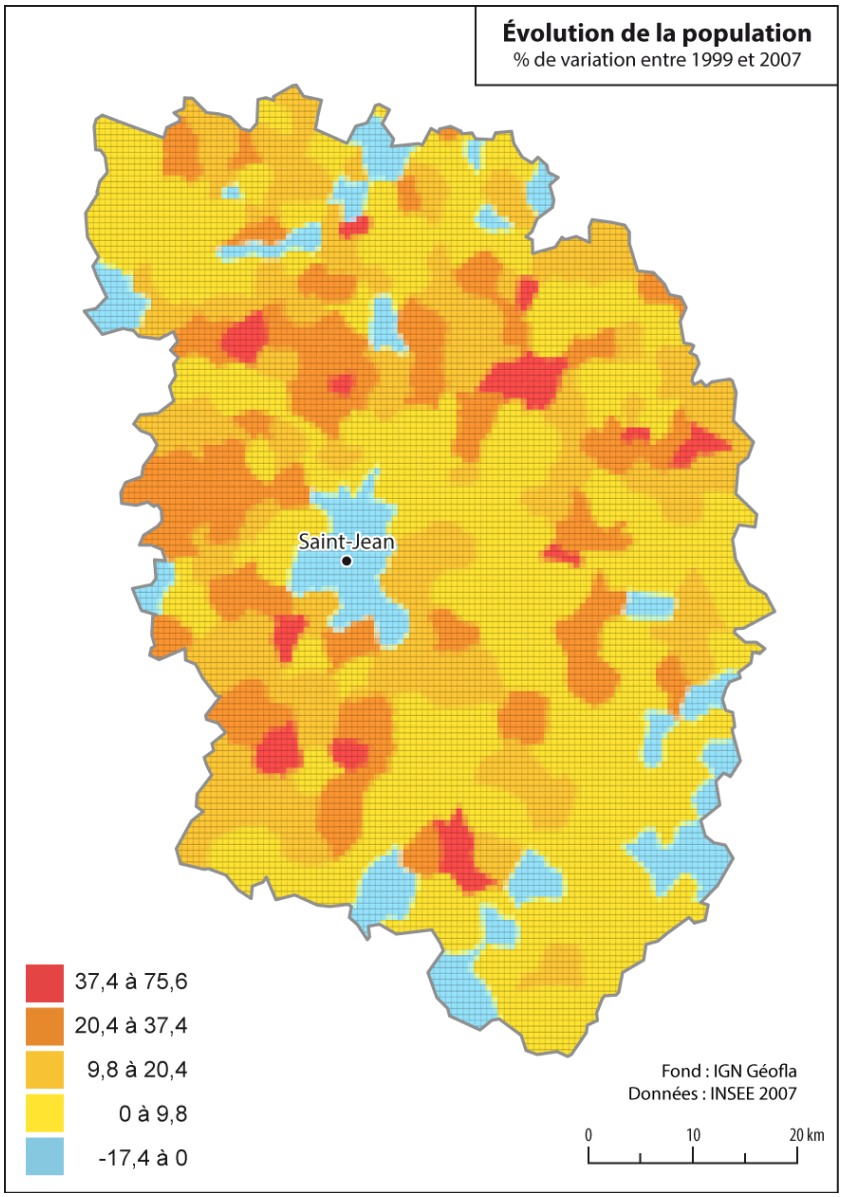


figure n°142 : Utilisation d'une texture abstraite régulière, plastique.

La figure n°142 ci-dessus propose l'utilisation d'une texture régulière qui va avoir une fonction sémiotique dans le domaine plastique plutôt qu'iconique, en exprimant des idées de l'ordre de l'artificialité, de la régularité, voir de l'abstraction digitale (pixels).

Lors de l'enquête, ces images n'ont pas été considérées comme efficaces, par rapport à la carte de référence, ni plus agréables. Même l'effet « crayonné » de la figure n°141, proposé à la question F7. Cette transformation de l'aspect visuel est importante, extensive, ce qui produit une originalité forte. Cette originalité est mieux acceptée lorsqu'elle est présentée dans un contexte adapté (on pense par exemple aux atlas édités par le *Monde Diplomatique*, dans lesquels les cartes « crayonnées » de Ph. Rekacewicz forment un ensemble cohérent). Dans l'enquête, ces variantes formelles à base de textures sont isolée et confrontées à une carte simple. Les propriétés intentionnelles qu'elles évoquent sont plutôt du domaine de l'étrangeté, le décalage rhétorique par rapport à la présentation classique est

peut-être trop important pour être apprécié positivement et utile.

- ➢ L'utilisation d'une texture sur les éléments surfaciques d'une image cartographique offre des possibilités variées pour exprimer des propriétés esthétiques par le biais de signes plastiques. Attention toutefois à préserver la cohérence générale de l'image en ne modifiant pas la hiérarchie visuelle interne, par une texture trop visible ou trop iconiquement reconnaissable. Il faut présenter ces effets graphiques de manière limitée et cohérente, ainsi que dans un contexte adapté, pour réduire l'impression de décalage, d'originalité.

Enfin, pour utiliser à la fois les variables visuelles de taille, de couleur et de forme sur la carte en valeurs absolues (symboles), on peut faire varier le type de symbole en fonction sur sens de la variation, ce qui aboutit à la carte de la figure n°143 page suivante. L'orientation du symbole permet de faire jouer les propriétés esthétiques liées à la direction (haut, élévation ou bas, écrasement), relevées par certains artistes.

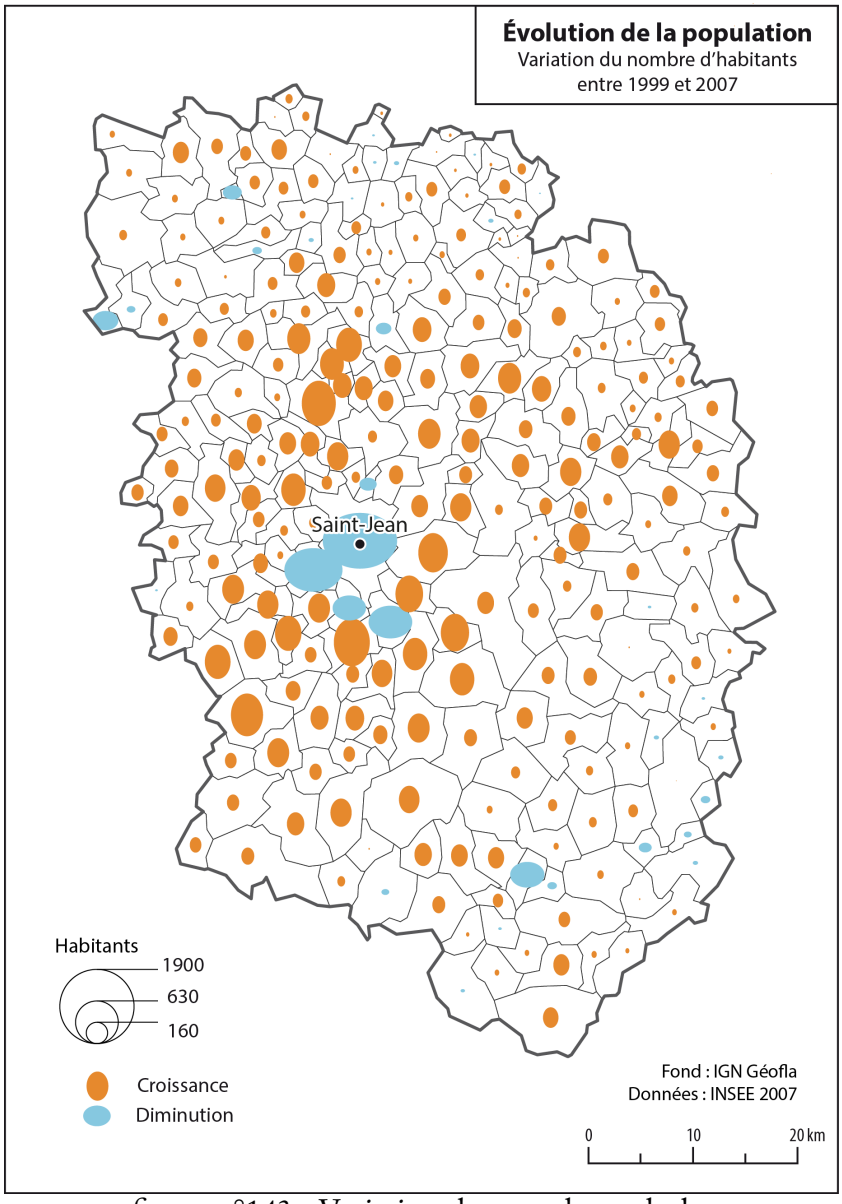


figure n°143 : Variation du type de symbole.

Lors de l'enquête, cette variante a provoqué un nombre de non-réponses relativement important, de l'ordre de 20%, mais elle a été largement rejetée (plus de 75% contre). On peut faire l'hypothèse que l'utilisation de la variable visuelle de forme, en plus de la taille et de la couleur, a perturbé la lecture de la carte au lieu de la faciliter par plus de contraste. Cette variation de la forme est habituellement utilisée pour représenter des catégories différentes d'une variable associative ou différentielle, c.-à-d. qui ne possède pas de caractère ordonné ou quantitatif. Son utilisation ici en plus des variables visuelles habituelles pour une information quantitative est donc très originale, trop originale selon l'enquête. Il faudra tester cette idée d'étirement, venue de théories artistiques, dans un contexte plus adapté, sur des variables associatives ou différentielles.

➢ Dans les représentations cartographiques utilisant les symboles avec une variation de taille, il est inefficace de faire varier la forme de ces derniers, même légèrement.

7.5.4. Disposition et mise en page des éléments

L'organisation spatiale de l'image, la disposition des éléments qui la composent sur la page, joue un rôle important dans sa perception, car elle va conditionner la structure principale de l'image. Cette structure visuelle principale correspond à l'impression première sur laquelle va se baser la suite de la lecture, par le biais de la détermination des cheminements de l'attention les plus prometteurs (cf. *supra*, chapitre 1). La mise en page d'un document correspond par ailleurs à la notion de composition.

Cette mise en page est généralement conçue en suivant des règles usuelles de présentation, non écrites mais souvent illustrées dans les manuels de cartographie[13].

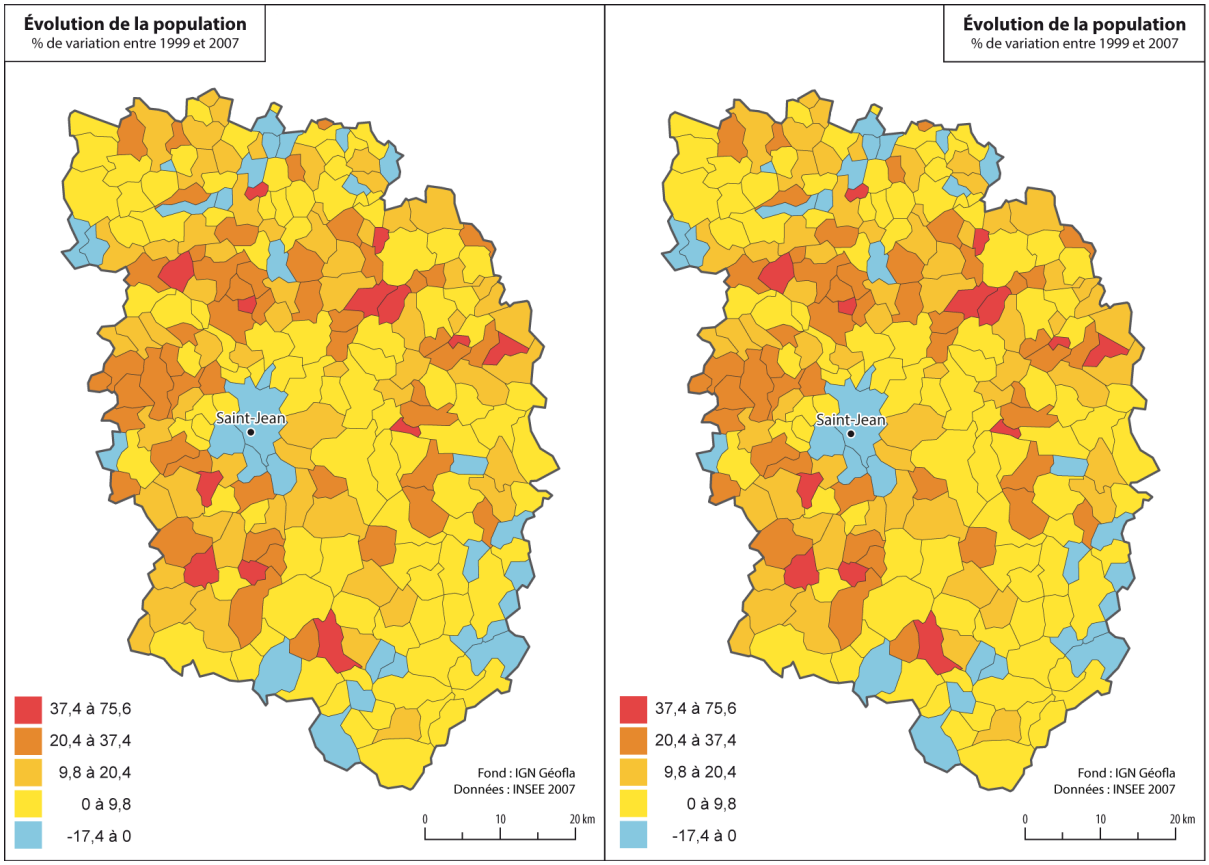


figure n°144 : Variation de l'équilibre de la mise en page.

Par exemple, dans la carte de gauche de la figure n°144 ci-dessus, le cadre du titre est aligné en fer à gauche avec la légende. Si l'on part du principe que le parcours logique de l'attention d'une personne qui lit habituellement de gauche à droite, le coin haut-gauche de l'image sera le point d'entrée dans l'image, une fois celle-ci identifiée comme un document composite. Cependant cet alignement à gauche déséquilibre le document du point de vue de la répartition des poids visuels par rapport au point central considéré comme le centre de gravité (par les artistes abstraits et les auteurs en *design* graphique évoqués aux chapitres cinq et six). L'image de droite tente de rétablir cet équilibre en alignant les éléments selon la diagonale.

13. Cf., par exemple [WEGER, 1999], ch 4., p. 84 ou [TYNER, 2010], ch. 2, p. 21

Lors de l'enquête, ces deux variantes d'arrangement des éléments ont été perçus comme sensiblement identiques du point de vue de l'efficacité et du caractère agréable. Le fort taux de non-réponses indique en outre que le public enquêté n'a pas perçu l'intérêt de la question, la répartition spatiale des éléments dans l'image n'a donc pas ici beaucoup d'effet.

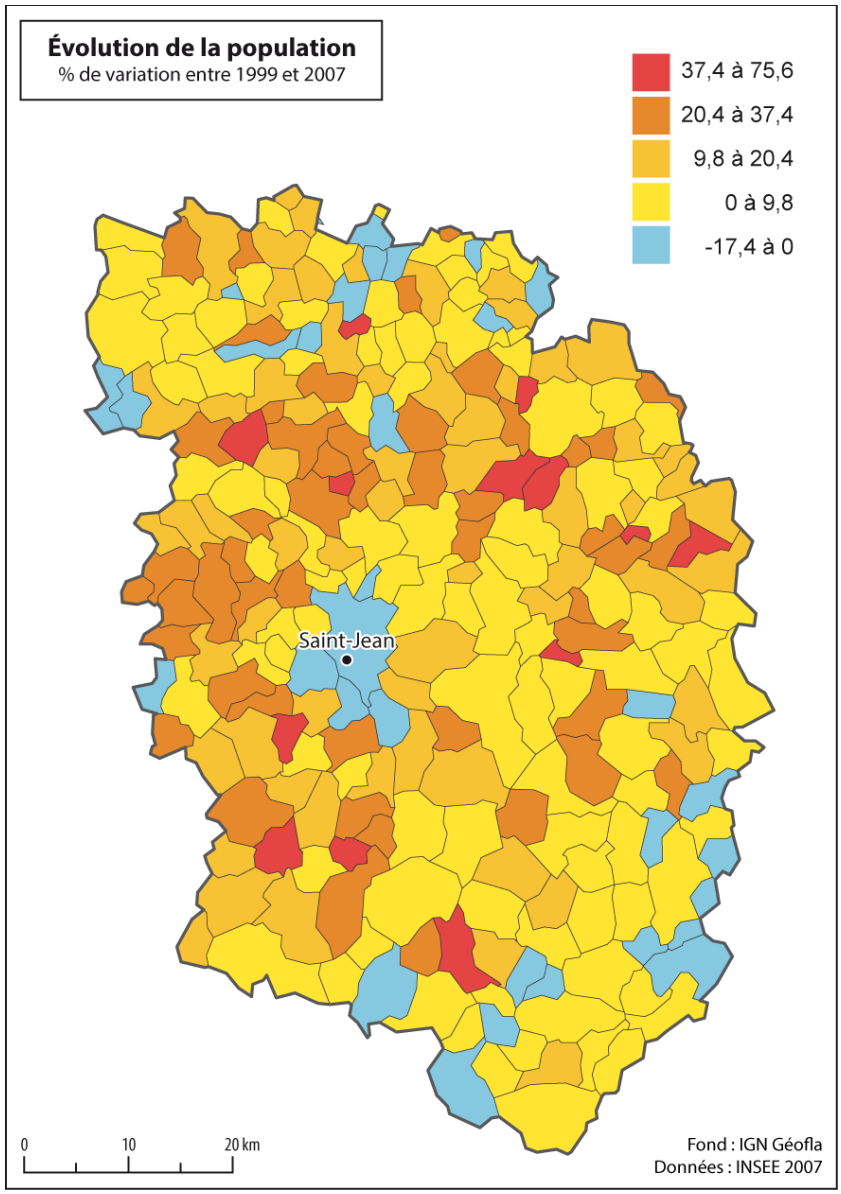


figure n°145 : Positionnement alternatif de la légende.

Dans la figure n°145 ci-dessus, la légende a été placée en haut de l'image, à l'inverse de la carte de référence. La légende étant un élément indispensable de la carte son poids graphique est important, mais d'une lecture secondaire par rapport au fond de carte lui-même, cette position peut sembler incongrue. Cela peut être un moyen pour faire réagir le lecteur en lui proposant une mise en page inhabituelle. Le test par enquête montre que ce déplacement est considéré comme un peu moins efficace et moins agréable que la présentation de référence, mais le nombre de non-réponses reste élevé (40%).

- ➢ Le signe plastique de l'équilibre de la composition peut être utilisé, notamment pour l'expression de la structure de l'image, la hiérarchie de son information. Cependant il n'est pas d'un effet très puissant lorsqu'il est présenté en confrontation à d'autres compositions. Il faut donc là encore prendre en compte le contexte et la cohérence de la carte par rapport à celui-ci et aux éventuelles autres cartes d'une série.
- ➢ L'équilibre d'une composition est le plus souvent dicté par le poids visuel et la position des éléments, par rapport à une direction haut / bas gouvernée par l'habitude de la gravité terrestre et le sens de lecture.

Toujours dans ce même thème de la mise en page, il est aussi possible de faire varier la taille respective des éléments pour provoquer des écarts à la présentation usuelle et donc potentiellement offrir une base graphique à des propriétés esthétiques.

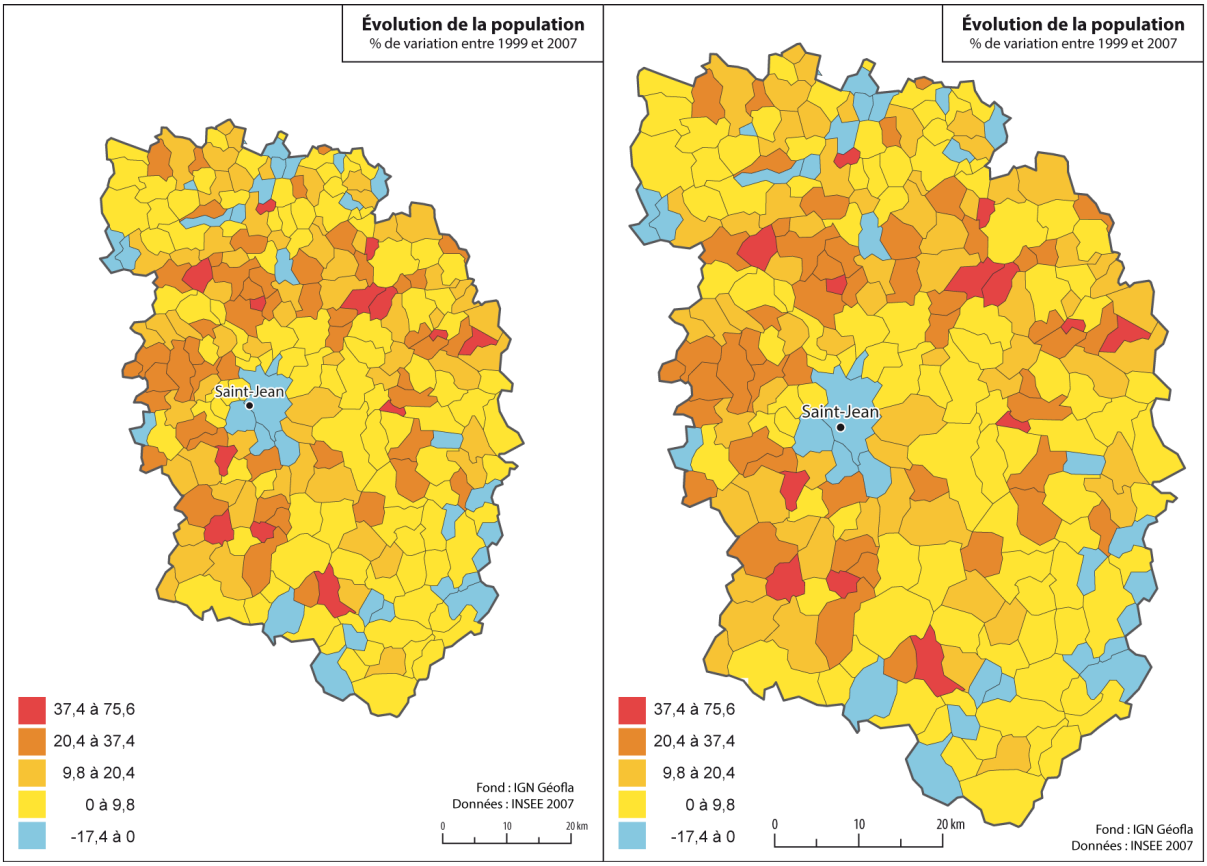


figure n°146 : Variation du dimensionnement des éléments de la mise en page.

Dans la figure n°146 ci-dessus, le fond de carte a été dimensionné de manière légèrement différente de celui de la carte de référence, en le réduisant ou en l'augmentant. L'effet produit est caractéristique des sensations relevées par exemple par W. Kandinsky, avec à gauche plutôt un sentiment d'isolation, d'équilibre central, et à droite une tension qui naît de l'interaction rapprochée entre le fond de carte, les autres éléments de la mise en page et les limites de l'image. On peut aussi y voir une évocation de l'importance plus ou moins grande du territoire et de la thématique représentée.

Au-travers de l'enquête, l'effet de ces variations de la taille du fond de carte a provoqué des réactions plus importantes que lors des tests précédents de modification de la mise en page. Le biais provoqué par la présentation en vis-à-vis des images est très important, la personne enquêtée évaluant forcément l'effet comparé des images plutôt que l'impression spécifique de la variante. La réduction de la taille relative du fond (question M3) est nettement perçue comme moins efficace et moins agréable que la référence (65% contre 10%), alors que la situation est bien moins contrastée en ce qui concerne la variante présentant une augmentation de la taille du fond de carte. Dans ce dernier cas, la différence d'efficacité est moins grande (26% contre 45% pour la carte de référence) et l'écart sur l'aspect agréable se réduit un peu (18% contre 60%). Si le « petit » fond de carte est perçu comme étonnant, le fond de carte agrandi présente un aspect moins curieux et se voit créditer d'une certaine efficacité. Outre l'amélioration de la lisibilité « brute » qu'apporte l'agrandissement, la tension entre le fond et les bords de l'image doit avoir un effet.

➢ La variable visuelle de taille est un signe plastique qui peut aussi s'utiliser sur les éléments de la composition d'une image, pour en hiérarchiser la lecture et exprimer des émotions comme la tension et l'interaction.

7.5.5. Aspect général et compositions complexes

Pour en arriver à des mises en œuvre combinées et un peu plus complexes des différentes idées graphiques glanées chez les artistes abstraits et en *design* graphique, on peut imaginer travailler l'aspect général de l'image cartographique de manière plus extensive. Cette combinaison de propriétés graphiques peut de plus permettre de développer des effets en profondeur, coordonnés pour l'établissement des bases nécessaires à la survenance facilitée de propriétés esthétiques. Cette coordination aboutit parfois à l'établissement d'un ensemble de réglages graphiques qui pourraient potentiellement prétendre au qualificatif de style.

Par exemple, on peut essayer de reprendre les catégories de la description stylistique établie par H. Wölfflin (cf. *supra*, ch. 4) correspondant au dessin de formes ouvertes, indistinctes, fondues, ou au contraire fermées, clairement délimitées, superposées.

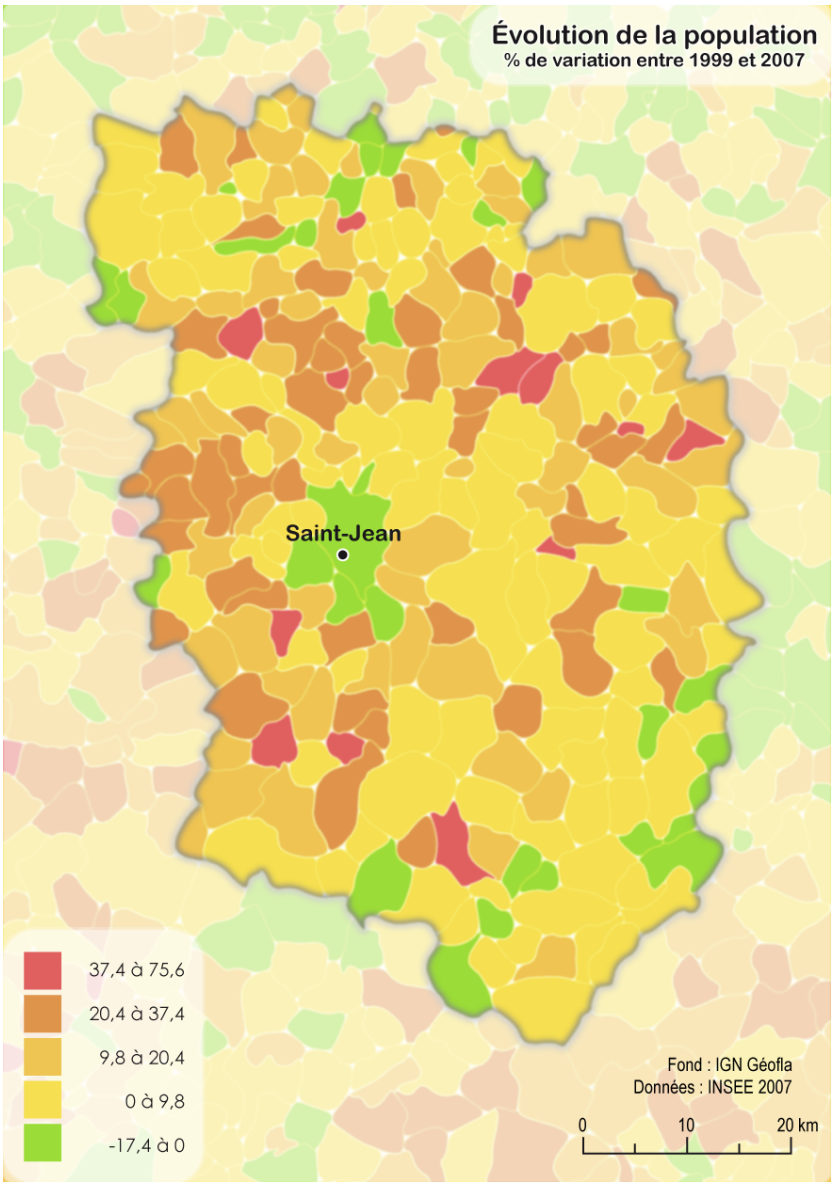


figure n°147 : Composition de formes ouvertes.

La figure n°147 ci-dessus est un essai de composition des formes graphiques de la carte de référence pour produire des formes ouvertes, et une impression esthétique correspondante.

Les moyens de représentation utilisés et coordonnés pour cela sont les suivants :

- utilisation d'un fond de carte continu et d'une transparence pour mieux intégrer fond de carte et fond d'image ;
- couleurs de la choroplèthe légèrement désaturées ;
- emploi du vert comme couleur opposée au rouge ;
- lissage et floutage des contours des communes et de la région ;
- meilleure intégration du titre et de la légende par des cadres transparents et arrondis ;
- utilisation de polices de caractères arrondies.

Cette image a été testée dans l'enquête (question A1) : son efficacité est jugée moindre que celle de la carte de référence (19% contre 67%) mais son caractère agréable est considéré comme nettement supérieur (45% contre 38%). L'aspect visuel de l'image est beaucoup plus travaillé, complexe, que celui de la carte de référence, le public enquêté y réagit clairement. Cependant, ces modifications visuelles ont pour résultat de rendre l'image un peu moins nette, les éléments sont fondus, son information moins lisible, ce qui en réduit l'efficacité dans le contexte de la carte thématique.

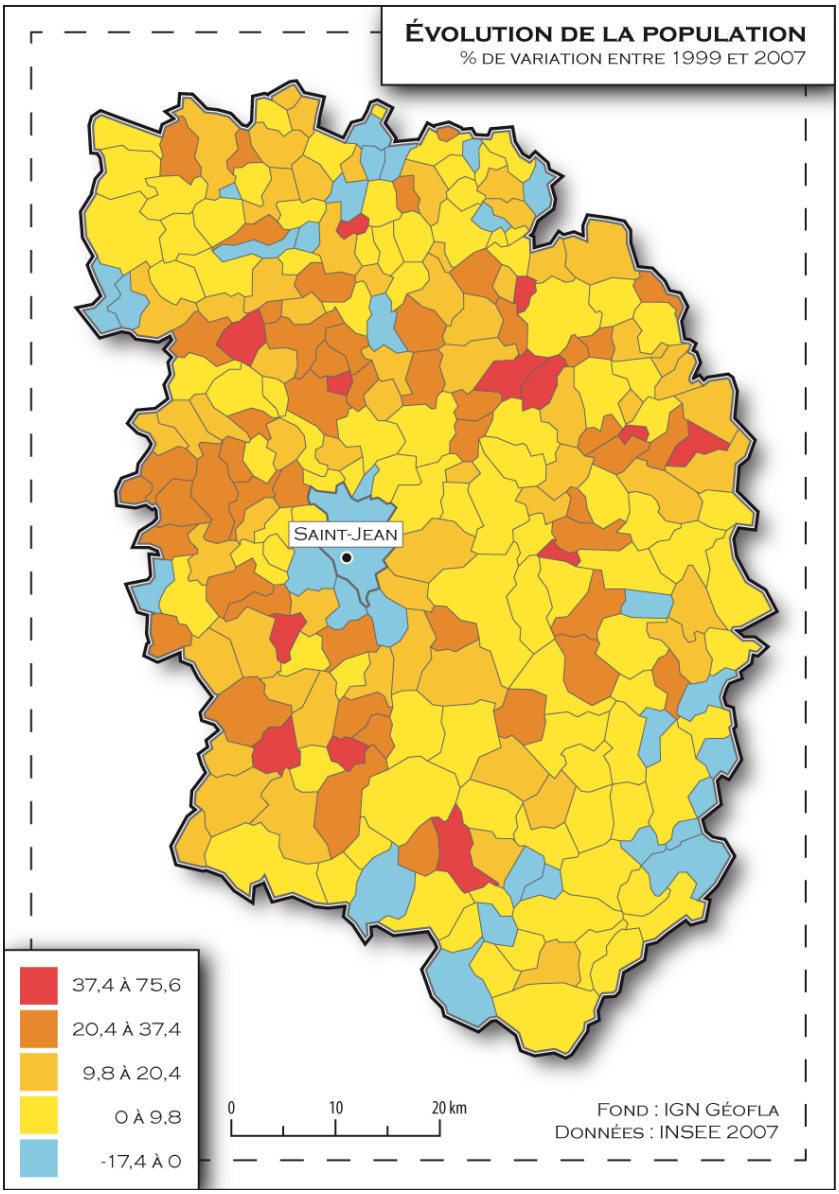


figure n°148 : Composition de formes fermées

À l'inverse, la figure n°148 a été réalisée en essayant de développer l'impression de fermeture des formes qui la composent.

Les moyens de représentation utilisés sont les suivants :

- isolement du titre, du fond de carte et de la légende par un ombrage qui les détachent du fond blanc de l'image ;
- renforcement (épaisseur, luminosité, doublement) des contours des communes et de la région ;
- ajout d'un cadre autour du toponyme central ;
- utilisation d'une police de caractères plus anguleuse ;
- ajout d'éléments décoratifs : liseré autour de la carte.

Cette image a provoqué plus de non-réponses que la précédente lors de l'enquête. Elle a été jugée moins efficace (18% contre 50%) que la carte de référence, mais aussi moins agréable (31% contre 47%). Le contraste général de l'image reste élevé, les éléments de la mise en page sont nets, mais la multiplication de cadres et d'angles perturbe la lisibilité tout en dégradant l'aspect esthétique de l'image.

Avec l'objectif d'une composition d'effets graphiques plus mesurée, prenant soin avant tout de la structure de l'information à transmettre, on a réalisé les cartes de la figure n°149.

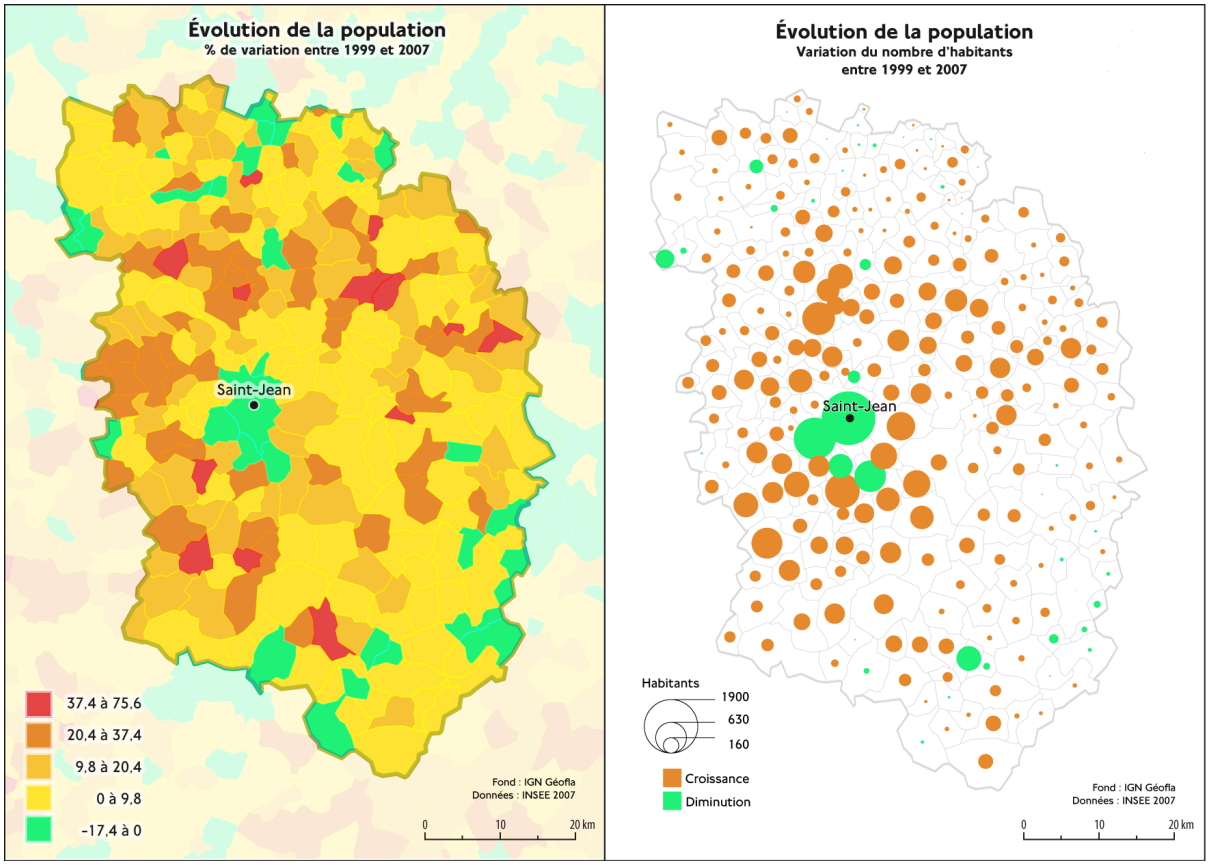


figure n°149 : Composition structurée d'effets.

Les moyens utilisés pour transformer l'aspect général de la carte sont les suivants :

- utilisation d'un fond de carte continu et d'une transparence pour mieux intégrer fond de carte et fond d'image ;
- emploi du vert comme couleur opposée au rouge ;
- réduction de la saillance visuelle des contours des communes et de la région ;
- meilleure intégration du titre et de la légende avec le remplacement des cadres par des réserves transparentes ;
- utilisation d'une police de caractères *sans serif* moins classique que la sempiternelle Myriad ;
- centrage du titre principal.

La carte choroplèthe réalisée selon ces principes est utilisée à la question A3 de l'enquête. Elle en constitue un des résultats marquants, avec une efficacité certes considérée comme un peu moindre que celle de la carte de référence (29% contre 47%), mais cette valeur n'est pas négligeable. C'est surtout son caractère agréable qui est remarquable : il est considéré comme supérieur pour le double de personnes enquêtées (54% contre 27%). Le fait d'utiliser du vert à la place du bleu pour les valeurs négatives, ce qui a été jugé comme inadapté par une majorité d'enquêtés (question C1) peut en partie expliquer ce résultat défavorable en efficacité. Le succès de cette variation formelle complexe est notamment plus marqué dans deux sous-groupes d'enquêtés : les chargés d'études et les personnes travaillant dans le domaine de l'édition, peut-être moins influencés par une formation universitaire classique en géographie.

Le résultat est moins probant en ce qui concerne la carte en symboles proportionnels (question A4), dont les variations graphiques étaient en effet plus difficiles à percevoir sur une image de cette taille.

➢ On peut combiner des effets graphiques pour les coordonner et renforcer leur action. Cette combinaison peut aboutir à la constitution d'un style ou de règles graphiques régulières, associées à des signes plastiques exprimant des idées et des émotions stables.

En résumé, ce chapitre constitue une étape sur le chemin de l'application des idées relevées dans les parties précédentes. Il a tout d'abord proposé, dans une première partie, une synthèse pratique d'idées nouvelles[14] pour le développement de la méthodologie de la cartographie thématique, sous la forme de possibilités d'application concrète. Parmi ces idées, deux d'entre elles nous ont semblé particulièrement accessibles et intéressantes : la visualisation de la complexité de perception et des relations colorées d'une image. Elles feront l'objet d'un développement approfondi dans le cadre des deux prochains chapitres.

Dans une deuxième partie, ce chapitre a prolongé la démarche engagée dans les chapitres cinq et six, qui s'étaient intéressés aux signes plastiques supports de propriétés esthétiques évoqués par des artistes abstraits théoriciens et des concepteurs graphiques. Comme ces chapitres présentaient déjà une synthèse pratique sous la forme de tableaux et schémas, on a pu aller plus loin en établissant des propositions de mise en application de ces signes sur un exemple assez représentatif de cartes thématiques simples. Ces propositions ne constituent naturellement pas une liste exhaustive des perspectives ouvertes par l'approche développée dans les deux premières parties de ce travail, mais une première exploration concrète d'un domaine assez vaste, qui restera à développer dans les recherches à venir.

L'enquête qui a été menée pour évaluer ces propositions a permis de les relativiser, par rapport à un public diversifié d'utilisateurs de cartes. D'une manière générale, les représentations « classiques », relativement simples, présentées comme référence ont presque toujours été considérées comme plus efficaces que les variantes formelles proposées en vis-à-vis. Cependant l'appréciation de l'aspect esthétique des images varie beaucoup plus selon les questions et une partie non négligeable des variantes proposées a été considérée comme étant plus agréable. Les choroplèthes peuvent supporter des camaïeux de couleurs originaux, si le contraste général de l'image ainsi que l'opposition entre les deux situations de la variable représentées (négatif / positif) sont préservés. Il existe donc une marge de manœuvre importante pour le choix des combinaisons de couleurs, qui laisse la place pour l'expression de propriétés esthétiques. On retiendra aussi que les variations de forme ne sont pas pertinentes lorsqu'elles s'appliquent seules, de manière isolée. Lorsqu'on les combine, elles peuvent produire des images plus contrastées, plus lisibles et plus agréables. Le jeu sur la netteté et son utilisation pour renforcer la hiérarchie visuelle de l'image semble particulièrement efficace. Cette enquête a été construite comme une première évaluation, proposant des questions simples. Le nombre important de réponses reçues[15] et l'intérêt exprimé par bon nombre des personnes questionnées laisse présager la possibilité d'enquêtes complémentaires. On pourrait y évaluer des combinaisons de variations formelles plus variées et plus complexes, se rapprochant de solutions praticables dans un contexte normal de production cartographique.

14. Nouvelles dans ce contexte cartographique et dans leur description explicite au sein d'un ensemble coordonné, cohérent, de propositions méthodologiques d'utilisation de l'esthétique.
15. 820 réponses complètes en deux mois, 1506 réponses en tout.

Chapitre 8

Estimer différentes complexités visuelles d'une carte thématique

Introduction

Le concept de complexité, dans le cadre de la lecture d'une image cartographique, a été présenté plus haut (cf. *supra.*, §1.6). La complexité visuelle peut être comprise comme un obstacle à la lecture d'une carte, donc comme un facteur à prendre en compte lors de la composition cartographique. Le chapitre précédent a établi que l'idée de profondeur était aussi un indice de qualité esthétique, si la lisibilité était préservée et accompagnée par l'organisation de l'image. On rappellera simplement ici la déclinaison de la notion de complexité en différents types, selon les étapes du processus de lecture de la carte (cf. figure n°150, ci-dessous).

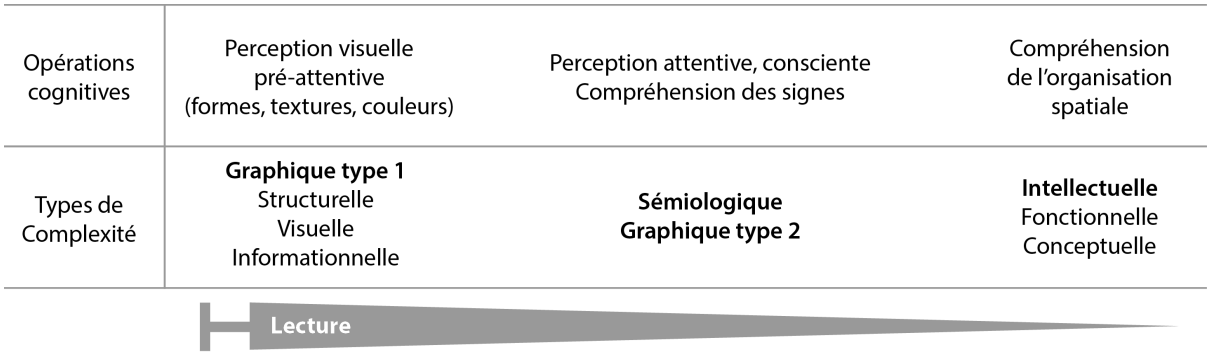


figure n°150 : Les différents types de complexité d'une carte thématique.

On a évoqué l'intérêt d'une évaluation et d'une visualisation de ces types de complexité au chapitre précédent, à propos de la charnière entre la perception et la cognition des images. La disponibilité d'algorithmes et de composants logiciels de traitement en temps réel des images permet aujourd'hui de concevoir des outils qui offrent une visualisation de certaines méthodes de mesure de la complexité évoquées dans la littérature. Le présent chapitre a pour objectif de tester ces méthodes de visualisation, pour en vérifier l'utilité et les limites, dans le cadre d'une utilisation pédagogique, accessible. Le type de complexité visé par ces outils est uniquement perceptif, graphique (type 1), mais on cherchera à prendre en compte des types progressivement plus profonds, de la simple densité d'information graphique à la capacité de correspondre au fonctionnement du système perceptif humain, l'adaptation aux processus mentaux de la perception visuelle. On se rapproche ainsi de l'expérience du lecteur de la carte, et par conséquent de la notion de lisibilité.

8.1. La complexité graphique informationnelle : mesurer et visualiser l'entropie

Les méthodes de mesure de la complexité graphique citées dans la littérature ont généralement pour résultat une seule valeur numérique, un indice global[16]. Cet indice permet de résumer la complexité d'une image cartographique en une valeur numérique, ce qui permet ensuite de comparer des images entre elles, par exemple des versions d'une carte après modification d'un paramètre de la représentation (généralisation cartographique, changement du style de la représentation d'un type d'information, ajout d'informations géographiques complémentaires, etc.). Cette mesure est très utile, mais il peut sembler étonnant que n'aient pas été développées des méthodes de *visualisation* examinant la complexité interne de l'image. On pourrait ainsi repérer les régions plus complexes que d'autres et mieux percevoir la structure visuelle de l'image de ce point de vue, dont on a pu établir l'importance dans les chapitres précédents. L'hypothèse centrale reste celle d'une corrélation entre complexité (ici visuelle, graphique de type 1) et difficulté de lecture de la carte.

Nous avons développé des méthodes et des outils logiciels apportant une visualisation dece type, en choisissant comme mesure de la complexité deux techniques différentes : les arbres quaternaires (*quadtrees*) et la compression par transformée cosine discrète. La première technique a été choisie à titre d'expérience, comme approche visuelle simple de l'idée de complexité interne d'une image. La seconde technique a été utilisée, car elle possède un caractère généraliste et une validation scientifique existante, comme poursuite des travaux de D. Fairbairn sur la compression[17]. D'autres indices de complexité auraient été envisageables, par exemple à partir des approches statistiques de dissimilarité et de connexité utilisées en écologie du paysage, mais l'objet d'étude en est différent et leur examen aurait nécessité une recherche à part entière.

8.1.1. Visualiser directement la complexité graphique : les quadtrees.

Les *quadtrees*[18] (arbres quaternaires) correspondent à un type de structure de données informatique issue de la théorie des graphes, représentant la généralisation à deux dimensions des arbres binaires. Ces arbres permettent de séparer un ensemble de valeurs hiérarchiquement, sur un critère choisi d'avance. L'intérêt ici est de pouvoir utiliser cette méthode pour *dessiner* (donc visualiser) des formes dont la complexité visuelle (degré de ramification) sera une illustration plus claire (car isolée) de la complexité de l'image.

16. Cf. la revue dans [Fairbairn, 2006].
17. *op. cit.*
18. [Finkel, Bentley, 1974]

8.1.1.1. Méthodologie employée

Sur une matrice de pixels, les *quadtrees* réunissent les pixels adjacents dont la différence de valeur est inférieure à un seuil donné, afin de donner une *feuille* de l'arbre[19]. En raison de son fonctionnement sur la valeur des pixels, cette méthode est limitée au traitement d'images sur un seul canal ou en niveaux de gris[20]. Les images en couleur sont donc converties en niveaux de gris par l'algorithme classique qui affecte à chaque canal coloré d'origine (rouge, vert et bleu) une pondération en fonction du niveau de perception des couleurs de ce canal par le système psychovisuel humain[21]. Il aurait en effet été difficile de synthétiser trois *quadtrees*, un par canal, en une seule image, ou d'utiliser un seuil de détection valable sur trois canaux. Outre une perte évidente d'information, le simple fait de convertir en niveaux de gris ajoute des valeurs intermédiaires dans les intensités, et augmente ainsi artificiellement le type de complexité mesuré. C'est donc une contrainte importante, qu'il faudra prendre en compte dans le commentaire des résultats. Cependant cette méthode reste utile à mentionner dans notre examen d'une gamme de possibilités.

La racine de l'arbre correspond à l'intégralité de l'image. L'algorithme va subdiviser l'image successivement en quadrants de taille plus petite à chaque étape. Lorsque les différences entre pixels au sein d'un même quadrant sont inférieures au seuil prédéfini, le quadrant n'est plus subdivisé et devient une feuille de l'arbre final (cf. figure n°151 page suivante).

Dans le cadre de l'analyse de complexité d'une image, nous pouvons choisir un critère comme la différence de valeur d'intensité entre pixels adjacents. Ainsi, lorsque l'image présente un grand nombre de pixels de différentes valeurs, les feuilles de l'arbre seront nombreuses, pouvant aller jusqu'à une feuille par pixel. Lorsqu'une image comprendra une plage de pixels de valeur proche, cette plage sera englobée au sein d'une feuille unique. La complexité de l'image peut alors se mesurer en comptant le nombre de feuilles au sein d'une zone prédéfinie, et être *visuellement* appréciée : la complexité de l'arbre, le nombre de ses ramifications, étant une métaphore pour la complexité de l'image. Il suffit alors de dessiner l'arbre, c'est-à-dire le contour de ses feuilles plus ou moins grandes, pour apprécier la densité de feuilles et donc la complexité de l'image source.

19 D'autres critères auraient pu être expérimentés, comme une détection des variations de teinte brusque, mais nous nous sommes restreints au critère de différence de valeur (intensité sur un canal) des pixels qui est classique et bien documenté. De même il existe des algorithmes fonctionnant sur les trois canaux mais leur fonctionnement nous éloignerait trop de notre objectif de visualisation simple.

20 Sauf à devoir choisir une méthode de combinaison des canaux, dont l'effet sur la mesure de la proximité des valeurs sera forcément très importante, et qui demanderait des tests approfondis.

21 La vision humaine présente des différences de sensibilité dans les trois couleurs primaires, due à la densité différente des récepteurs des couleurs sur la rétine. Pour en tenir compte lors de la conversion d'une image couleur en une image en niveaux de gris représentative des capacités humaines de perception, il faut pondérer l'intensité des valeurs par un coefficient spécifique à chaque canal rouge, vert et bleu. Les coefficients utilisés ont été établis après de nombreux tests et mesures qui ont abouti à la norme standardisée CIE 1931.

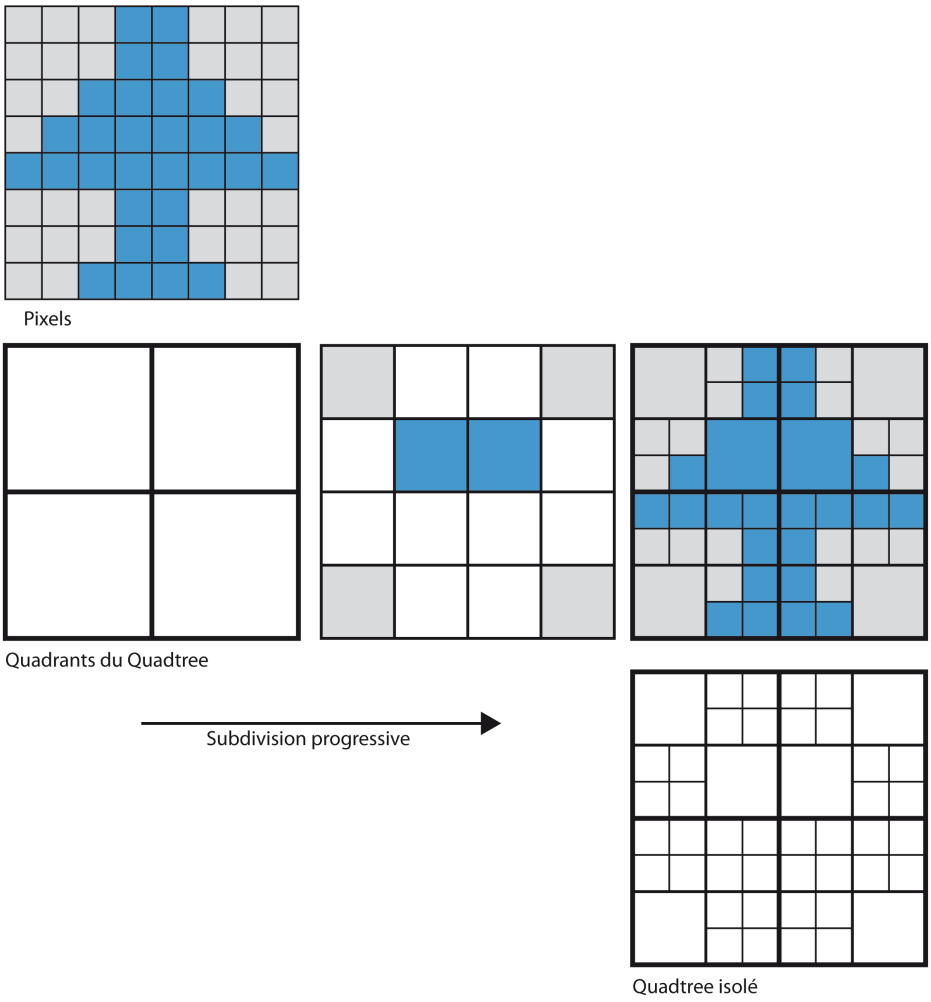
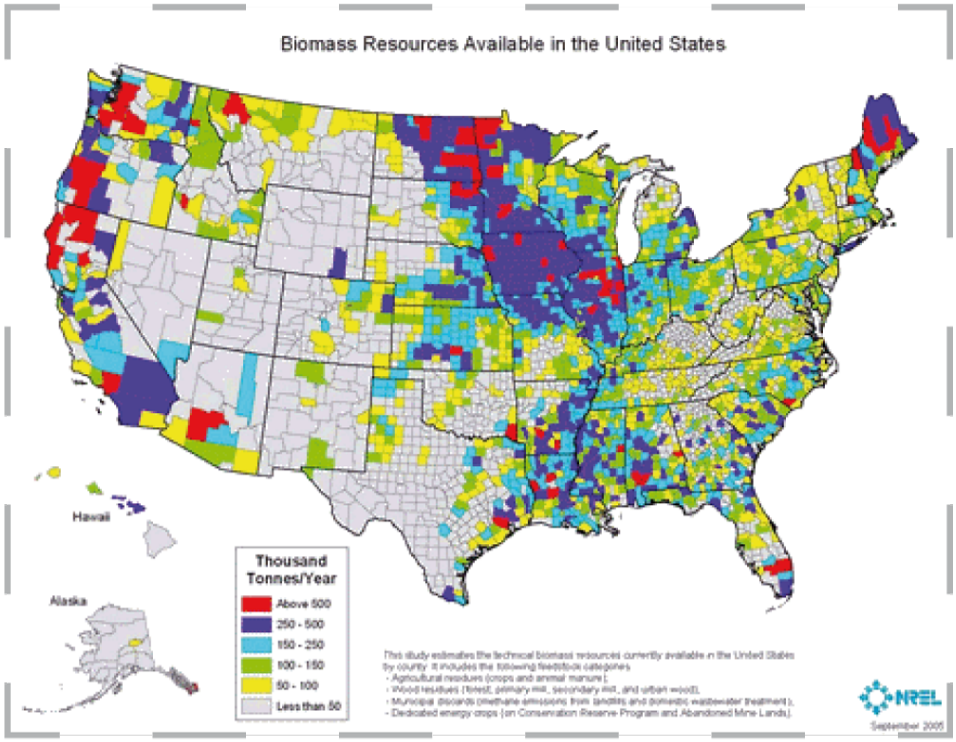


figure n°151 : Calcul progressif d'un arbre quaternaire.

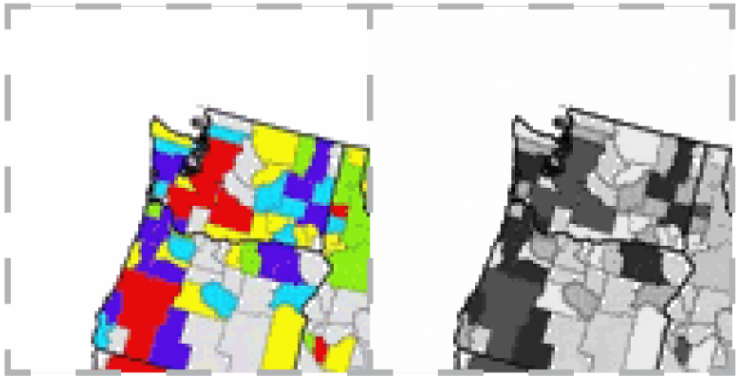
Le fait que de nombreuses petites feuilles soient adjacentes peut être assimilé à une densité importante des variations locales de valeur, donc une quantité d'information (brute, numérique) importante. Cette complexité est donc assez abstraite, elle ne correspond qu'à une petite partie de la complexité du point de vue de la perception humaine. Par ailleurs, cette détection est dépendante d'un seuil de différence fixé à l'avance, et ce seuil n'est pas adaptatif : valable pour toute l'analyse de l'image, il ne varie pas en fonction du contenu.



1a

Carte choroplèthe, image d'origine (basse résolution)

Carte du NREL, 2009, version de 460x355 pixels
http://www.nrel.gov/gis/biomass.html



Extrait de 100x100 pixels

Couleur d'origine et désaturation grise.

figure n°152 : Image de test n°1

8.1.1.2. Résultats

L'image cartographique de test n°1 (figure n°152, ci-dessus) est une carte choroplèthe, distribuée sur son site Internet par le *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, une entité du ministère de l'Énergie des USA[22]. Elle a été choisie pour son caractère coloré et sa complexité interne variable, la donnée statistique étant représentée à l'échelon des comtés, qui sont d'une superficie très hétérogène sur le territoire du pays. Par ailleurs, elle présente une utilisation sémiotiquement fausse de la variable visuelle de couleur, pour traduire une relation d'ordre entre des valeurs quantitatives, ce qui induit une complexité *graphique* (type 2, sémiotique) et intellectuelle artificielle.

La première série d'illustrations (figure n°153, ci-après.) présente les résultats d'un calcul des *quadtrees*, sur une version à résolution réduite de l'image, au format JPEG[23], dans l'objectif de tester un type de format numérique d'image cartographique très courant dans les publications en ligne.

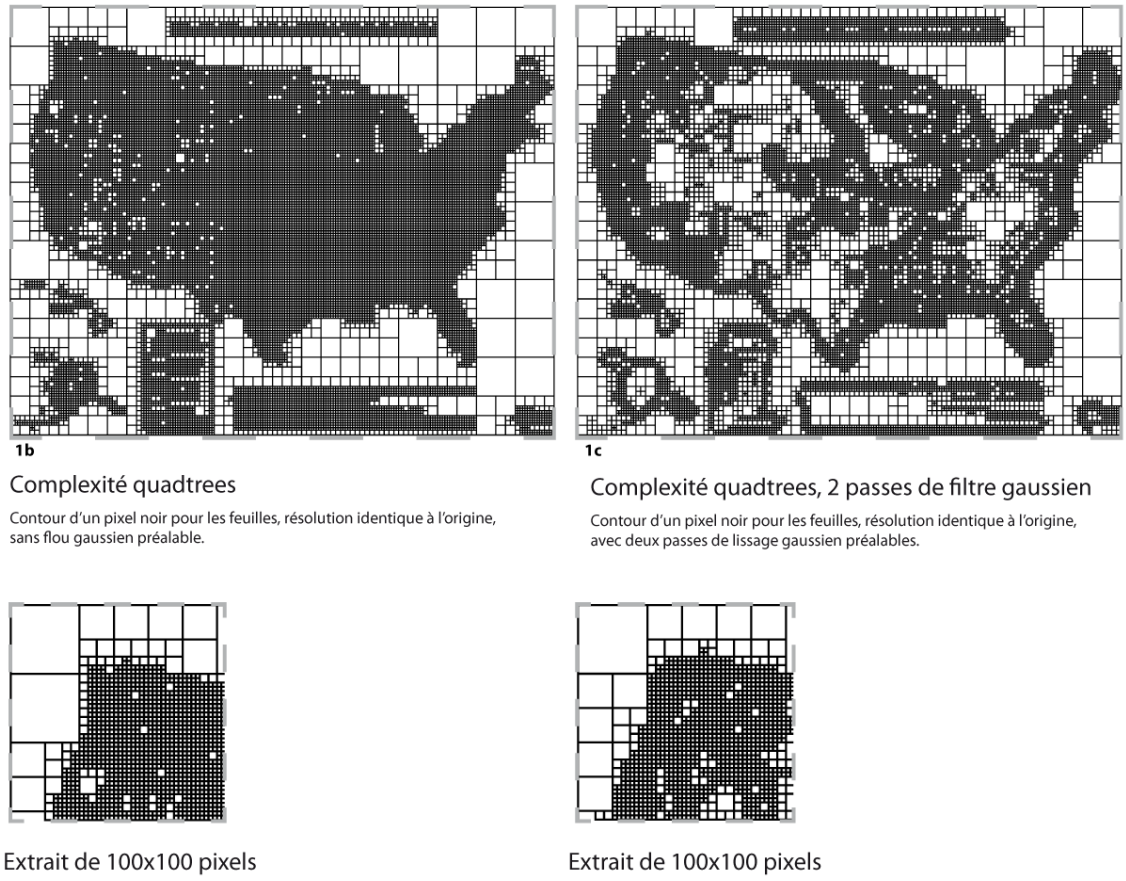


figure n°153 : Application de la méthode des quadtrees à l'image de test n°1.

22 http://www.nrel.gov/gis/biomass.html (visité le 21 août 2012)

23 *Joint Photographic Expert Group*, association professionnelle qui a donné son nom à l'une des normes les plus utilisées pour diffuser des images sur le réseau Internet.

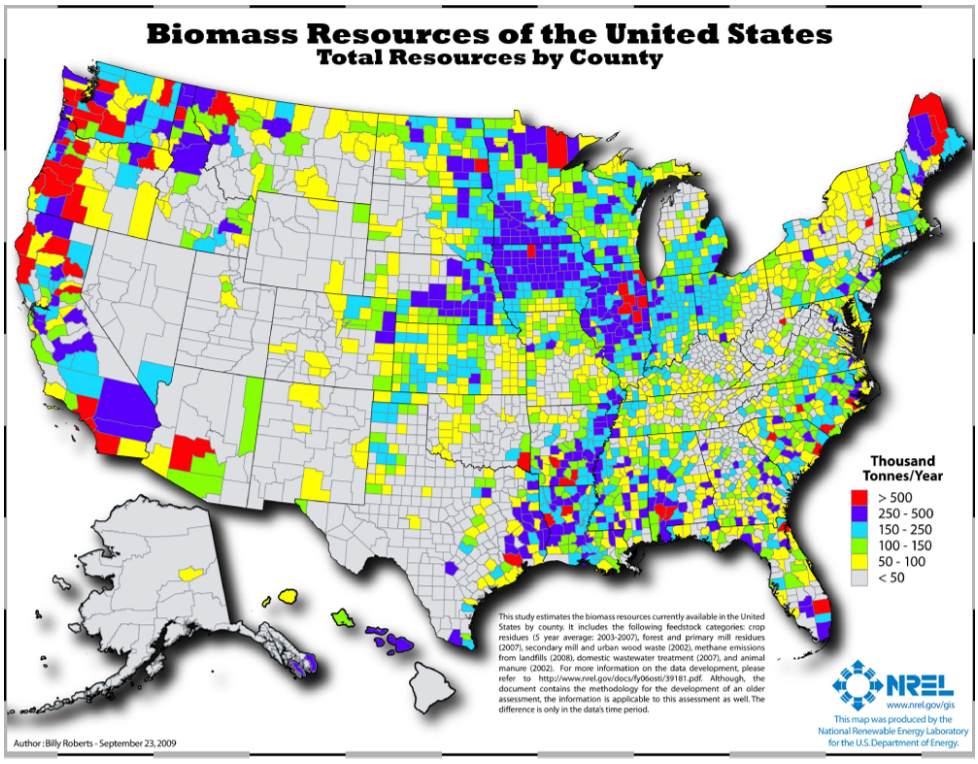
La première visualisation de la complexité (image 1b, figure n°153) utilise la méthode des *quadtrees* directement à partir de l'image originale. Le résultat semble assez conforme aux prévisions, avec une complexité qui apparaît dès que la valeur des pixels change par rapport au fond blanc. Cependant, cette complexité atteint très rapidement son maximum et presque l'ensemble du pays se retrouve avec des « feuilles » de *quadtree* très petites. L'origine de ce problème se situe premièrement dans un effet de la compression JPEG utilisée, auquel la méthode se révèle très sensible. La compression JPEG a en effet comme inconvénient de produire des « artefacts », de légères distorsions de valeur dans l'image[24], à proximité des changements brusques et localisés de couleur (dont les caractères du texte, entre autres). Deuxièmement, la faible résolution de l'image implique que la densité d'information est grande, par rapport au nombre de pixels utilisés, et les variations de valeur n'ont pas physiquement la place de se répartir sur plusieurs pixels. L'algorithme de mesure de la complexité utilisé ici va détecter ces variations et les restituer.

Pour compenser la sensibilité de l'algorithme à ces variations rapides d'intensité (c.-à-d.. sur une faible distance dans l'image), les dégradés, nous avons testé l'utilisation d'un lissage intermédiaire, par un filtre lissant simple de type gaussien[25]. Ce filtrage peut être appliqué potentiellement plusieurs fois de suite dans les cas de forte hétérogénéité dans l'image source. Ce type de filtrage ajoute un « flou » à l'information de départ. Du fait de la représentation de l'image sous forme d'une grille de pixels, il peut parfois être nécessaire d'appliquer ce genre de filtre plusieurs fois, afin de permettre à l'effet de flou de dépasser le seuil d'échantillonnage introduit par la matrice de pixels, et d'affecter alors les pixels adjacents. Le résultat correspond à l'image 1c. La différence se remarque surtout sur la zone la plus dense en comtés, au centre de la partie orientale des USA. L'application du lissage gaussien provoque un décalage artificiel des zones de complexité forte, qui n'a que peu d'intérêt pour la mesure de la répartition spatiale de la complexité. Sur les lettres du titre de la carte, une complexité artificielle est créée en étalant le fort contraste entre le noir des lettres et le blanc du fond.

Est-ce à dire que les images JPEG très compressées et de faible résolution sont plus complexes ? D'après le critère des *quadtrees*, oui, et l'on commence à mesurer ici la distance existant entre la complexité informationnelle liée à la différence de valeur de pixels et la complexité de perception, où les faibles variations sont gommées *naturellement*, c'est-à-dire non perçues par la vision humaine.

24 Appelés phénomènes de Gibbs, conséquences de la méthode utilisée pour compresser, qui sera décrite plus loin.

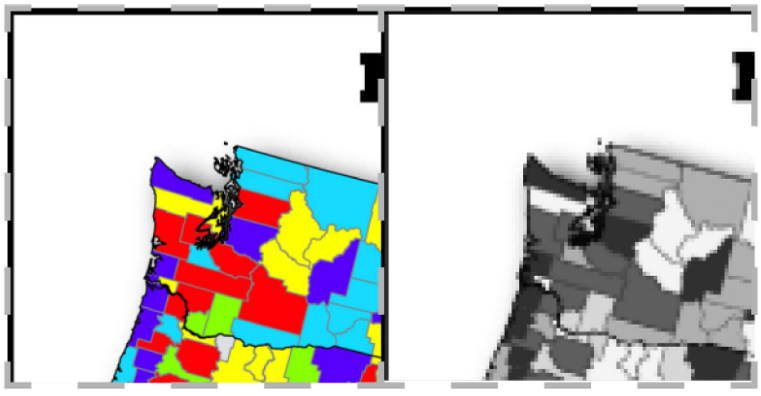
25 Ce type de pré-traitement par lissage gaussien est d'utilisation courante en traitement d'images, par exemple en télédétection, cf. [Collet *et al.*, 1992].



2a

Carte choroplèthe, image haute résolution

Carte du NREL, 2009, résolution d'origine 1920x1484 pixels
http://www.nrel.gov/gis/biomass.html



Extrait de 300x300 pixels

Couleur d'origine et conversion en niveaux de gris.

figure n°154 : Image de test n°2.

Pour réduire les problèmes posés par la compression JPEG et la faible résolution, le second test a porté sur la version originale de la carte du *NREL*, en pleine résolution (1920x1484 pixels, au format JPEG 24 bits faiblement compressé, figure n°154, ci-dessus).

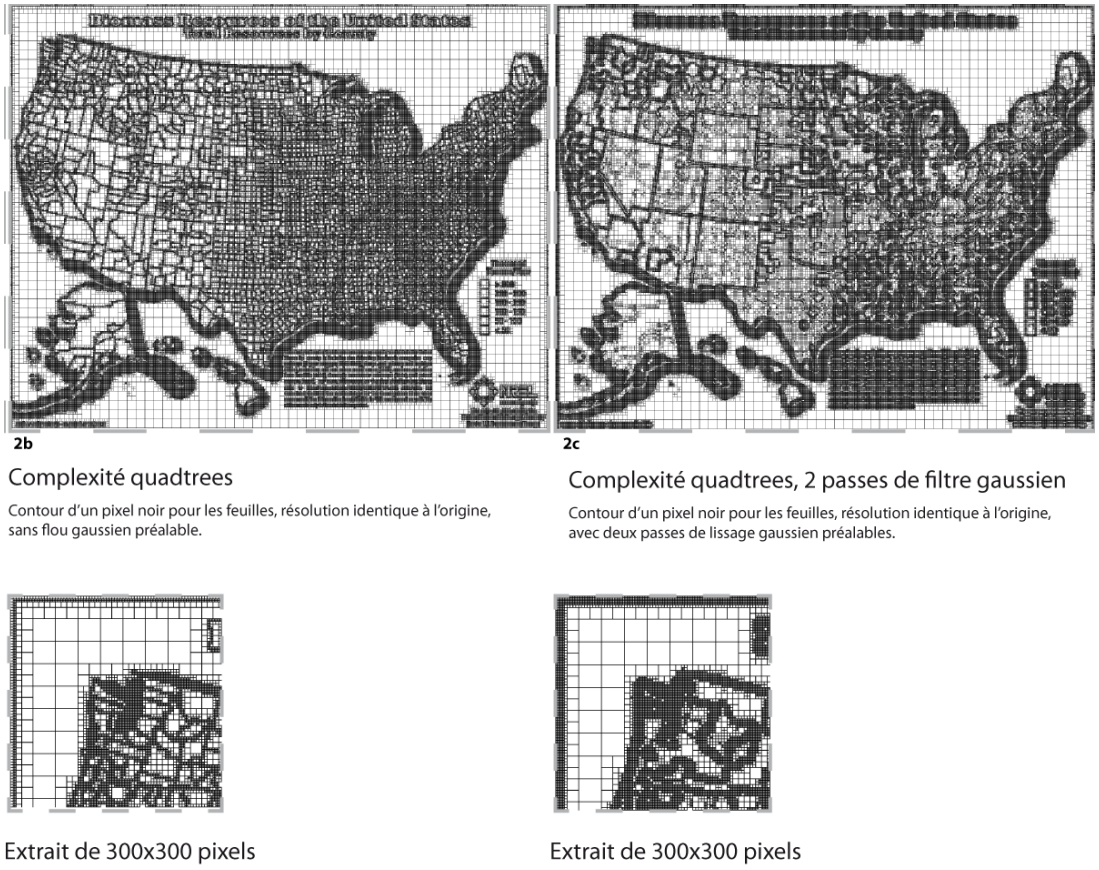


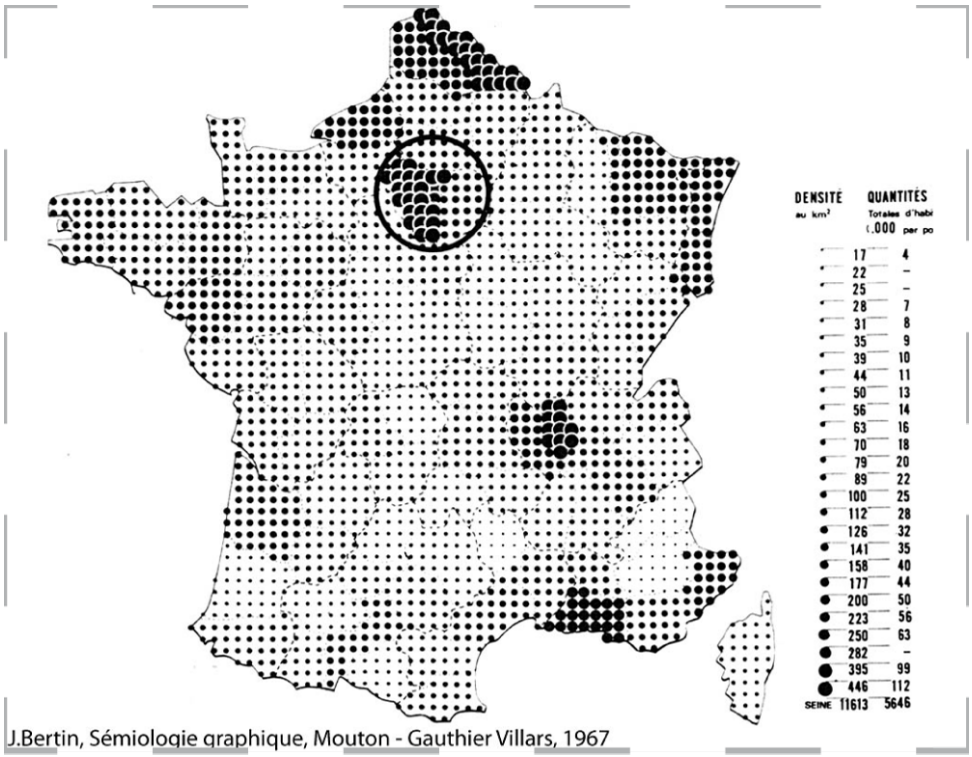
figure n°155 : Application de la méthode des quadtrees sur l'image de test n°2.

Les visualisations de la complexité obtenues (2b et 2c, figure n°155, ci-dessus.) sont beaucoup plus claires et contrastées. L'augmentation de la résolution par rapport au test précédent apporte un plus grand espace de dilution des valeurs des pixels. On remarque surtout la mise en évidence très forte des contours des comtés, et plus généralement on retrouve les changements de valeur rapides, donc les contrastes marqués. Ainsi, les bords des lettres du titre sont bien identifiés, mais aussi les petits textes de la légende et de la péricarte[26]. On note aussi la forte présence de l'ombrage ajouté aux frontières et aux côtes : il s'agit d'un dégradé du noir vers le blanc, donc de nombreuses variations d'intensité sur une faible épaisseur, ce qui représente beaucoup d'information par unité de surface.

L'algorithme de détection de la complexité joue son rôle dans notre exemple, en rendant plus visibles les changements rapides d'intensité de valeur. Ici, ce ne sont pas les différentes valeurs de la variable représentée en choroplèthe qui introduisent de la complexité, mais

26 Néologisme créé par D. Wood et J. Fels dans leur ouvrage (2008) pour désigner les éléments textuels et de décoration de la composition cartographique entourant la carte proprement-dite, que nous réutilisons ici pour sa concision.

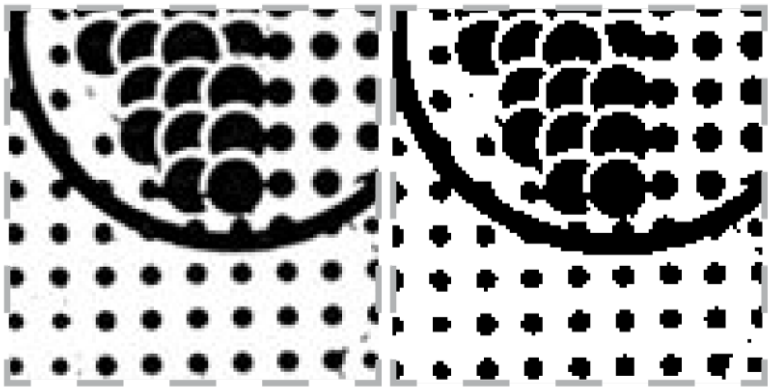
bien l'interférence des contours des comtés, de l'ombrage et des éléments de la péricarte, qui ressortent très fortement.



3a

Carte en semis de points.

J. Bertin, Sémiologie Graphique, 1967, scan 1000x802 pixels.



Extrait de 100x100 pixels

Scan jpeg d'origine et conversion en bichromie.

figure n°156 : Image de test n°3.

Nous avons voulu ensuite tester la méthode sur des images moins courantes aujourd'hui, utilisant une seule couleur, du noir sur un fond blanc. Ces images compensent l'absence

des variables visuelles de couleur et de valeur pour produire des représentations tout aussi efficaces, dont la complexité visuelle est d'un autre ordre que dans les images précédentes. Le fait que ces images en noir et blanc soient aussi très présentes dans les travaux fondateurs de la *sémiologie graphique* nous permet de bénéficier d'un point d'ancrage méthodologique solide pour l'évaluation des méthodes de visualisation de la complexité.
Nous avons utilisé une numérisation de la carte des densités de population dans les départements français de Jacques Bertin[27], qui utilise la méthode du semis régulier de points (figure n°156, ci-dessus). Pour préserver le caractère dichromatique de l'image, et ne pas introduire d'artefacts de compression, c'est la version noir et blanc (1 bit) qui a été exploitée.

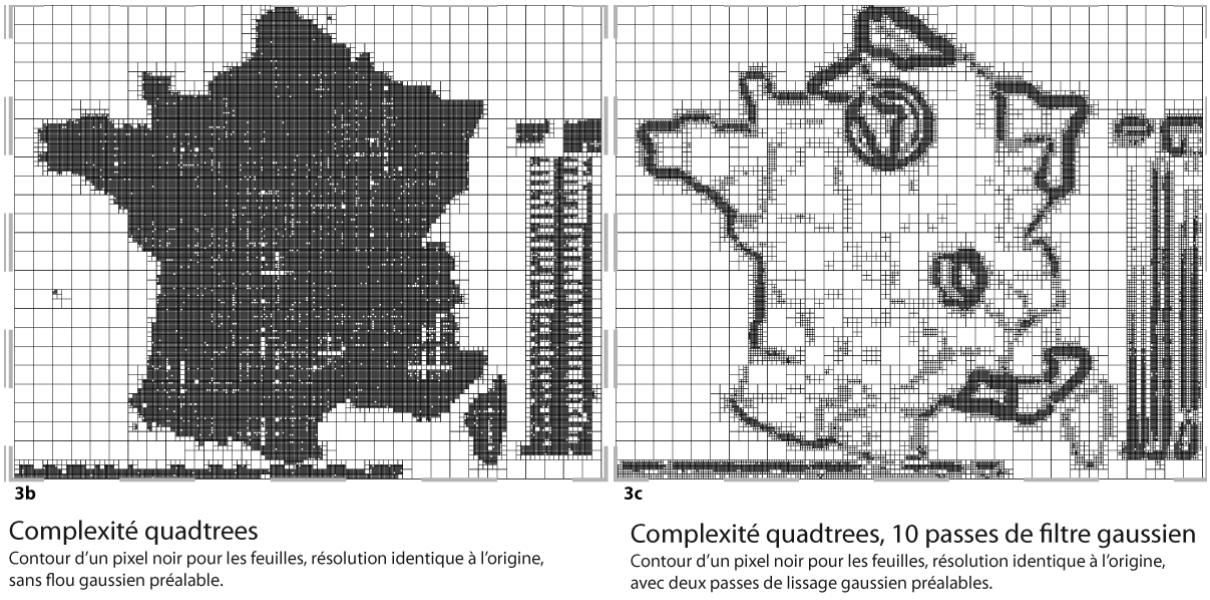


figure n°157 : Application de la méthode des quadtrees sur l'image de test n°3.

Les résultats sont assez peu interprétables lorsque l'on ne lisse pas l'image avant d'y dessiner les feuilles du *quadtree* (images 3b et 3c, figure n°157, ci-dessus) : la densité de points dessinés interfère avec la résolution de la recherche de complexité, cette dernière travaillant sur une zone assez large pour que s'y situe au moins un des points de la carte. Ne ressortent que la Lozère ou les départements alpins, assez peu denses pour offrir de larges espaces blancs. Ce type de représentation cartographique va donc réduire à néant la pertinence de la méthode de mesure de la complexité. L'utilisation d'un lissage gaussien de

27 Tirée de [Bertin, 1967], p. 373.

dix passes permet de simplifier l'image pour dégager les contours de la carte et les zones de densité homogène.

Ainsi, même sur une image dichromatique, les *quadtrees* vont être très sensibles à la répartition dans l'espace des zones de valeurs différentes, et peuvent s'avérer peu informatifs de la complexité perceptive totale d'une image.

8.1.1.3. Discussion

Nous l'avons vu, la méthode de visualisation de la complexité interne d'une image par l'utilisation d'un *quadtree* permet de repérer des régions de l'image qui présentent de nombreux changements d'intensité localisés, pour obtenir une vision générale de la répartition de cet aspect de la complexité visuelle à l'aide d'une forme simple : des carreaux de taille variable formant des grilles dont la densité est fonction de la complexité.

Néanmoins, cette méthode ne fonctionne que sur des images monocanal, en niveaux de gris. En outre, elle est très sensible à la résolution de l'image de départ (taille de l'image et densité de pixels par unité de surface) et à la présence éventuelle d'artefacts de compression JPEG. Or, d'une part, la résolution n'est pas un critère influant sur la complexité perçue visuellement : deux images dont le contenu graphique est identique mais dont la résolution change ne seront pas appréciées comme visuellement très différentes, alors que les quadtrees en donnent une visualisation très contrastée. D'autre part, les faibles fluctuations ajoutées par la compression JPEG sont par définition très peu perceptibles visuellement (sujet qui sera développé plus loin), alors que les quadtrees les font ressortir. Certes il s'agissait ici d'une implémentation des *quadtrees* assez simple, il faudrait développer la recherche en utilisant des *quadtrees* multicanaux[28] et des seuils de détection adaptatifs. Cependant, cet outil a permis de relever la forte influence des contours fins, des textes et des ombrages sur un type de complexité visuelle, alors que ces éléments sont souvent secondaires dans la fonction de communication de la carte. On note qu'il s'agit d'éléments qui prennent leur importante lorsqu'on étudie cette fois la composition de la carte, la production d'un aspect global.

La méthode d'évaluation de la complexité visuelle par les taux de compression utilisée dans la suite de ce travail résout une partie des problèmes relevés ici, tout en produisant une représentation plus synthétique.

8.1.2. Visualiser la complexité graphique à l'aune des taux de compression

La compression d'une image numérique, la réduction de la taille de son fichier informatique, est directement fonction de la quantité d'information qu'elle contient. Le concept d'information est ici entendu au sens de la théorie de l'information[29]. Il s'agit d'une

28. Cf. [Collet, Murtagh, 2004]
29 Cf. l'ouvrage de Shannon et Weaver, évoqué plus haut : [Shannon, Weaver, 1949].

grandeur mesurable, et, dans un contexte d'image numérique de type raster, l'information correspond aux valeurs non redondantes des éléments constitutifs de l'image, les pixels.

En effet, étant donnée la finalité des méthodes de compression qui est de réduire l'image à sa plus petite taille informatique possible en supprimant les éléments dupliqués ou non perceptibles par le système auquel l'information est destinée, ici le système psychophysiologique humain, le taux de compression devient un indice utile de la quantité d'information, de l'entropie du message. On pose donc l'hypothèse de la relation entre une grande quantité d'information et la complexité (structurelle) de l'image, indice de la difficulté potentielle de lecture de la carte.

D. Fairbairn a examiné différentes méthodes de compression et les a testées sur divers types d'images cartographiques, en faisant varier plusieurs paramètres et conclut :

> « From a mechanistic viewpoint, the amount of information in an image can be measured and the reduction factor achievable by applying image compression can be determined. We have seen that such image compression is a valid technique for examining maps and their structural complexity. » ([Fairbairn, 2006], p. 235).

Cependant à aucun moment n'est envisagée la mesure de la complexité interne de l'image cartographique, sa répartition, ce qui permettrait de plus une visualisation directe de ses variations, tout en préservant, dans une certaine mesure, les possibilités de comparaison entre différentes versions de l'image.

8.1.2.1. Méthodologie employée

L'objectif est donc de produire une visualisation de la complexité interne d'une image, en utilisant le taux de compression comme unité de mesure. Cela suppose de décomposer l'image en sous-éléments puis de mesurer leur taux de compression par rapport à l'original, et, enfin, de produire une représentation graphique lisible de ce taux.

Le choix de la méthode de compression, paramètre central, est plus délicat, car les techniques sont nombreuses et produisent des résultats sensiblement différents. Nous avons choisi d'utiliser une compression structurelle utilisant une transformée fréquentielle, pour sa robustesse et son adaptation à nos besoins.

Joseph Fourier propose en 1822 une méthode pour décomposer un signal périodique continu régulier en une somme infinie de sinus et de cosinus : la transformée de Fourier. Une image numérique peut être assimilée à un signal, acquis à l'aide d'un convertisseur analogique vers numérique ou directement créé sur un système informatique. Cette image est composée de matrices de pixels (une matrice unique dans le cas d'une image en niveaux de gris, trois pour une image couleur), chaque pixel mesurant l'intensité de l'information lumineuse à sa localisation.

La DCT (*Discrete Cosine Transform*[30]) est une transformée du même type que celle de Fourier, mais mieux adaptée à une utilisation informatisée. Elle permet de décomposer une information spatiale (la matrice de pixels) en information fréquentielle consistant en une suite finie de cosinus. L'algorithme de compression JPEG utilise la DCT comme méthode principale pour obtenir une compression des images numériques. Cette transformée est très utilisée en imagerie et en traitement du signal en raison de sa propriété de regroupement de l'énergie (et donc de l'information portée par le signal).

D. Fairbairn présente dans son article l'utilisation de deux techniques de compression : l'algorithme de Huffman, et le *Run Length Encoding* (RLE), qui sont des techniques de compression par codage entropique. Le codage entropique permet d'encoder une information sans perte, de manière non destructrice, pour ramener son expression à son entropie.

Le codage sans perte est utile pour transmettre l'information de machine à machine, ou pour son archivage. Mais le système psychovisuel humain n'est pas une machine parfaite, il effectue une série d'approximations lors de l'acquisition d'informations. En se basant sur cette propriété, l'algorithme JPEG/DCT supprime de l'image originale les faibles variations de valeur qui sont très peu perceptibles par l'homme. Le fichier image peut ainsi stocker beaucoup moins d'informations qu'initialement, tout en offrant un aspect visuel relativement proche de l'image d'origine. À cela s'ajoute que ce paramètre, la quantité d'information à préserver dans la compression, est modulable dans l'algorithme.

Ainsi, nous avons choisi d'utiliser la compression par DCT dans notre mesure de ce type de complexité, car on se rapproche un peu plus de la perception de l'image par un être humain[31].

Deux procédures ont été testées pour l'application de cette méthode aux images cartographiques : par carroyage et par fenêtre mobile (cf. figure n°158, ci-après). Le carroyage produit une image-résultat de plus faible résolution, plus simple et plus facilement lisible. La mesure par fenêtre mobile produit une image-résultat de même résolution que l'image originale, donc potentiellement plus précise, mais plus difficile à interpréter. Les deux procédures comprennent une application sur chacun des trois canaux (rouge, vert et bleu) des images couleur. On en calcule ensuite une moyenne pondérée, tenant compte de la perception humaine différenciée de ces canaux (cf. note n°21, *supra.*).

30 L'article fondateur est [Ahmed *et al.*, 1974].

31 Cette prise en compte de la vision humaine est très partielle, mais le principe est important, et cela constitue une la première étape d'une recherche qui examinera d'autres outils.

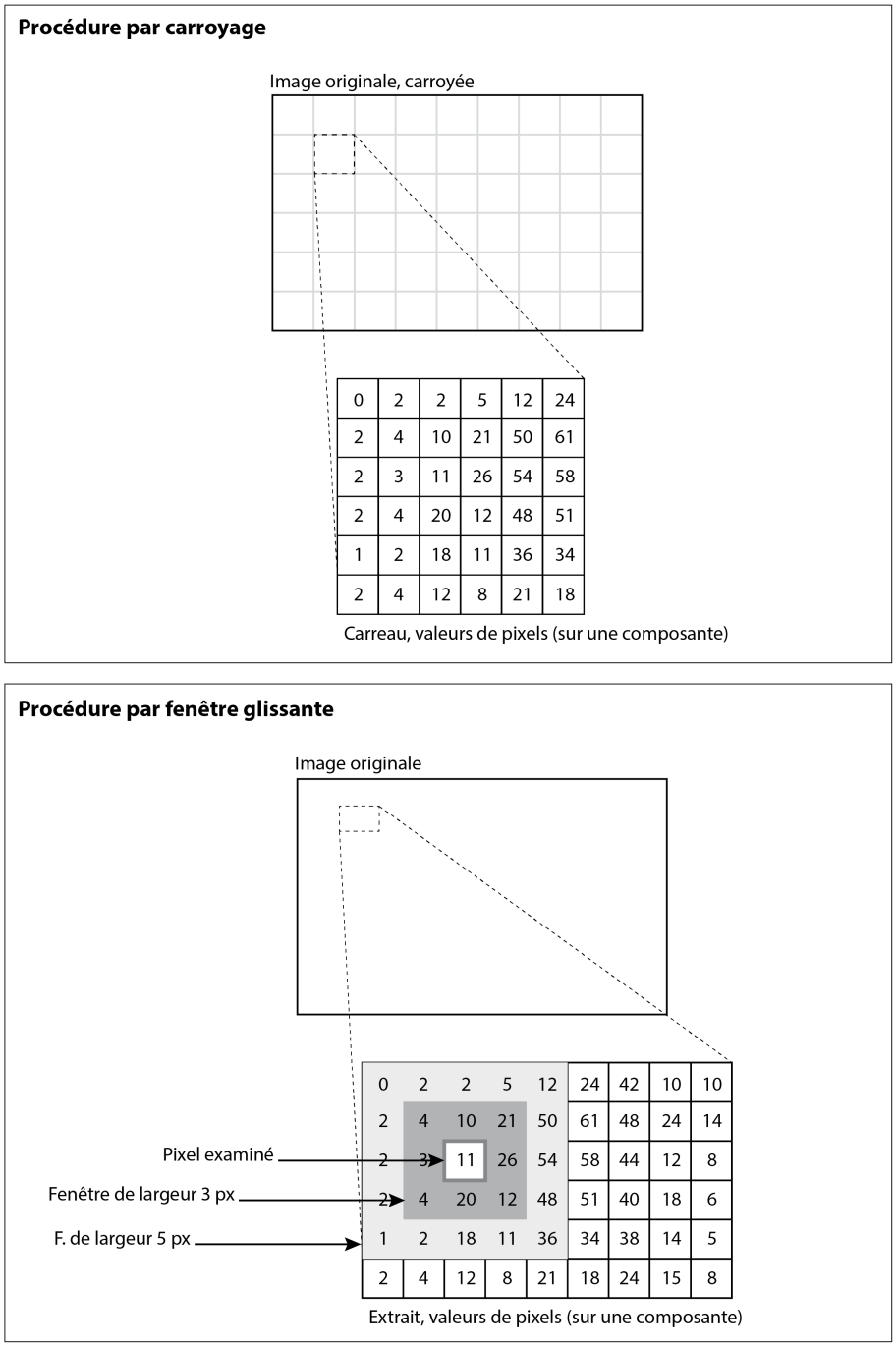


figure n°158 : Les deux méthodes utilisées pour le calcul et la représentation de la compression DCT.

8.1.2.1. Description de la procédure de mesure par carroyage

Cette technique suppose de diviser l'image en sous-parties carrées, puis de compresser ces dernières une par une afin de calculer le taux de compression obtenu en

comparant le poids numérique du résultat de la compression à celui de la fraction d'image originale.

Le choix de la méthode de subdivision de l'image s'est porté sur un carroyage régulier, qui a l'avantage de permettre une comparaison aisée entre l'image-résultat et l'image originale. Il aurait aussi pu être envisagé de réaliser une segmentation de l'image en zones de contenu textural proche, pour obtenir une visualisation de la complexité interne plus fine et directement liée au contenu, mais cela impliquait une série supplémentaire de choix algorithmiques (types de segmentation) qui aurait réduit l'universalité de la méthode et la facilité de l'interprétation des résultats sur des séries d'images (des atlas par exemple), par un large public. Rappelons que notre objectif reste d'évaluer des visualisations accessibles et claires de la complexité des images cartographiques dans un objectif pédagogique.

Reste la question de la résolution du carroyage à utiliser, c'est-à-dire la taille des carreaux. Cette question est très générale, et non spécifique à ce problème de compression. La valeur optimale est fonction de la taille de l'image d'origine et se détermine généralement de façon empirique entre deux extrêmes à éviter : trop peu de carreaux et le résultat n'est pas assez fin tout en étant difficilement comparable à l'original, trop de carreaux et la compression ne travaille plus sur un nombre suffisant de pixels pour être un indice pertinent de complexité. L'outil que nous proposons permet à son utilisateur de déterminer directement les dimensions des carreaux désirés, tout en proposant une valeur par défaut établie en fonction des dimensions de l'image à analyser (simple pourcentage).

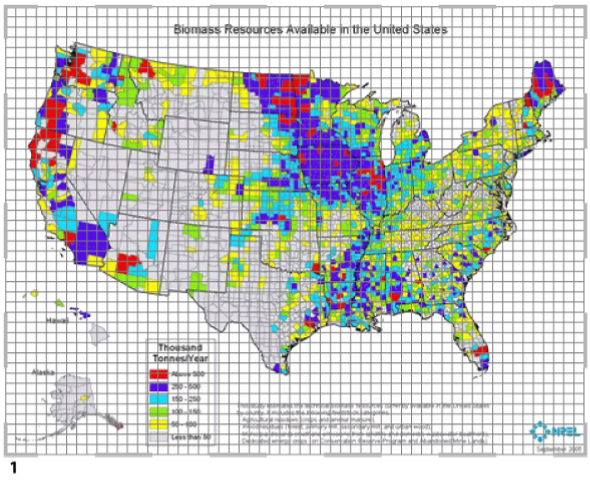
Dans l'algorithme JPEG original, deux tailles principales de carreaux sont utilisées pour appliquer la DCT sur l'image, 8 x 8 pixels et 16 x 16 pixels. Les carreaux sont carrés, pour des raisons mathématiques, liées à la périodicité de la transformée en cosinus. Leur dimension est un multiple de 8, pour des raisons de performance des calculs sur les architectures informatiques des microprocesseurs. Lorsque l'image d'origine est rectangulaire, un « remplissage » artificiel (avec des valeurs nulles) est effectué afin de ramener la carte à des dimensions carrées, pour éviter les effets de bordure.

8.1.2.2. Description de la procédure par fenêtre mobile

Cette technique consiste à travailler pixel par pixel sur l'image originale, en mesurant la complexité de la zone de l'image qui entoure ce pixel. La « fenêtre » est une forme géométrique, généralement un carré ou un losange, de largeur constante déterminée à l'avance. Il s'agit d'une technique classique en traitement d'image, notamment utilisée pour calculer les filtres[32] courants. Elle permet d'obtenir un résultat possédant le même nombre de pixels que l'original, donc d'une précision potentiellement identique. Son paramétrage n'implique que le choix de la « qualité » de la compression, c'est-à-dire la quantité d'information à préserver. Dans cette variante également, un remplissage est effectué lorsque l'image n'est pas carrée pour éviter les effets de bordure.

32 Par exemple des filtres de transformation de l'image, pour l'adoucir ou au contraire renforcer les détails, ou pour calculer des indices synthétiques, cf. [Collet *et al.*, 1992].

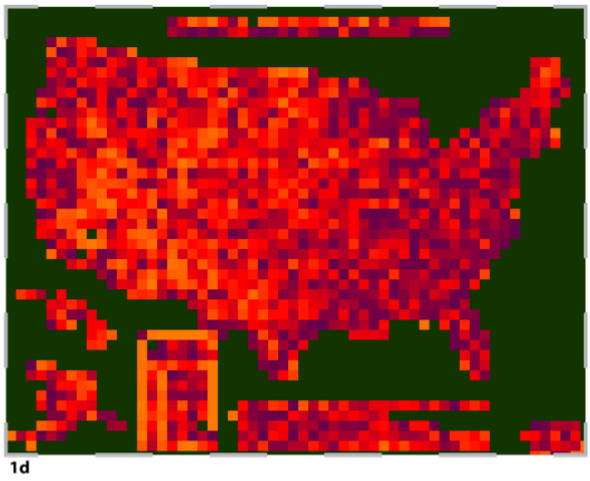
8.1.2.3. Résultats



1

Carte choroplèthe, image d'origine (basse résolution)

Superposition du quadrillage de résolution de 8 pixels de côté.



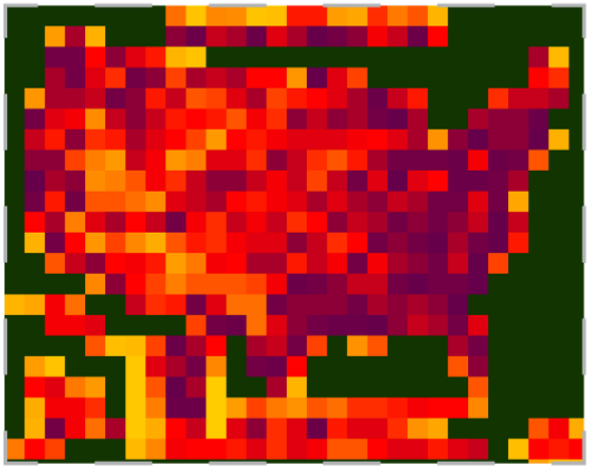
1d

Complexité DCT, image basse résolution

Carreaux de 8 pixels de côté.
Complexité croissante du vert vers le rouge-violacé.

Min Max

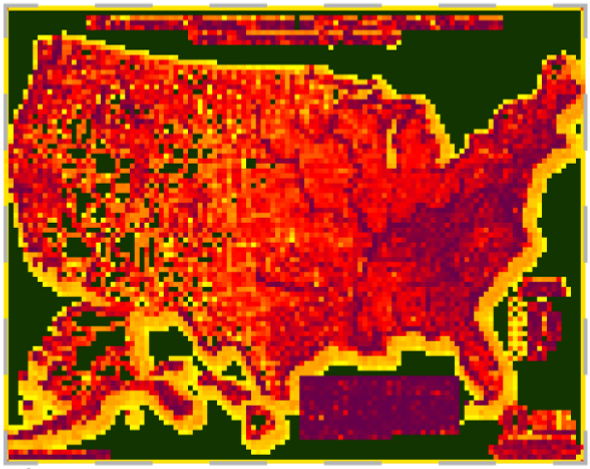
Complexité interne



1e

Complexité DCT, image basse résolution

Carreaux de 16 pixels de côté.



1f

Complexité DCT, image haute résolution

Carreaux de 16 pixels de côté.

figure n°159 : Traitement de l'image n°1 en utilisant la technique de la compression DCT sur un carroyage.

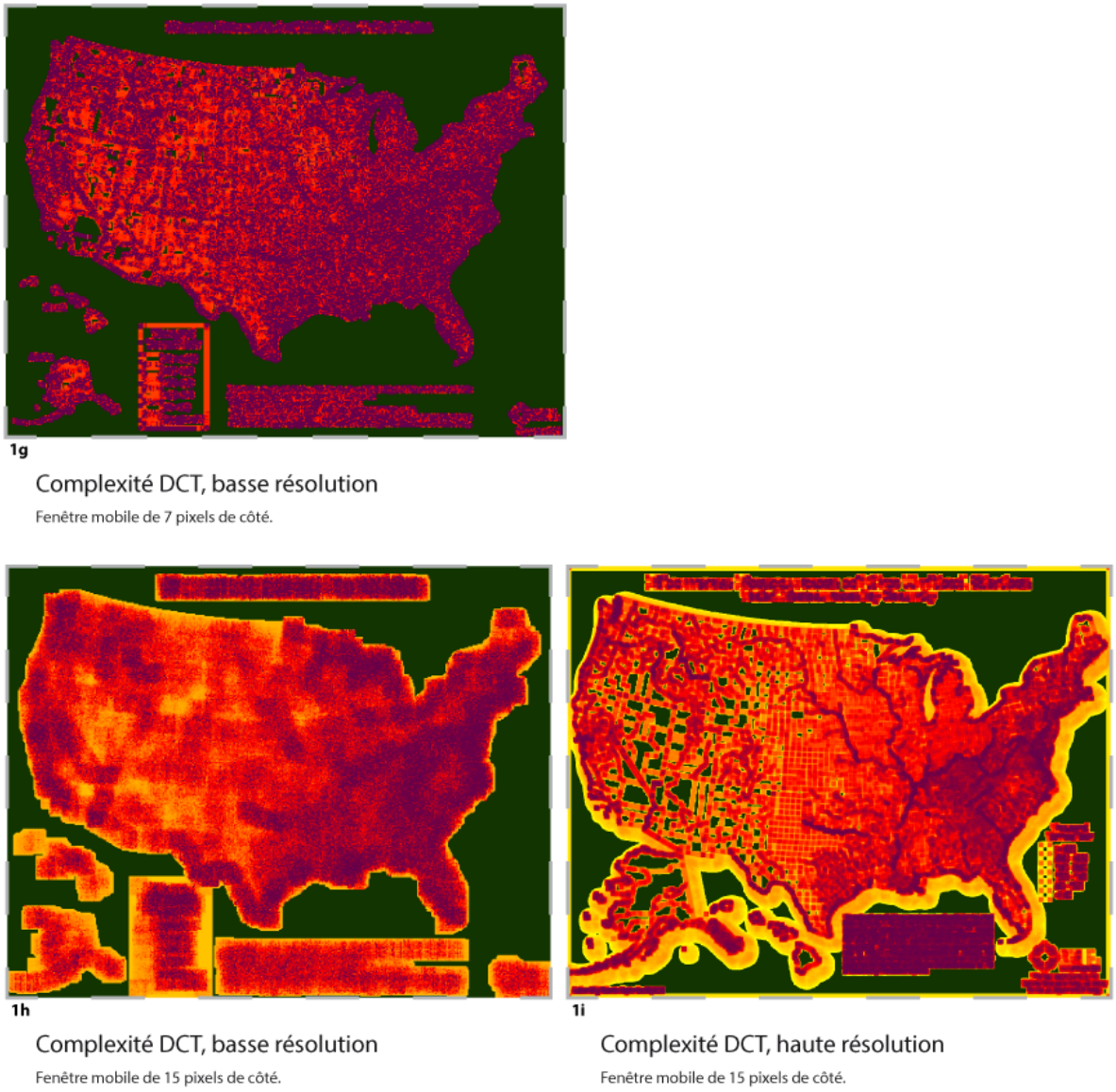


figure n°160 : Traitement de l'image n°1 en utilisant la technique de la compression DCT par fenêtre mobile.

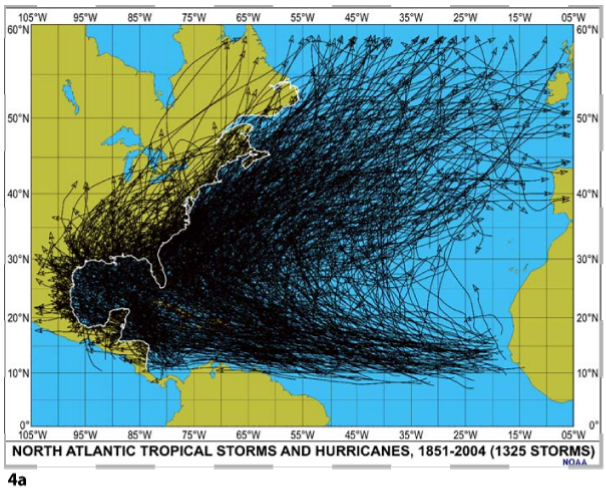
Nous retrouvons l'image-test n°1, la carte de la biomasse du NREL, en basse puis haute définition, selon les deux modalités d'analyse, carroyages (images 1d à 1f, figure n°159, ci-dessus.) et fenêtre mobile (images 1g à 1i, figure n°160, ci-dessus.).

La complexité est représentée par une gamme de couleurs allant d'un vert sombre ne signifiant aucune complexité à un rouge violacé pour la complexité maximale, en passant par des jaunes intermédiaires. Ces bornes s'entendent par rapport au contenu de l'image, la valeur de complexité étant normalisée image par image. La large gamme colorée choisie permet de mettre en relief de manière perceptible les zones peu et fortement complexes, la transition étant représentée par un camaïeu de jaunes variés.

La figure n°159, ci-dessus présente tout d'abord la visualisation de l'image basse définition, utilisant un carroyage de 8 puis 16 pixels de côté (1d et 1e), puis sur l'image en haute résolution avec un carroyage de 16 pixels. On remarque que malgré la complexité de la procédure, leur lecture est très simple. Les zones les plus complexes se repèrent facilement et la comparaison avec l'image originale est aisée. Les faibles variations de valeur de pixel sur de courtes distances ne sont plus surévaluées comme avec la méthode des *quadtrees* : par exemple sur l'ombrage du contour du pays sur l'image en haute résolution. Sur ces visualisations, les zones de complexité intuitive se retrouvent bien : textes de la péricarte, limites de comtés et frontières, ainsi que la zone très dense de l'est du pays. Il est intéressant de noter que les limites des éléments du fond de carte, son niveau de généralisation, et le figuré utilisé pour les représenter, une fine ligne noire, vont avoir une influence directe sur le type de complexité mesuré.

On remarque aussi que la complexité prend très rapidement des valeurs élevées, les teintes correspondant à des valeurs faibles et moyennes (verts clairs et jaunes) sont peu représentées, surtout lorsque l'on choisit des carreaux de petite taille (image 1d). L'utilisation de carreaux plus grands va permettre à la méthode de couvrir des zones de complexité plus hétérogène, et de produire ainsi des valeurs de complexité moyenne (image 1e). L'analyse sur l'image de plus haute résolution (1f) apporte une plus grande finesse des résultats, comme on pouvait s'y attendre, mais l'image reste simple à lire. Le texte situé sous la carte présente ici une forte complexité, qui n'était pas apparue aussi vivement dans les analyses précédentes.

L'utilisation d'une procédure par fenêtre mobile (figure n°160) apporte un gain en résolution et une plus grande ressemblance avec l'image d'origine (images 1h et 1i). Par exemple, le très grand comté de San Bernardino, au sud de la Californie, ressort avec une forme proche de son territoire réel, alors que sur l'image de la procédure par carroyage ses formes sont masquées. Cependant, les temps de calcul de cette variante de la mesure sont sensiblement plus longs.



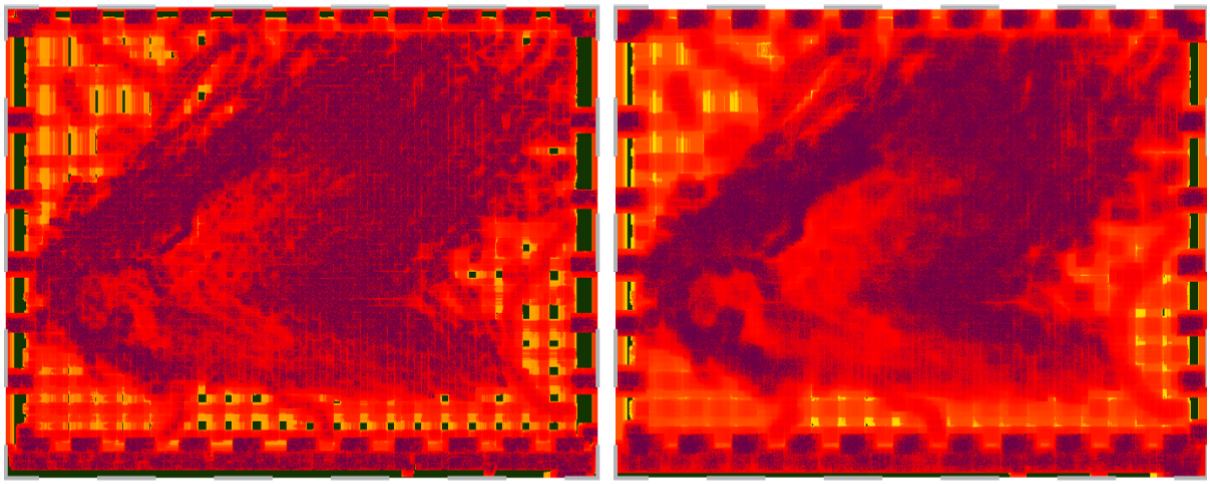
4a

Carte originale : tempêtes NOAA

Le parcours des tempêtes tropicales dans l'Atlantique Nord de 1851 à 2004, par la NOAA.

Min Max

Complexité interne



4b

Complexité DCT

Carreaux de 8 pixels de côté.

4c

Complexité DCT

Fenêtre de 15 pixels de côté.

figure n°161 : Test de la technique de la compression DCT sur une image sémiotiquement complexe.

Pour tester la méthode avec une carte (visuellement) plus complexe, nous avons choisi la superposition des parcours des tempêtes dans l'Atlantique Nord entre 1851 et 2004, produite par la NOAA[33] en 2005[34]. 1325 lignes de la même couleur noire se superposent sur une image de dimensions modestes. Paradoxalement, les analyses indiquent une zone de moindre complexité au milieu du fatras de lignes, sur les deux types de résultats (images 4b et 4c, figure n°161, ci-dessus.). En effet, cette zone étant presque complètement noire, elle n'est pas complexe au sens des algorithmes utilisés. On met ainsi bien en évidence l'écart dans la définition même de la complexité, entre la quantité

33. L'organisme météorologique officiel des USA.

34 http://www.magazine.noaa.gov/stories/mag184.htm (visité le 4 avril 2011).

d'information graphique (type 1), informationnelle, et la quantité de signes, de symboles (complexité graphique de type 2, sémiotique), et leur repérage spatial sur le fond de carte, qui sont des opérations intellectuelles.

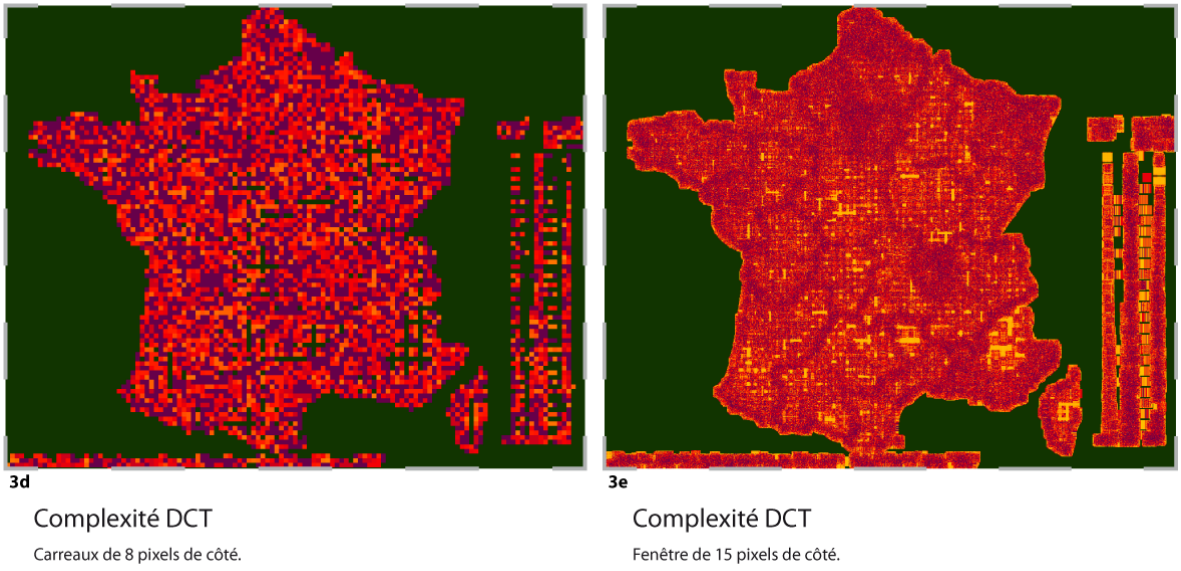
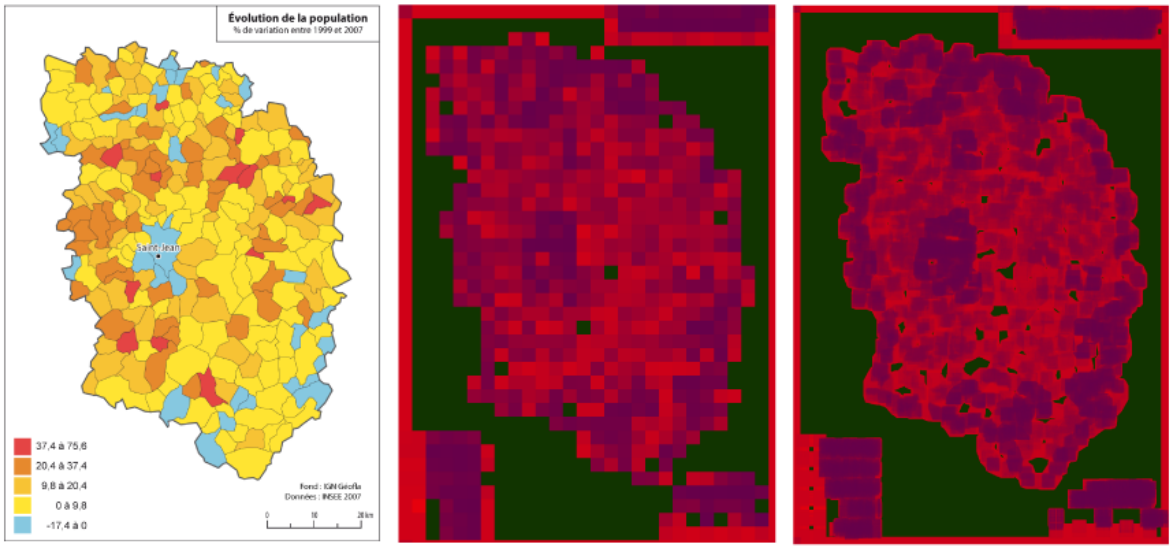


figure n°162 : Test de la technique de la compression DCT sur une carte en semis régulier de points.

La carte en semis régulier de points de J. Bertin offre un nouveau défi d'application. Avec le carroyage (image 3d, figure n°162, ci-dessus.), si la complexité indiquée détecte bien les éléments de la péricarte, la régularité de la représentation elle-même, de plus en noir et blanc, semble perturber la recherche des zones complexes, comme pour la méthode des *quadtrees*. En utilisant la procédure par fenêtre mobile, nous obtenons une représentation plus contrastée, avec une légère mise en avant des limites régionales et de deux zones autour de Paris et Lyon. Alors que visuellement on repère bien les variations de valeur (de signes), les algorithmes de mesure par compression sont à la peine. Il semblerait que le système perceptif humain dépasse la complexité créée par régularité du semis de points pour plutôt détecter les variations de densités à l'intérieur du semis.

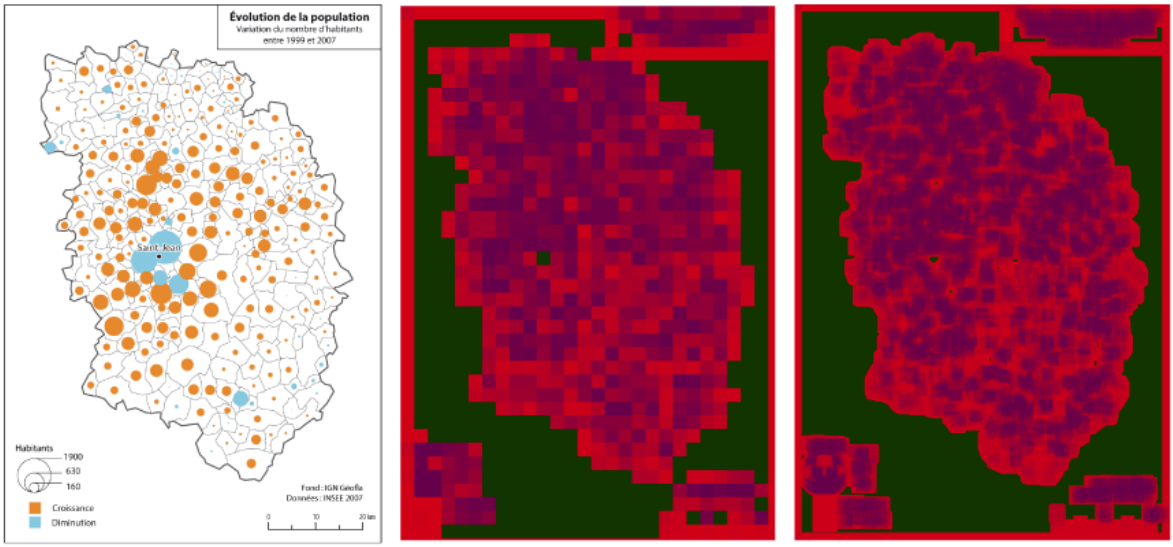


5
Carte choroplèthe de référence

5a
Complexité DCT
Carreaux de 32 pixels de côté.

5b
Complexité DCT
Fenêtre mobile de 31 pixels de côté.

figure n°163 : Test de la technique de la compression DCT sur la carte choroplèthe de référence du chapitre sept.



6
Carte en symboles de référence

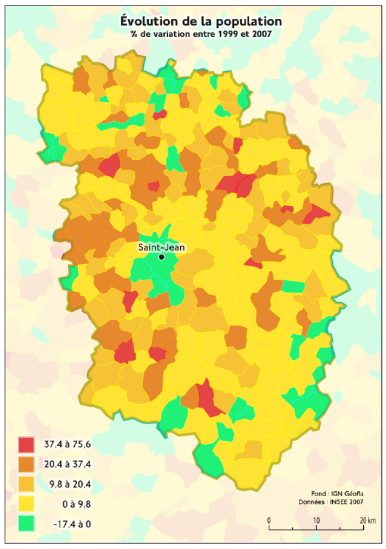
6a
Complexité DCT
Carreaux de 32 pixels de côté.

6b
Complexité DCT
Fenêtre mobile de 31 pixels de côté.

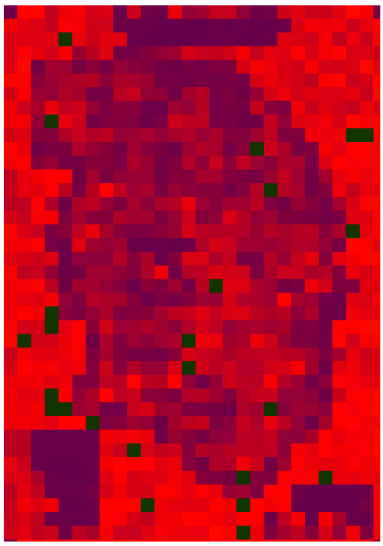
figure n°164 : Test de la technique de la compression DCT sur la carte par symboles de référence du chapitre sept.

L'application de cette technique d'évaluation de la complexité sur nos cartes thématiques de référence (figure n°163 et figure n°164, ci-dessus) utilisées au chapitre sept apporte une confirmation des remarques précédentes : les zones de complexité sont directement liées à la finesse des détails de la carte, comme le titre, la légende. On peut ajouter la détection des zones du fond de carte présentant un contraste marqué de couleurs

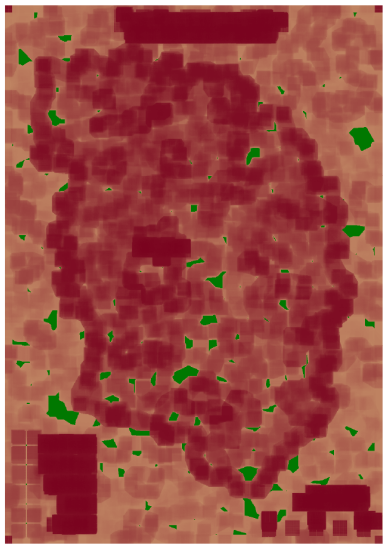
et des communes de taille relativement petite, ce qui les fait prendre en compte par la largeur du carroyage et de la fenêtre mobile.



7
Carte choroplèthe modifiée

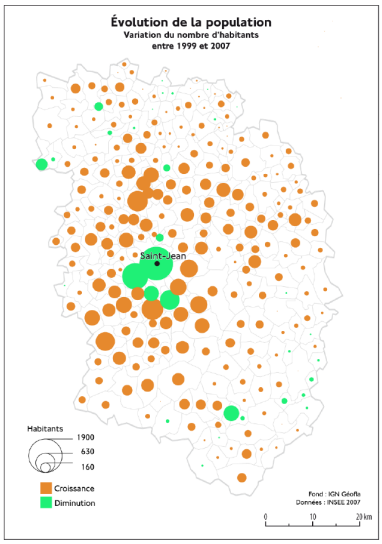


7a
Complexité DCT
Carreaux de 32 pixels de côté.

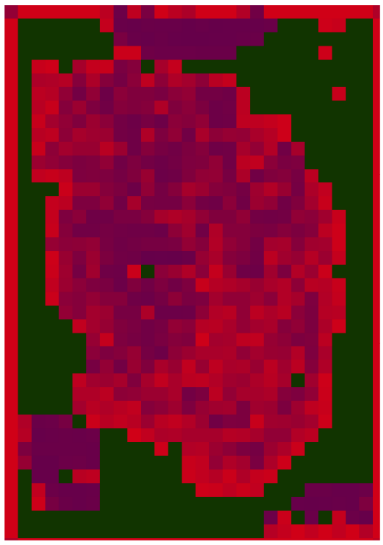


7b
Complexité DCT
Fenêtre mobile de 31 pixels de côté.

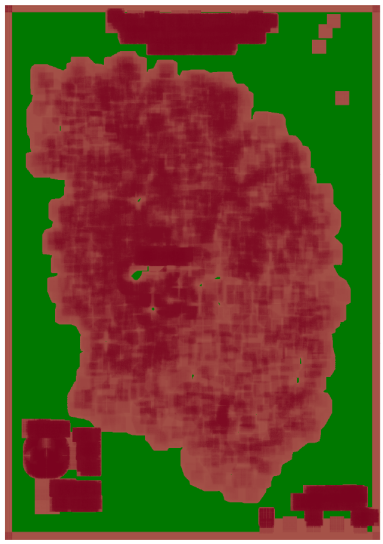
figure n°165 : Test de la technique sur la carte choroplèthe modifiée du chapitre 7



8
Carte en symboles modifiée



8a
Complexité DCT
Carreaux de 32 pixels de côté.



8b
Complexité DCT
Fenêtre mobile de 31 pixels de côté.

figure n°166 : Test de la technique sur la carte par symboles modifiée du chapitre 7

L'application sur les cartes de référence modifiées pour l'amélioration de la structure de la composition (cf. *supra*, §7.5.5., figure n°165 et figure n°166, ci-dessus) montre une complexité générale qui augmente dans le cas de la première carte (moins de vert dans l'image 7b par rapport à l'image 5b de la figure n°163 de la page précédente), à cause de l'utilisation d'un fond continu qui va forcément ajouter des pixels colorés, alors que ce

n'est pas le cas pour la carte en symboles, logiquement. Cependant la disparité des valeurs de complexité est moins élevée à l'intérieur de la carte elle-même.

8.1.2.4. Discussion

Ainsi, contrairement à la méthode d'évaluation visuelle de la complexité par les *quadtrees*, la méthode du taux de compression n'est pas exagérément sensible aux variations localisées de valeurs des pixels, pourvu qu'on choisisse des paramètres de résolution de manière adaptée. Ces contraintes étant prises en compte, on obtient une visualisation simple de la complexité graphique interne d'une image, qui reste assez facilement lisible malgré une modification possible des formes par rapport à l'image originale. De plus, cette méthode fonctionne directement sur les images en couleur, ce qui n'était pas le cas de celle des *quadtrees*. Cependant, ces outils d'analyse restent dépendants de la résolution de l'image source. Comme ils cherchent à synthétiser la complexité de l'image en mesurant celle de sous-parties, cette subdivision doit pouvoir disposer d'un nombre assez grand de pixels sur lesquels travailler, tout en n'englobant pas trop de signes pour ne pas les confondre. L'application à des images de petite taille et de faible résolution ou à des représentations de texture régulière, comme les semis réguliers, reste donc problématique.

Il est possible de reprocher à ces approches un traitement uniforme de l'image, à une même échelle d'analyse correspondant à la largeur du carreau de base ou de la fenêtre. Or la perception d'une image travaille selon plusieurs échelles successives, passant d'un regard général de départ à une série de régions de taille plus réduite observées séquentiellement (cf. premier chapitre). À chaque échelle d'analyse perceptive correspond un niveau de netteté et d'attention, donc de facilité de lecture, comme cela a été démontré notamment par les études des mouvements oculaires[35].

Enfin, et surtout, nous mettons en évidence le fait que la complexité visualisée ici, la complexité informationnelle et graphique (type 1), peut donner des résultats parfois en désaccord complet avec la lisibilité cartographique, et l'intuition de l'utilisateur quelque peu familiarisé avec la lecture de cartes. C'est la définition même de la complexité utilisée qui est mise en balance : *il est souvent illusoire d'utiliser la complexité informationnelle pour estimer la complexité perceptive et d'autant plus la complexité cognitive, intellectuelle, d'une carte*. La visualisation de ce deuxième type de complexité est toutefois aujourd'hui approchable, grâce aux algorithmes de modélisation de la saillance visuelle.

8.2. Visualiser la complexité de perception par l'utilisation de modèles de saillance visuelle

La question de la compréhension des processus de cognition des représentations graphiques externes (images physiques), de leur interaction avec les capacités de représentation interne des individus (images mentales), a été récemment placée aux premières places des enjeux de recherche dans le domaine de la cartographie (cf.

35 Cf. la rétrospective proposée par Th. R. Steinke dans [Steinke, 1987].

notamment [MacEachren, 1995], [Montello, 2002] et [Cauvin *et al.*, 2007]). Le besoin d'une infrastructure théorique basée sur des principes cognitifs, qui permettrait de s'approcher d'une meilleure compréhension de la perception cartographique du côté des utilisateurs a été notamment formalisé par S.I. Fabrikant et A. Skupin[36], en cartographie et géovisualisation. Ces auteurs formulent la question de l'adéquation cognitive des images cartographiques, c'est-à-dire de leur ressemblance avec les représentations et images mentales existantes des utilisateurs, et plus concrètement tout d'abord avec le fonctionnement des processus cognitifs de la perception visuelle.

Ces travaux ont mené S.I. Fabrikant à envisager l'utilisation du concept de saillance visuelle pour mesurer l'adéquation cognitive des variables visuelles, et plus généralement de la composition cartographique (le « *map design* »), dans un article fondateur de 2005[37]. Ce transfert méthodologique en provenance de travaux de modélisation de la perception visuelle, élaborés en pluridisciplinarité par des psychologues cogniticiens et des informaticiens en modélisation cybernétique de la vision, se révèle très intéressant dans le contexte de la visualisation de la complexité. Telle qu'elle est définie dans cet article, la saillance visuelle est fonction de la rapidité avec laquelle une position de l'image observée est le sujet de l'attention visuelle et de la durée du maintien de cette attention. Les éléments considérés comme saillants sont donc repérés rapidement dans l'image par l'observateur, qui leur consacre de plus un certain temps d'attention. Ces paramètres sont estimés à partir d'un modèle neurobiologiquement vraisemblable de l'attention visuelle. S.I. Fabrikant a en l'occurrence utilisé le modèle d'Itti *et al.*[38], utilisant des réseaux de neurones, qui est en outre disponible sous la forme d'une boîte à outils logicielle.

8.2.1. Méthodologie employée

Il existe aujourd'hui plusieurs types d'algorithmes de modélisation de la saillance visuelle d'une image, les précurseurs et les plus cités dans ce domaine étant les chercheurs évoqués ci-dessus, L. Itti et C. Koch[39] du laboratoire Ilab de l'USC à Los Angeles. Ces derniers proposent une implémentation logicielle de leur algorithme, au travers d'une boîte à outils, l'iLab Neuromorphic Vision C++ Toolkit[40], ou iNVT. Par ailleurs, deux algorithmes plus récents et plus performants ont été développés depuis. Le premier est celui présenté par l'équipe de L. Zhang (2008), dénommé SUN pour « Saliency Using Natural statistics ». Il a été implémenté de façon pratique par N. Butko *et al.* sous la forme d'une bibliothèque de fonctions logicielle[41]. Le second est encore plus récent, publié par X. Hou, J. Harel et C. Koch en janvier 2012[42]. Il se base sur la notion de « signature d'image », c'est-à-dire de résumé pertinent permettant l'identification et la comparaison d'image. L'objectif de ces algorithmes est de produire une image-résultat représentant l'ordre et/ou de la durée estimée de fixation de l'oeil sur les régions de l'image source. Il

36. [Fabrikant, Skupin, 2005]
37. [Fabrikant, Goldsberry, 2005]
38. [Itti, Koch, Niebur, 1998]
39. Cf. note précédente et [Itti, Koch, 2001]
40 http://ilab.usc.edu/toolkit (visité le 4 avril 2011)
41. [Butko *et al.*, 2008]
42. [Hou, Harel, Koch, 2012]

faut préciser que cette méthode cherche à estimer une perception « préattentive», c'est-à-dire globale et non dirigée, avant que le sujet n'ait entamé une recherche consciente d'éléments spécifiques de l'image et leur interprétation. Il faut noter de plus que cette implémentation est prévue pour l'utilisation d'images « naturelles », c'est-à-dire de scènes visuelles telles qu'un œil humain rencontre habituellement. Les images cartographiques que nous analysons ici ne sont pas naturelles, ce sont des représentations graphiques en deux dimensions réalisées artificiellement et possédant un certain mode d'utilisation (titre, légende, autres éléments, auxquels nous sommes éduqués et habitués). Ce sont des biais importants dans le contexte de la lecture d'une carte, nous y reviendrons.

D'un point de vue pratique, nous obtenons donc une image-résultat qui va indiquer, par un dégradé de valeurs colorées tiré d'une légende volontairement contrastée, les régions de l'image faisant l'objet d'une attention de moins en moins précoce et de longue durée. Ainsi, nous pouvons en déduire assez directement une complexité de *perception* qui en serait l'inverse : les zones les plus difficiles à percevoir faisant l'objet d'une attention moindre et plus tardive dans l'examen de l'image source. Cet outil complète ceux utilisés précédemment, en apportant une tentative de visualisation de la complexité telle qu'elle est expérimentée par le système psychovisuel humain, c'est-à-dire le lecteur de l'image cartographique.

8.2.1. Résultats

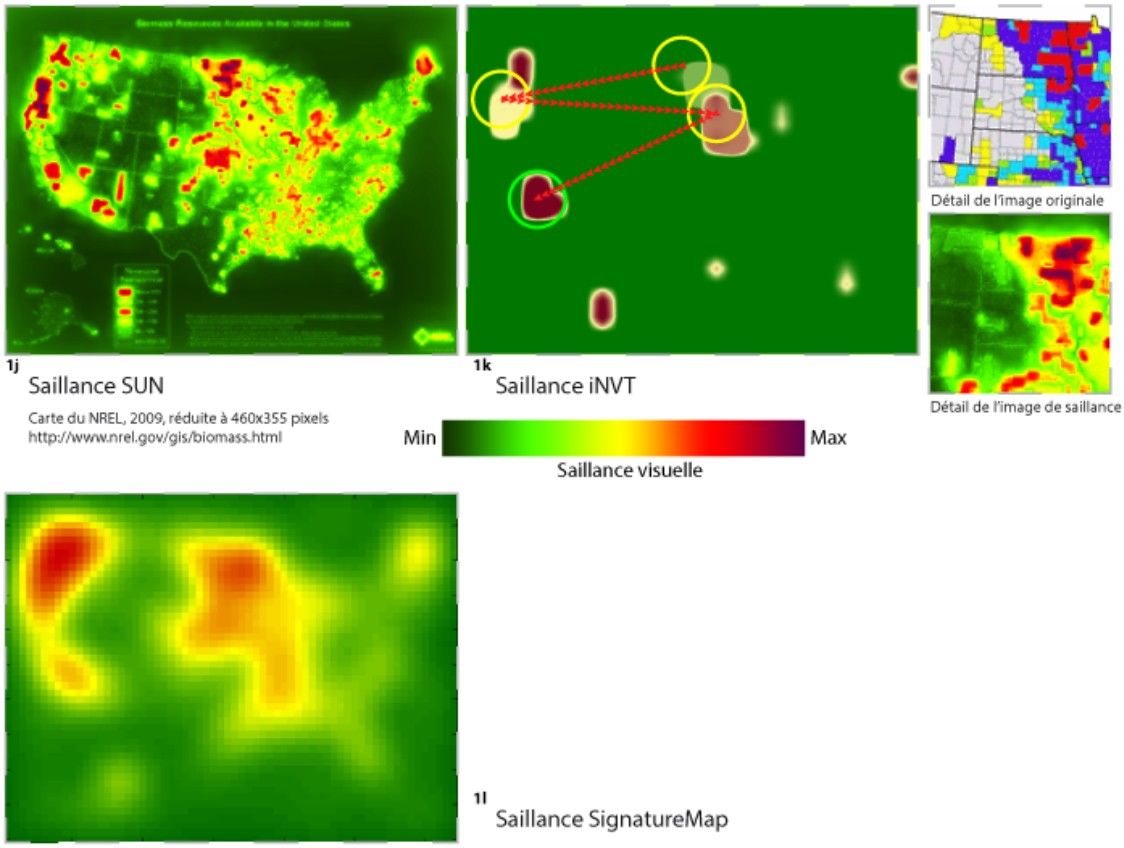


figure n°167 : Saillances sur l'image de test n°1.

Les images-résultats produites par les algorithmes de saillance présentés ici sont elles aussi normalisées, c'est-à-dire que les valeurs produites sont réparties sur tout l'intervalle minimum - maximum pour chaque image. L'analyse n'est donc valable qu'image par image, et l'on ne peut comparer directement les valeurs issues de deux images différentes.

Appliqué sur la carte de la biomasse du NREL, en basse résolution (image 1j, figure n°167), l'algorithme SUN produit une image résultat bien contrastée, avec des éléments saillants spatialement compacts et relativement peu nombreux. Ils semblent positionnés sur des zones comportant des taches de couleur denses et hétérogènes, par exemple au centre de la frange nord du pays (cf. l'image de détail). Certaines couleurs sont nettement isolées, comme le rouge et le cyan (cf. le caisson cyan de la légende). La complexité graphique induite par les limites des comtés semble aussi prise en compte : les zones très découpées ne ressortent pas comme saillantes. Le cadre de la légende et les textes de péricarte sont détectés comme moyennement saillants (tons jaunes), on peut penser que c'est à cause du contraste localisé qu'ils représentent sur le fond blanc.

L'algorithme de signature d'image (image 1l) propose quant à lui une image beaucoup plus indistincte, mais par conséquent plus simple à lire. Deux taches de forte saillance sont distinguées, correspondant aux zones repérées sur l'image précédente.

L'algorithme iNVT propose une image-résultat beaucoup plus simple (image 1k), avec simplement quelques taches colorées sur un fond uni de faible saillance. Son objectif est de fournir une hiérarchie de petites zones visuelles indiquant le parcours de l'attention, la série de points où devrait se poser successivement le regard lors de la présentation de l'image. Les régions mises en avant comme saillantes sont à peu près les mêmes, hormis celles caractérisées par des aplats cyan relevés par la méthode SUN. La Californie, qui présente sur la carte originale des taches colorées contrastées et de bonne taille, est considérée comme la région la plus saillante. La légende est là encore clairement reconnue comme remarquable.

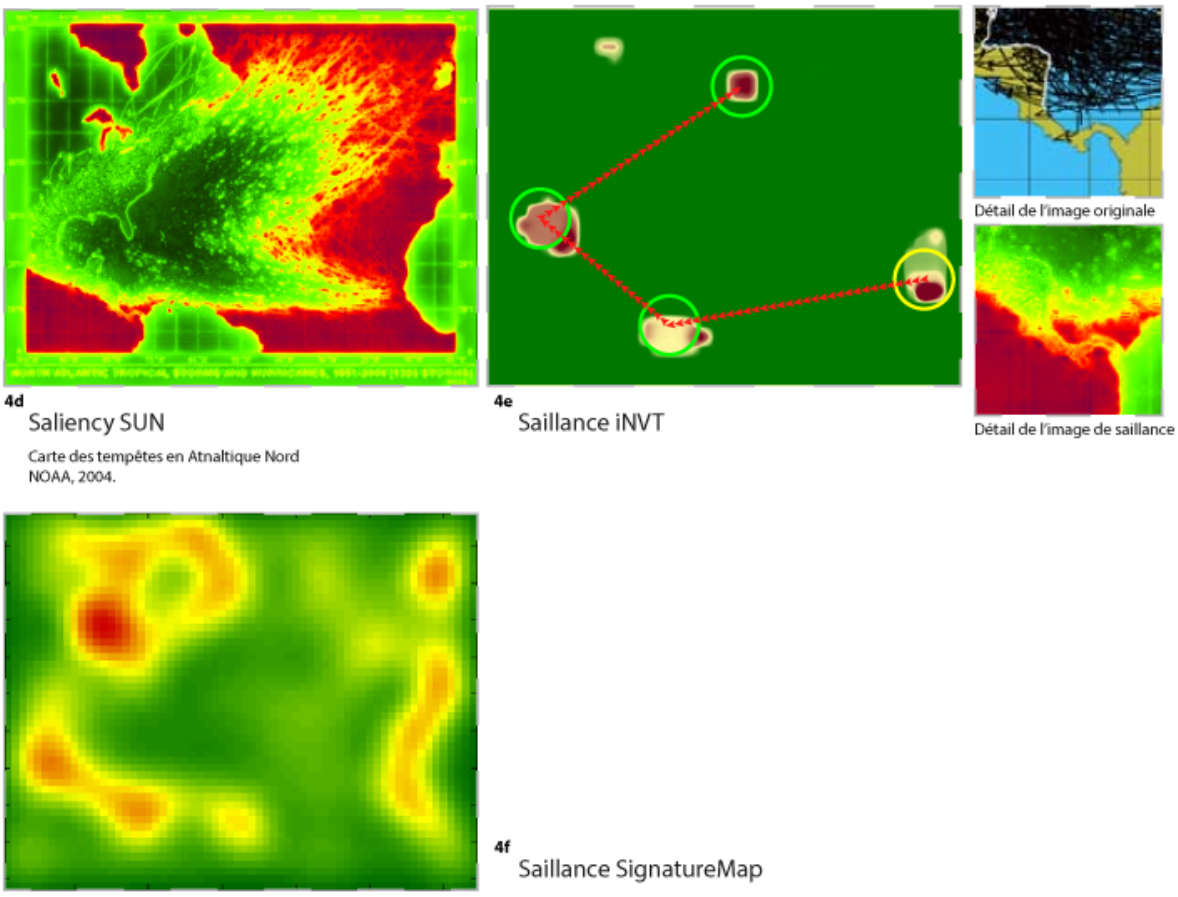


figure n°168 : Saillances sur l'image de test n°4.

Sur la carte des tempêtes de la NOAA (figure n°168, ci-dessus), les algorithmes semblent être égarés par la composition de la carte. Le gribouillis central est cependant bien qualifié comme non saillant. À l'inverse, les zones saillantes sont nombreuses et marquées en ce qui concerne l'image produite par SUN, en fait les zones océaniques libres de tempêtes, larges plages de bleu. SignatureMap propose un résultat moins étonnant, indiquant la région des grands lacs ainsi que les côtes, zones de transition entre le bleu de l'eau et l'ocre des continents. L'iNVT repère lui aussi ces zones de transition marquée entre plages de couleurs différentes, mais dans un ordre qui n'apparaît pas immédiatement compréhensible. Cette approche de la complexité par la saillance visuelle est ainsi plus performante que les précédentes pour indiquer le problème de perception posé par cette carte, en mettant en évidence le faible intérêt visuel de la zone centrale.

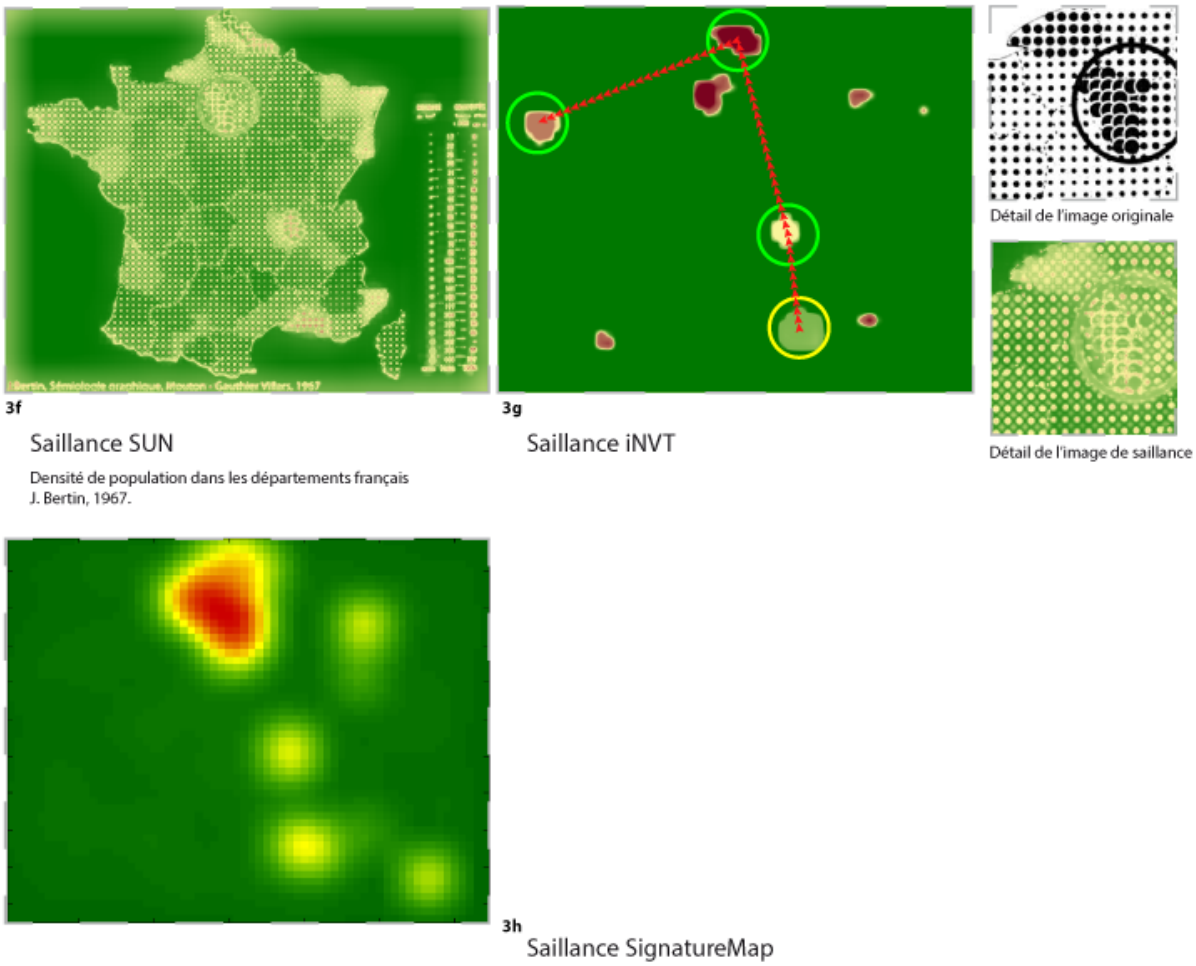
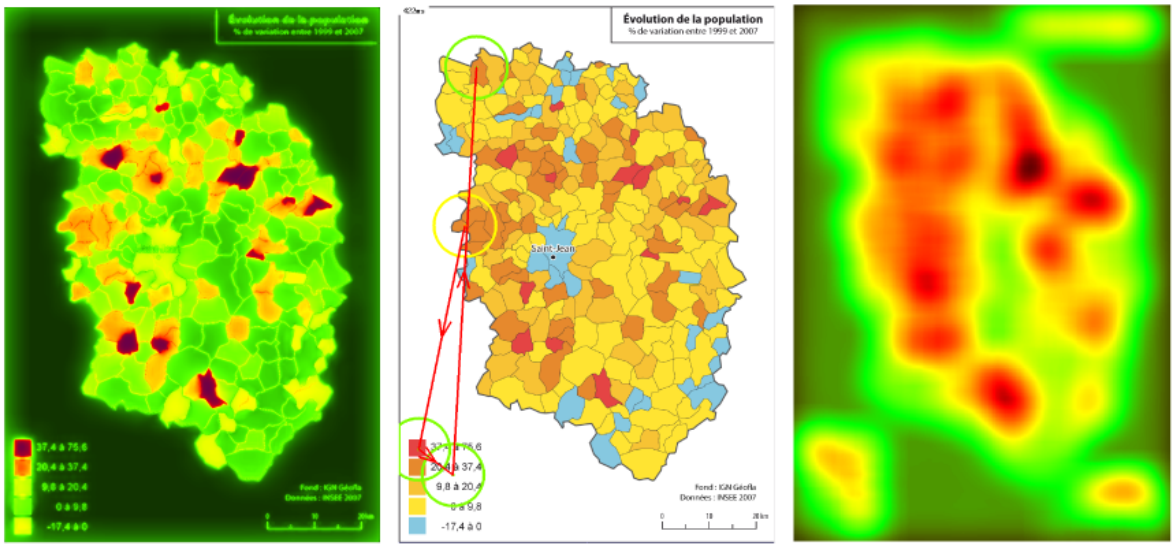


figure n°169 : Saillances sur l'image de test n°3.

Enfin sur le semis régulier de cercles de J. Bertin, l'algorithme SUN (image 3f, figure n°169, ci-dessus) repère certaines zones denses (Paris, Bouches-du-Rhône et Rhône), mais échoue sur le cercle de grande taille autour de la région parisienne. SignatureMap (image 3h) identifie assez pertinemment les régions de la carte présentant les symboles de plus grande taille, notamment le cercle parisien. L'iNVT, lui (image 3g), repère bien les fortes densités du Nord et de la région parisienne, ainsi que les densités secondaires dans une moindre mesure, mais il fait ressortir la pointe bretonne et la côte basque, pour des raisons peu évidentes. Les trois algorithmes semblent assez cohérents entre eux sur cette image monochrome, repérant bien les taches principales de la carte. La légende n'est cependant pas repérée. Comme elle n'est composée que de petits symboles et de texte fin, elle n'a pas fait réagir les différents outils.

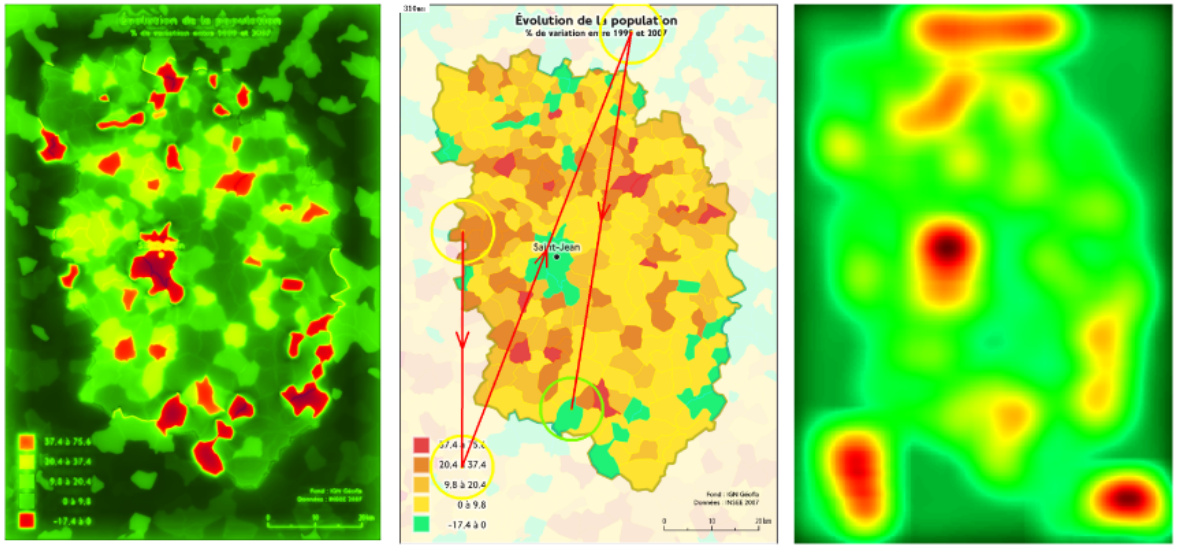


5c
Saillance SUN

5d
Saillance iNVT

5e
Saillance SignatureMap

figure n°170 : Saillances sur la carte choroplèthe de référence du chapitre 7



7c
Saillance SUN

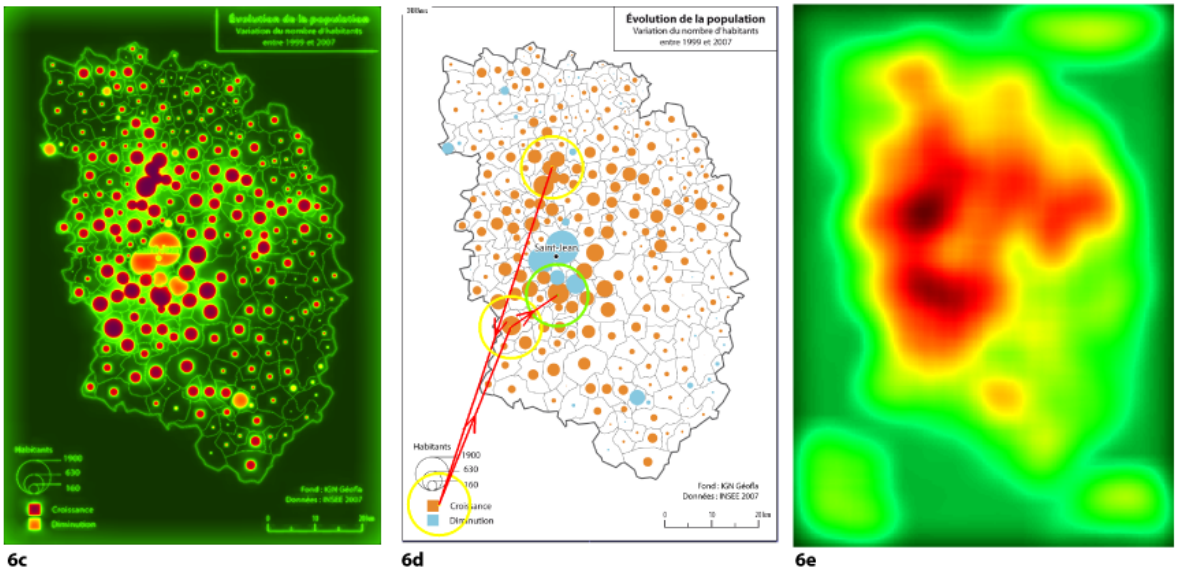
7d
Saillance iNVT

7e
Saillance SignatureMap

figure n°171 : Saillances sur la carte choroplèthe modifiée du chapitre 7

Les différents algorithmes de saillance visuelle vont être particulièrement intéressants dans la comparaison des cartes de référence du chapitre sept par rapport à ces mêmes cartes modifiées pour améliorer leur composition graphique (figure n°170 et figure n°171, ci-dessus). Concernant la saillance SUN, le changement de teinte pour les évolutions négatives (du bleu au vert) va être important puisque c'est cette classe qui devient la couleur la plus attirante pour l'attention. On savait que cet algorithme était perturbé par certaines teintes, en voici un nouvel exemple : le vert utilisé dans la version modifiée de la carte est nettement plus réactif que le bleu d'origine. L'algorithme iNVT propose une

information intéressante : la modification de la structure visuelle de l'image est opérante, les éléments importants de la carte sont plus saillants dans la version modifiée (titre, légende). Cela voudrait dire que cette carte est plus efficace dans la hiérarchisation visuelle de l'information mise en page. Le dernier algorithme utilisé, SignatureMap, confirme cette remarque en mettant mieux en évidence ces éléments importants, tout en ajoutant la zone autour du chef-lieu de la région cartographiée aux régions saillantes, ce qui semble logique vues les valeurs qu'elle présente (large zone d'évolution négative entourée de communes en croissance relativement forte). Ces algorithmes montrent bien une réorganisation de la saillance de l'image.

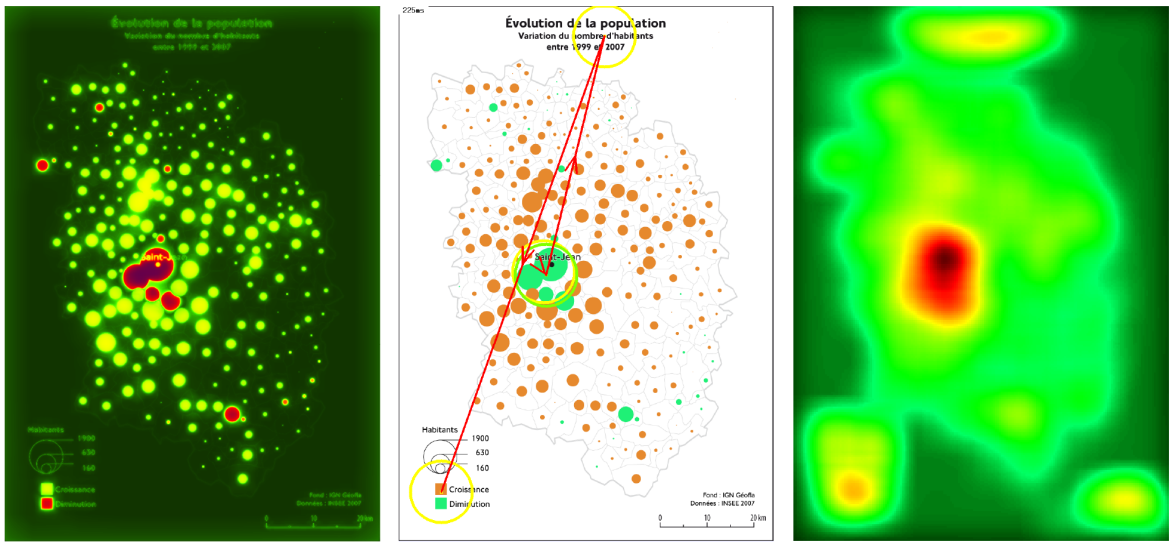


6c
Saillance SUN

6d
Saillance iNVT

6e
Saillance SignatureMap

figure n°172 : Saillances sur la carte par symboles de référence du chapitre 7



8c
Saillance SUN

8d
Saillance iNVT

8e
Saillance SignatureMap

figure n°173 : Saillances sur la carte par symboles modifiée du chapitre 7

De façon logique, et qui renforce les hypothèses émises, on peut produire les mêmes remarques en ce qui concerne la carte en symboles proportionnels de référence et sa modification (figure n°172 et figure n°173, ci-dessus).

8.2.2. Discussion

L'apport de la modélisation de l'attention, proposant une visualisation simple de la hiérarchie visuelle des images, permet de compléter de manière intéressante les analyses précédentes sur la complexité graphique. Les principales limites relevées sur les outils précédents (quadtrees, compression) sont ici dépassées, notamment la question du travail sur des images en couleur, de la sur-valorisation des dégradés denses et de la prise en compte de multiples échelles de perception. L'analyse d'images de petite taille et de faible résolution ne pose pas de problème non plus.

Surtout, il est ici mis en œuvre une tout autre méthodologie de modélisation de la perception d'une image, qui fait intervenir plusieurs facteurs, plusieurs processus de détection, successifs et organisés en système perceptif (ce qui suppose des renforcements, des rétroactions et des inhibitions, etc.). Le passage d'une mesure mécanique de la quantité d'information d'une image à des algorithmes visant à rendre compte de la façon dont le système psychovisuel humain va percevoir cette image permet d'obtenir une compréhension plus grande de la lisibilité d'une image.

Cependant, l'analyse reste encore au niveau d'une complexité visuelle et graphique (de type 1). Structurelle, cette analyse ne prend pas en compte l'adaptation de la carte aux principes sémiotiques relevant d'une complexité plus intellectuelle, de compréhension des signes, ou de l'expérience des lecteurs. Ainsi la carte de l'image de test n° 1 (NREL, biomasse) a été choisie car elle est erronée de ce point de vue. Elle ne tient pas compte des principes sémiotiques usuels de représentation cartographique par choroplèthe, utilisant plusieurs couleurs pour représenter une variation (quantitative) ordonnée simple qui demandait une variation de valeur (une seule teinte dégradée). Les algorithmes de saillance montrent bien que les parties visuellement marquantes de cette carte ne sont pas celles où la valeur de la variable représentée présente ses valeurs les plus élevées, mais l'analyse ne peut être poussée plus loin avec ce type d'outils.

L'amélioration de la performance de compréhension de la complexité d'une image cartographique se réalise toutefois avec une augmentation considérable de la difficulté à paramétrer les outils, dans le cas de l'iNVT notamment. En effet, si les méthodes SUN et SignatureMap fonctionnent presque directement, sans longue phase de configuration, l'iNVT propose une impressionnante quantité de paramètres possibles[43], pour affiner la modélisation de l'attention à chaque niveau du modèle (réaction des différentes régions corticales, types d'interactions), mais aussi pour adapter l'outil à plusieurs hypothèses de perception.

43 Plusieurs dizaines de paramètres sont disponibles, comportant chacun diverses options.

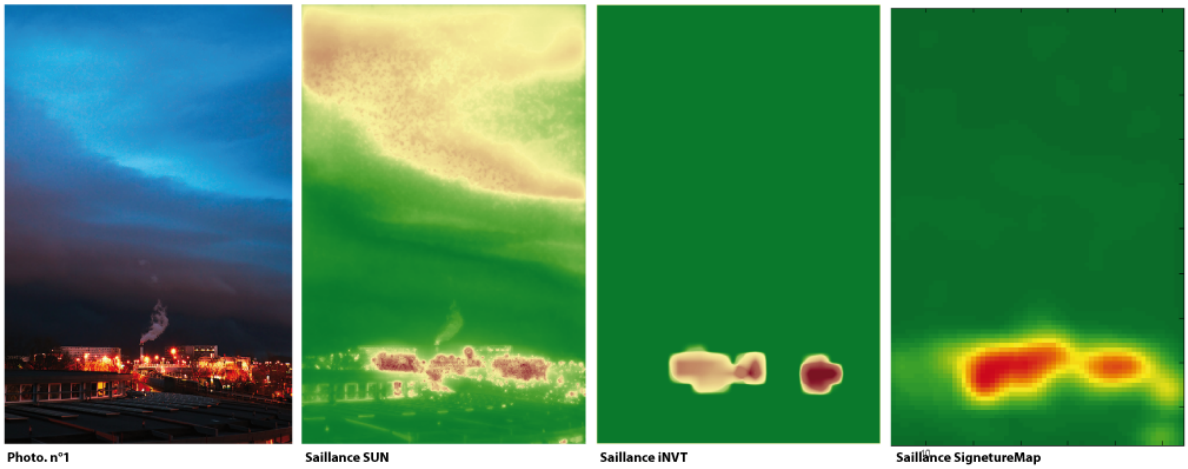


figure n°174 : Test des algorithmes de saillance sur une image « naturelle ».

L'algorithme SUN produit un résultat facile à interpréter et sensiblement conforme à l'intuition du cartographe, si ce n'était sa trop grande sensibilité à certaines couleurs (rouge et cyan purs). Peut-être est-ce dû aux images « naturelles» utilisées comme référence dans son élaboration[44], où ces couleurs doivent être relativement peu présentes. Les images artificielles qu'on lui a présentées ici sortent du cadre normal de son utilisation. Pour confirmer cette hypothèse, la figure n°174 illustre son utilisation sur des scènes « naturelles ». L'algorithme iNVT s'en sort mieux et identifie des zones plus conformes avec l'expérience empirique. Le SignatureMap, enfin, corrige ce problème tout en offrant une visualisation plus simple de la saillance.

Ces comparaisons avec l'estimation *a priori, intuitive,* de la complexité des images cartographiques, outil mental accessible à à toute personne ayant quelque peu l'expérience de la lecture de cartes, indiquent une piste pour la poursuite des travaux. Nous envisageons la vérification expérimentale de ces essais de mesure par la constitution d'une nouvelle enquête, basée elle aussi sur un questionnaire visuel.

44 En effet, lors de son élaboration, l'algorithme SUN a été entraîné sur un jeu d'images « naturelles », c'est à dire des photographies de scènes réelles. Cet entrainement lui a permis de constituer un dictionnaire d'éléments de base, dont la combinaison permet d'évaluer la saillance des images qui lui sont présentées ensuite.

8.3. Conclusion : Quelle utilité pour le praticien et l'usager ? Quelles perspectives ?

Les premiers outils présentés ici, *quadtrees* et taux de compression DCT, sont tout d'abord le reflet d'une approche simpliste, mécanique, utilisée pour tenter de mesurer et visualiser la complexité d'une image cartographique. Cette mesure ne s'applique qu'à la composante informationnelle de la complexité, qui est largement insuffisante pour exprimer la lisibilité totale d'une image cartographique. Ce simplisme reconnu, et ses principaux biais identifiés, nous avons pu cependant relever certains apports de la visualisation de ce type de complexité qui reste une composante intrinsèque, parfois non négligeable, de la complexité perceptive totale.

L'idée ici n'est donc pas seulement de proposer une mesure mécaniste de la répartition de la complexité visuelle dans une image, qui servirait à la corriger en indiquant les zones à simplifier. Il semble utile de donner une idée de cette complexité informationnelle dans le premier temps d'une étude plus complète de la lisibilité de l'image, qui servirait à l'apprentissage de cet aspect. Car l'apprenti cartographe, potentiellement trop familier de ses propres choix graphiques, a peut-être perdu une partie de sa capacité d'estimation de l'effet produit par l'image sur le lecteur. En outre, cette information peut aussi être utile dans le cas où la réalisation de l'image cartographique a été confiée à un système logiciel automatique, comme c'est de plus en plus souvent le cas. Ces systèmes ne proposent généralement que des possibilités très limitées de composition cartographique. Leur utilisateur peut être alors intéressé par une information neutre sur la complexité visuelle du résultat, même très partielle, en tant qu'indice sur sa lisibilité. Par exemple, on a pu relever la forte influence sur la complexité visuelle de l'utilisation de fonds de carte trop précis (du point de vue de la généralisation des contours et de la subdivision en régions) et trop visibles (colorés) : ils conduisent à la présence sur l'image de très nombreux éléments graphiques fins et contrastés. La réflexion sur l'adéquation du figuré et du degré de généralisation du fond de carte à l'objectif de la carte se trouve à nouveau justifiée, si besoin en était.

Dans un deuxième temps, nous proposons d'approfondir la visualisation de la complexité en utilisant cette fois un outil qui se rapproche de la perception humaine, et informe sur une répartition hiérarchique des zones de l'image captant l'attention. La complexité perceptive de l'image cartographique y est donc potentiellement lisible en creux. On approche la notion de lisibilité en *visualisant* de manière *simplifiée* une estimation de la façon dont l'image sera perçue. Il est donc possible d'apprécier si cet ordre correspond à celui qui est adapté à une bonne compréhension de la carte, c'est-à-dire si les éléments saillants de l'image sont ordonnés de façon à correspondre aux zones importantes du point de vue de la compréhension du message de la carte par son public. Cette notion de hiérarchie visuelle et de contenu des zones composant une image, évoquée notamment par la psychologie visuelle gestaltiste, est aussi très importante dans le domaine de la conception graphique, comme on l'a montré dans un chapitre précédent (cf. *supra*, ch. 6).

On peut aussi mesurer l'évolution de la lisibilité d'une carte thématique entre deux versions, comme nous l'avons fait sur des cartes d'exemple tirées du chapitre sept

Cependant, les méthodes d'estimation de la saillance visuelle utilisées ici sont plutôt adaptées à l'analyse de scènes dites "naturelles", ce dont les cartes sont assez éloignées, à la fois du point de vue formel, des signifiants graphiques, mais aussi de celui de leur lecture. Il faudra attendre une évolution des algorithmes, les adaptant mieux aux types d'images correspondant aux illustrations graphiques en deux dimensions et aux cartes pour espérer un usage plus direct de ce type de techniques. Les cartes ne sont pas des images banales, elles portent une information structurée et nécessitent un certain apprentissage pour leur bonne compréhension. Cet apprentissage, cette culture, sont de plus liés à une tradition ou habitude de présentation et à des styles, qui évoluent selon les supports, les outils, les usages.

Enfin, des recherches restent à mener dans l'analyse des autres types de complexité, plus évolués, notamment la complexité sémiotique et intellectuelle des cartes. Cette approche de la lisibilité par la complexité visuelle est par ailleurs potentiellement utile dans d'autres disciplines liées à l'image, en particulier dans le domaine artistique (esthétique, critique d'art) et l'on peut espérer des bénéfices croisés à une poursuite de ces travaux.

D'un point de vue pratique, au-delà de la mise à disposition des outils présentés ici sous la forme de services logiciels isolés, nous envisageons de les proposer en tant que fonctionnalité complémentaire de logiciels de cartographie, de S.I.G, par exemple en tant qu'extension de logiciels libres. On aurait ainsi un accès simplifié à ce type de méthodes, et la possibilité de les utiliser de manière progressive et itérative, avec une progression pédagogique. Les services Internet qui ont été développés dans le cadre de ce chapitre sont présentés dans l'annexe n°2.

Chapitre 9

Visualiser et évaluer l'harmonie colorée

9.1. Introduction

En cartographie thématique, la couleur joue un grand rôle. C'est une variable visuelle de premier plan, décomposée en variables de couleur et de valeur, pour reprendre le concept issu de la *sémiologie graphique* de J. Bertin, mais aussi comme propriété esthétique du document cartographique. L'étude des couleurs utilisées par les grands peintres est notamment une thématique qui apparaît dans les publications récentes[1]. On a vu dans les chapitres précédents l'importance de l'association des couleurs entre elles dans le document : la composition de leurs propriétés pouvant donner une impression d'harmonie et de rythme si elle est bien réalisée. Par propriétés des couleurs, on entendra d'une part les niveaux dans les composantes propres des couleurs (teinte, saturation, luminosité, couleurs primaires, etc.), mais aussi leur répartition spatiale dans l'image, en quantité de surface et leur forme. Plusieurs pistes d'évaluation de ces signes plastiques de la composition ont été relevées lors de la deuxième partie du présent travail, à la découverte des propriétés esthétiques, elles vont maintenant pouvoir en partie être testées par des outils infographiques.

L'enseignement de l'utilisation de la couleur en cartographie thématique, par le moyen de la sémiologie graphique, est une approche *analytique* et *inductive* : des phénomènes spatiaux sont symbolisés selon leurs caractéristiques individuelles et représentés graphiquement sur une carte. C'est une méthodologie pratique, pédagogique, destinée au géographe-cartographe. L'approche complémentaire, *synthétique* et *déductive*, consiste à observer et commenter une carte pour en tirer des informations à partir de la caractérisation et de la répartition des symboles. Dans l'épistémologie de la cartographie, ce second mode d'interrogation est longtemps resté marqué par des méthodes discursives, souvent à un niveau intuitif plus que raisonné. À l'inverse, la description des couleurs en informatique ou en physique produit des résultats techniques précis, mais leur analyse est assez peu accessible au néophyte.

Les commentaires descriptifs utilisés dans la pédagogie de la carte pourraient être facilités par des outils visuels présentant de manière simple et spécifique les proportions et relations des couleurs utilisées dans un document cartographique, plutôt que d'en rester à un niveau descriptif général. Comme on l'a vu dans les chapitres précédents, certains outils descriptifs et interprétatifs des couleurs employés en histoire et critique d'art sont potentiellement utilisables en cartographie. Ils peuvent faire l'objet de représentations visuelles qui les mettent en évidence et facilitent leur apprentissage. En parallèle, l'évolution des possibilités de programmation informatique permet aujourd'hui de disposer de moyens d'analyse et de représentation graphique plus accessibles, par exemple sous la forme d'applications

1 . Notamment [Chesneau, 2006], [Christophe, 2009], [Cartwright *et al.*, 2009].

Internet exécutées dans le logiciel navigateur ; donc sans installation préalable et de manière indépendante du système d'opération de l'ordinateur.

Nous rappellerons tout d'abord les moyens classiques d'analyse visuelle des couleurs d'une image, avant de proposer de nouveaux outils et d'en exposer des exemples d'utilisation.

9.2. Les moyens usuels de visualisation des couleurs : les histogrammes par composantes

La représentation de la répartition des couleurs dans une image possède un outil canonique en infographie : l'histogramme. Cette représentation consiste à calculer et dessiner un histogramme de fréquence pour chacune des composantes colorées d'une image.

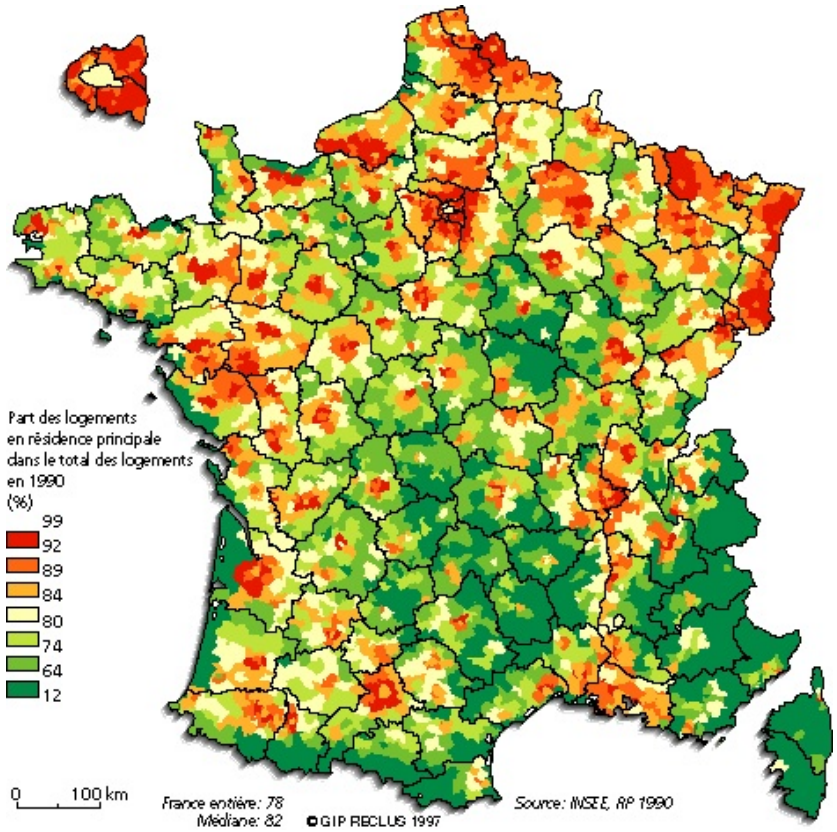


figure n°175 : Carte extraite de l'Atlas de France, vol. 5, «Société et Culture», coord. M. Vigouroux, éd. La Documentation Française, RECLUS, 1997.

La carte de la figure n°175 ci-dessus est une choroplèthe. Elle utilise les variables visuelles de couleur (tentes rouge et vert) et de valeur (double dégradé vers un jaune pâle). En infographie, la répartition relative de ses couleurs est analysée par des histogrammes tels que ceux de la figure suivante.

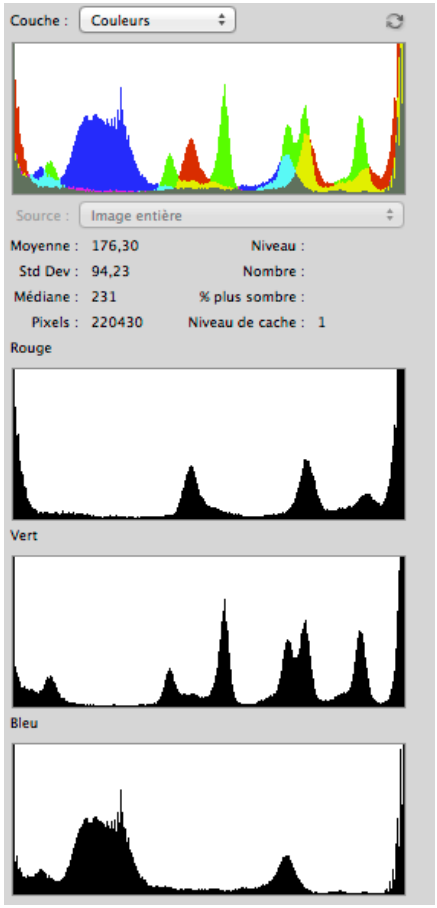


figure n°176 : Histogrammes de répartition des couleurs
par le logiciel Adobe Photoshop CS5.1©

Le premier graphique combine les trois histogrammes des composantes rouge, verte et bleue (distinguées dans les graphiques inférieurs), en utilisant les couleurs des composantes et leur synthèse additive là où les courbes se recouvrent. L'axe des abscisses correspond à la valeur de la composante, c'est-à-dire à sa luminosité : de gauche à droite on passe des valeurs les plus sombres aux plus claires.

Le trait le plus visible du premier graphe est un maximum local de la composante bleue dans la partie gauche, qui correspond en fait à la composante bleue de la couleur la plus présente sur la carte : un vert bleuté qui représente la classe de la plus forte présence de résidences secondaires dans les logements. Ainsi une grande quantité (relative) de bleu sombre se trouve dans les faits à l'intérieur d'un vert moyen. La composante verte ne présente pas de « bosse » aussi marquée, car la carte présente plusieurs verts de luminosité variée, dispersée ; ainsi que des jaunes lumineux qui comportent une part de vert (nous sommes en trichromie de lumière, en synthèse additive des couleurs, le jaune est un mélange de rouge et de vert). C'est dire que la description intuitive des couleurs d'une image n'est pas du tout favorisée par ce type de représentation…

Comment représenter graphiquement la répartition des couleurs d'une image cartographique et éventuellement les relations qu'elles présentent, de manière lisible ? Un indice se trouve dans la formulation de la question : on cherche à *représenter* une

information quantitative *graphiquement* : pourquoi ne pas utiliser les règles de sémiologie graphique mais dans un référentiel spatial différent, où les dimensions ne sont plus géographiques, mais liées aux composantes colorées ?

9.3. Une visualisation plus intuitive, qui se rapproche des couleurs perçues

Il existe différents moyens pour décrire quantitativement une couleur. On a vu précédemment que le raisonnement par les composantes rouge, verte et bleue n'était pas très intuitif, on le réserve plutôt aux considérations techniques de la production des couleurs[2]. Un modèle beaucoup plus adapté existe, qui décrit les couleurs selon une autre combinaison de trois composantes : Teinte, Saturation et Luminosité (TSL, HSV en anglais). On dispose ainsi d'une composante spécifiquement dédiée à la teinte, et deux autres qui permettent de faire varier la valeur, ce qui correspond bien aux usages cartographiques.

9.3.1. Les histogrammes Teinte Saturation Luminosité

Les histogrammes simples n'offrant que deux dimensions, la visualisation des trois composantes Teinte, Saturation et Luminosité peut se réaliser au travers de deux histogrammes distincts, Teinte+Saturation et Teinte+Luminosité (cf. figure n°177, ci-après).

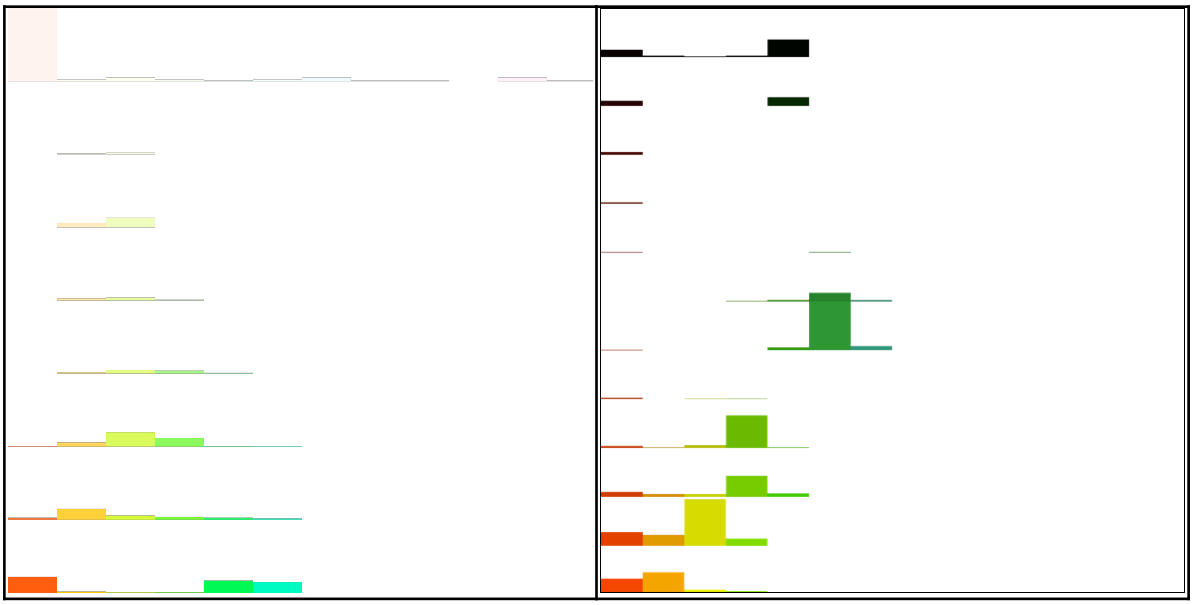


figure n°177 : Histogrammes Teinte-Saturation et Teinte-Luminosité de la figure n°175. La teinte est en abscisse, la saturation (gauche) puis la luminosité (droite) en ordonnée.

2 . L'émission lumineuse colorée est en effet généralement réalisée en combinant des sources rouges, vertes et bleues, par exemple avec un vidéo-projecteur ou sur un écran informatique.

Sur ces histogrammes, la hauteur des barres correspond directement à la quantité relative de la couleur sur la carte, selon une grille de mesure dont la finesse est paramétrable. Il s'agit en effet d'histogrammes de fréquences, dont les comptages de valeur sont fonction de la largeur choisie des classes représentant des fréquences. On a donc un résumé visuel de la répartition relative des différentes couleurs à l'intérieur d'une image cartographique[3]. Les règles de la sémiologie graphique sont évoquées au travers de la variable visuelle de taille, qui permet de représenter les quantités de couleurs en faisant varier la hauteur des barres. Les deux dimensions du plan ne sont plus les dimensions géographiques habituelles, mais des composantes de l'information, en l'occurrence les composantes du système chromatique TSL.

9.3.2. Le cercle chromatique de symboles proportionnels

Il est possible d'améliorer cette analyse colorée en utilisant un mode de représentation encore plus proche des formes de la carte thématique : des symboles proportionnels. On emploie alors une imposition sur des axes en coordonnées polaires pour créer des relations spatiales représentant des relations colorées (opposition, complémentarité) plus lisibles. Le résultat est à notre avis un mode performant de représentation des couleurs d'une image, qui offre une visualisation simplifiée de nombreuses propriétés. Naturellement il ne s'agit ici que de la présentation d'une méthode *a priori* originale, qu'il faudra par la suite bien sûr tester par enquête et affiner.

La méthode de représentation est décrite par la figure n°178 ci-après.

- La teinte est représentée par l'angle de rotation, avec le rouge à 0° en haut de la figure et les couleurs dans l'ordre de l'arc-en-ciel, selon le nombre de classes de fréquence spécifié (c-à-d. le découpage des teintes en un certain nombre de classes) ;
- La saturation est représentée sur le diamètre, de zéro au centre à 100% sur le contour, selon le nombre de classes spécifié ;
- Les cercles proportionnels des couleurs sont représentés selon ces coordonnées en effectuant une classification des valeurs de luminosité selon le nombre de classes spécifié, ainsi qu'en dessinant les valeurs dans l'ordre décroissant, pour éviter que les couleurs moins présentes (petits symboles) soient masquées par les autres.

3. Cette analyse fonctionne en effet sur une image à la fois, la représentation étant normalisée : la couleur la plus présente de l'image est représentée par une barre qui occupe toute la hauteur de sa case, les autres barres sont dimensionnées relativement à celle-ci.

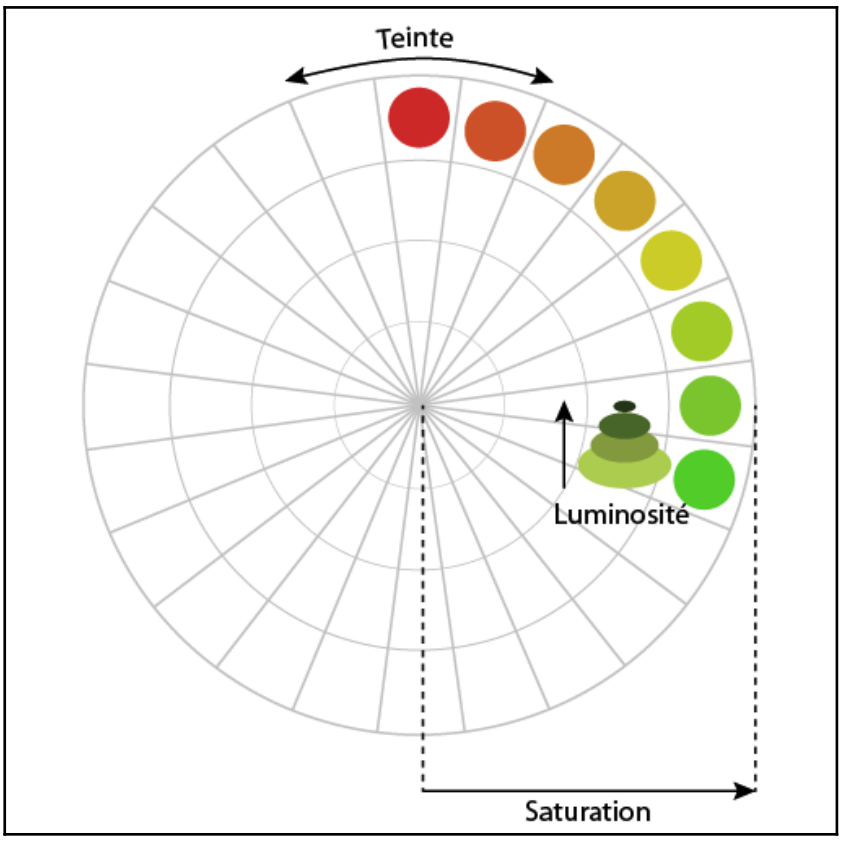


figure n°178 : Cercle chromatique de symboles proportionnels.

On obtient ainsi un empilement de cercles par luminosité, dans des coordonnées polaires liées à la teinte et la saturation. Il s'agit du cercle chromatique TSL habituel, mais il n'est plus limité à la représentation d'une seule couleur, il exprime graphiquement la répartition de toutes les couleurs trouvées dans une image.

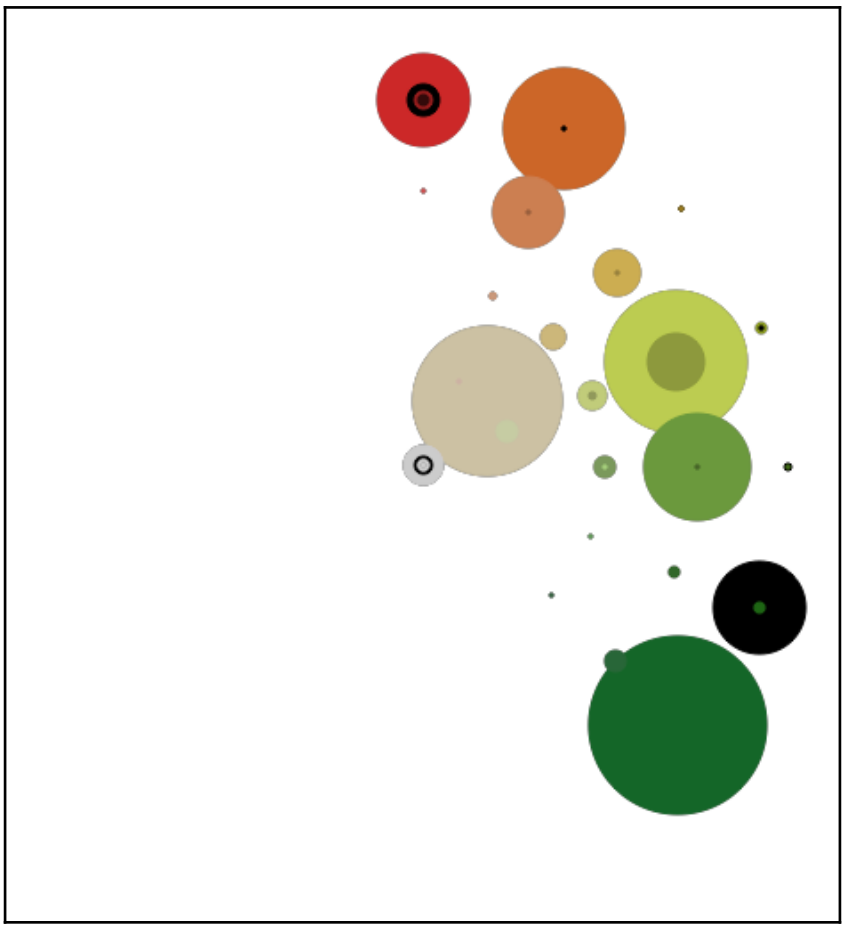


figure n°179 : Cercle chromatique de symboles proportionnels sur l'exemple de la carte de la figure n°175.

On peut ainsi y lire plus facilement des propriétés *quantitatives* des couleurs dans l'image :

- Nombre de teintes principales ;
- Étendue des teintes utilisées (quantité de surface occupée dans l'image) ;
- Proportions respectives des couleurs, rythme éventuel.
- Présence éventuelle de couleurs distractives (noirs, gris).

Des propriétés *relationnelles* de ces couleurs :

- Relations entre teintes principales (oppositions, complémentarités, camaïeux) ;
- Construction des dégradés selon les variables visuelles Couleur et Valeur ;
- Harmonie des dégradés : camaïeux, transitions par les faibles saturations, les fortes luminosités ;

D'autres exemples de cartes permettent d'illustrer différents types de relations colorées[4].

4 . Nombre d'illustrations sont tirés de l'Atlas de France édité par RECLUS entre 1995 et 2001, car il s'agit d'une impressionnante collection de cartes thématiques faisant preuve d'une recherche esthétique certaine et d'une grande homogénéité. Cf. : http://www.mgm.fr/PUB/ATFpre.html (visité le 4 janvier 2013).

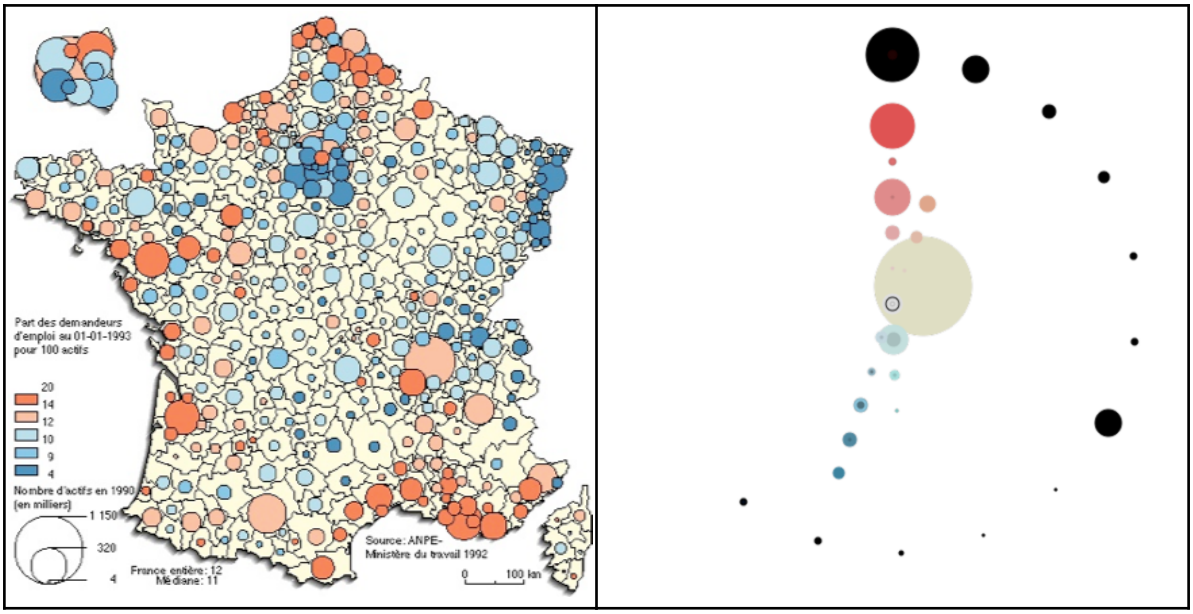


figure n°180 : Carte extraite de l'Atlas de France, vol. 3, «Emplois et entreprises», coord. P. Caro et Th. St-Julien, éd. La Documentation Française, RECLUS, 1997.

On peut noter au passage sur la figure n°180 ci-dessus la prégnance du noir, présent dans les contours des cercles, des zones d'emploi, l'ombre et les textes. Si l'on enlève ce noir de l'image, le cercle chromatique de symboles proportionnels est beaucoup plus simple à interpréter (cf. figure n°181). On visualise mieux l'opposition des teintes utilisées en légende, qui ne sont pas tout à fait opposées sur le cercle chromatique, ainsi que la forte présence du jaune clair qui remplit le fond des départements.

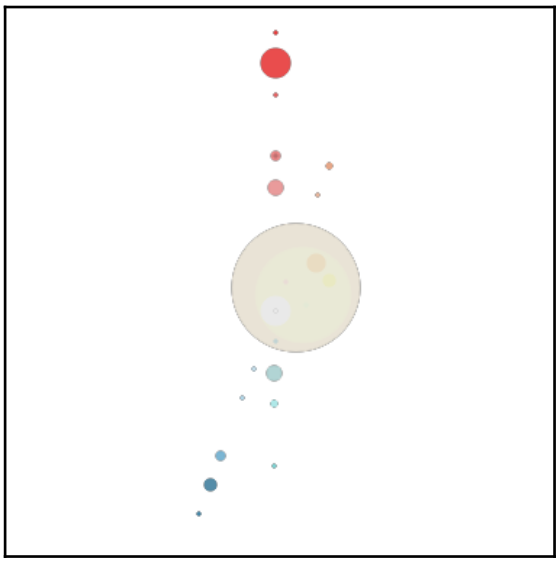


figure n°181 : Analyse de la carte de la figure n°180 sans le noir.

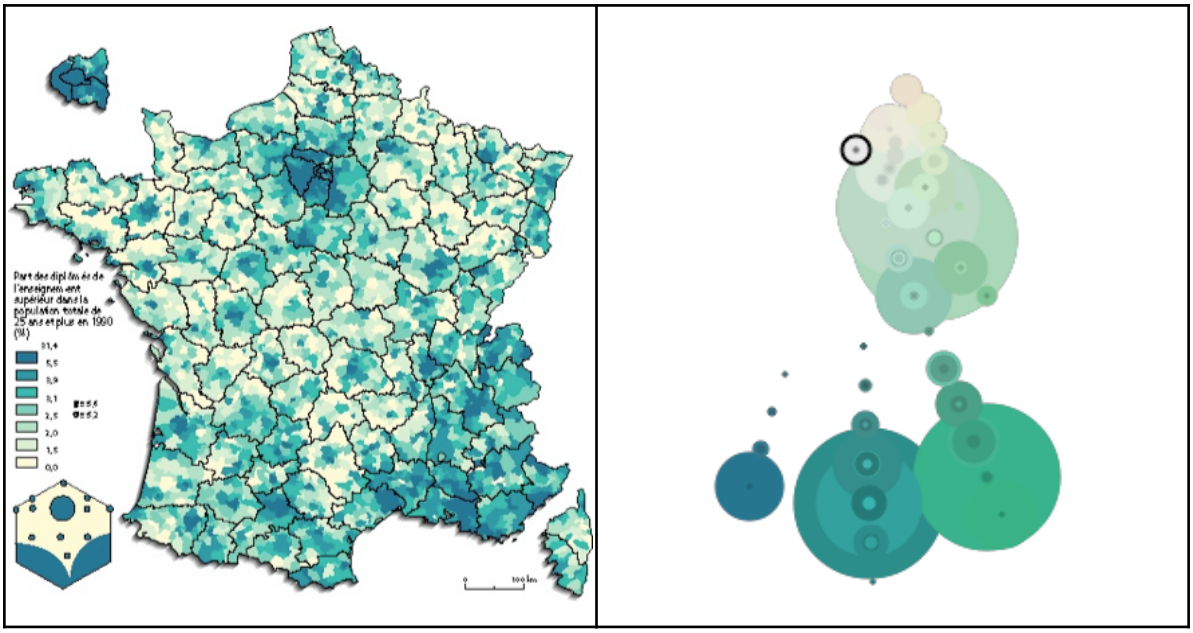


figure n°182 : Carte extraite de l'Atlas de France, vol. 4, «Formation et Recherche», coord. M. Brocard, R. Hérin et J. Joly, éd. La Documentation Française, RECLUS, 1996.

figure n°183 : Mouvement du camaïeu de la figure n°182.

La carte de la figure n°182, ci-dessus, montre une répartition des couleurs intéressante : le camaïeu n'est pas droit, ni régulier. D'un bleu-vert foncé à la même teinte plus claire les symboles forment une courbe sur le graphique. Comme illustré sur la figure n°183 ci-dessus, le camaïeu évolue en un double mouvement, d'abord par une variation de teinte vers le vert mais toujours dans des tons saturés, puis par une désaturation rapide. Le dégradé est ainsi étiré et permet de construire une légende en sept classes tout en préservant la continuité visuelle entre couleurs.

D'une propriété physico-phénoménologique de variation colorée (teinte + saturation) on est donc passé à une propriété intentionnelle (aspect continu, lisse et clarté, harmonie des couleurs), ce qui peut permettre la génération de propriétés esthétiques chez le lecteur (appréciation).

L'analyse de dégradés et d'harmonies particulièrement réussies peut être facilitée par ces diagrammes, par exemple dans un but pédagogique. L'*Atlas des futurs du Monde*, publié en 2010 chez Robert Laffont par V. Raisson et son équipe du Lépac[5], présente par exemple une harmonie de couleurs assez originale, basée sur des tons naturels, atténués. La figure n°184 ci-dessous montre que les dégradés utilisent des teintes assez proches (ce qui est original) au lieu de teintes complémentaires, ainsi que des saturations moyennes, mais elles aussi assez proches. L'effet harmonieux est donc complexe.

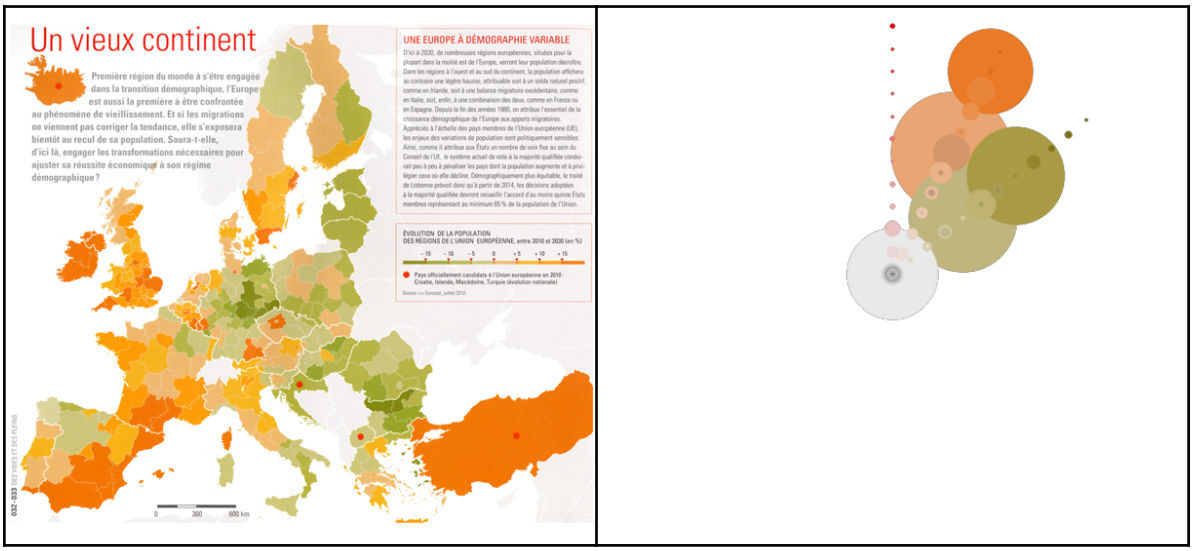


figure n°184 : Carte extraite de l'*Atlas des Futurs du Monde*[6], [Raisson, El Aktaa, 2010].

La représentation peut être encore améliorée en utilisant les trois dimensions de l'espace pour les trois dimensions colorées. On obtient alors une visualisation découplée des teintes, saturations et valeurs de luminosité. Comme la surface de dessin reste un écran en deux dimensions, il faut fournir un moyen informatique de faire pivoter les axes interactivement pour pouvoir explorer les informations en trois dimensions. Le cercle utilisé dans les représentations précédentes devient alors un cylindre.

5 . *op. cit.*, [Raisson, El Aktaa, 2010]
6. *op. cit.*, p. 32.

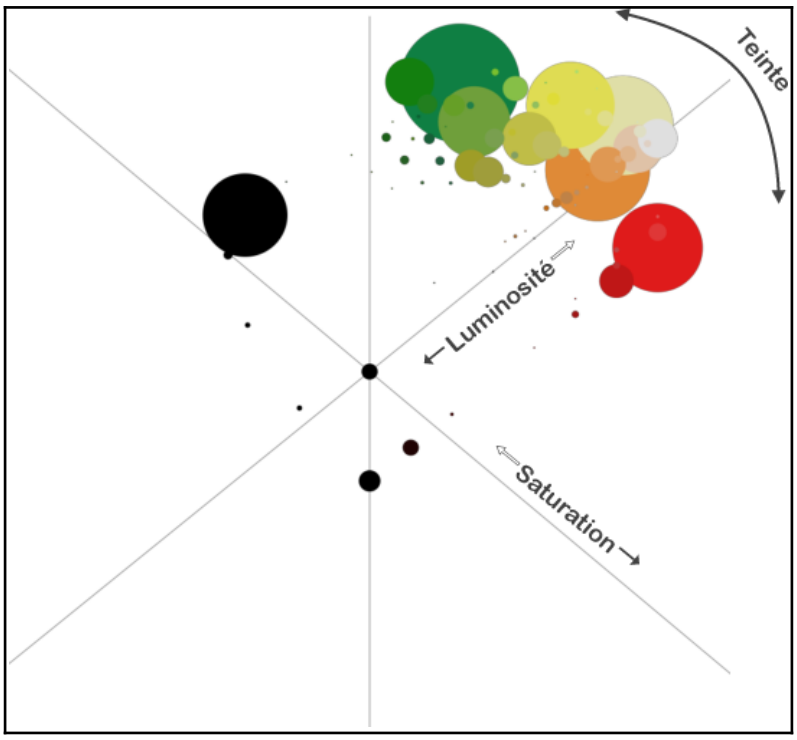


figure n°185 : Couleurs de la carte de la figure n°175 représentées dans un cylindre chromatique 3D.

Comme le montre la figure n°185 ci-dessus, basée sur la carte de la figure n°175, la teinte et la saturation varient mais la luminosité présente nettement deux classes de valeurs opposées. Par contraste, la carte utilisée dans la figure n°186 ci-après n'utilise qu'un seul dégradé de couleurs, employant un éventail réduit de teintes mais qui s'étire plutôt en luminosité et en saturation, ce qui se visualise en 3D sur la figure n°187 page suivante.

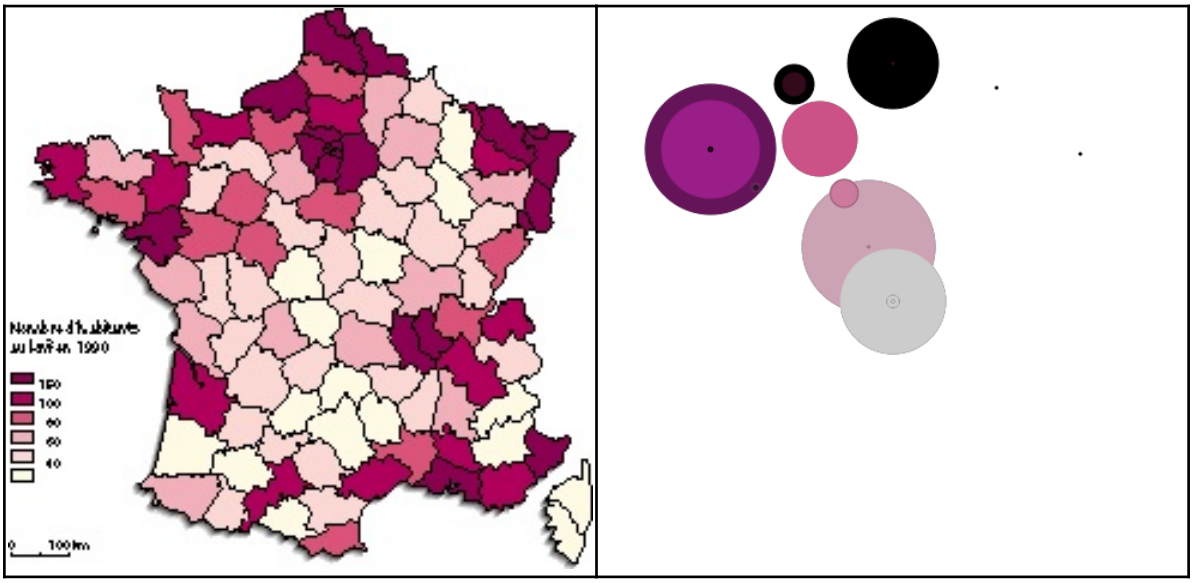


figure n°186 : Carte extraite de l'Atlas de France, vol. 2, «Population»[7].

7. Coord.Y. Chauviré et D. Noin, éd. La Documentation Française, RECLUS, 1996.

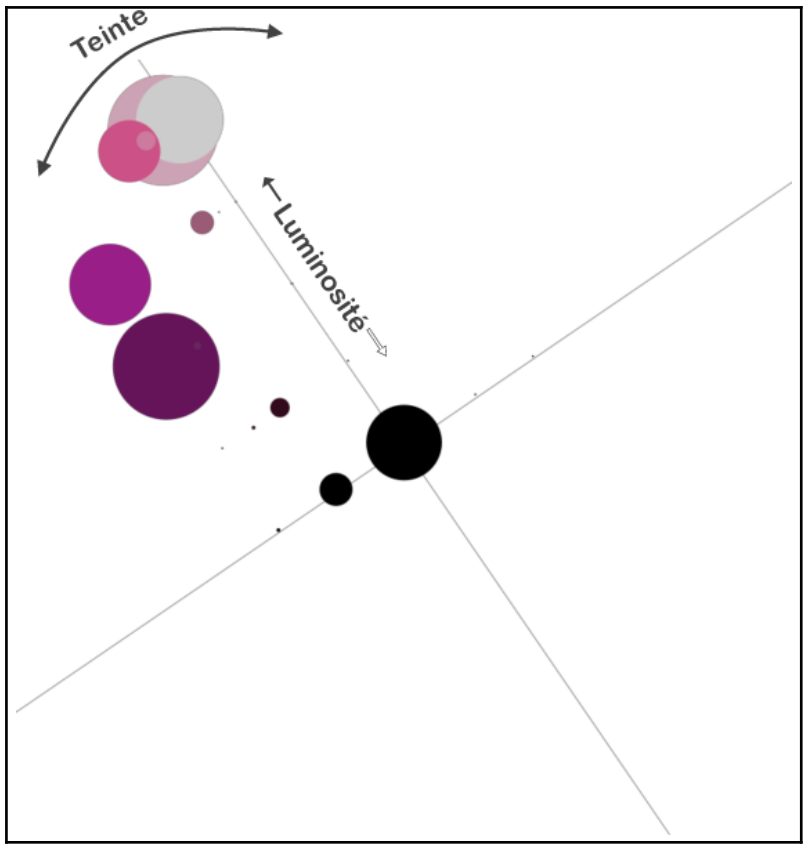


figure n°187 : Figure précédente
en cylindre chromatique 3D.

9.4. Analyser la répartition spatiale des couleurs sur une carte

Les outils d'analyse présentés précédemment s'intéressent à la répartition quantitative et relative des teintes dans une image. Si l'on cherche à visualiser cette fois la répartition « spatiale » de ces teintes dans l'image et les répartitions relatives de teintes complémentaires, il faut utiliser un autre type de représentation. Il arrive en effet souvent qu'une couleur soit noyée dans l'image, parmi une quantité de variantes ou de teintes différentes et qu'il faille alors filtrer l'image pour l'isoler.

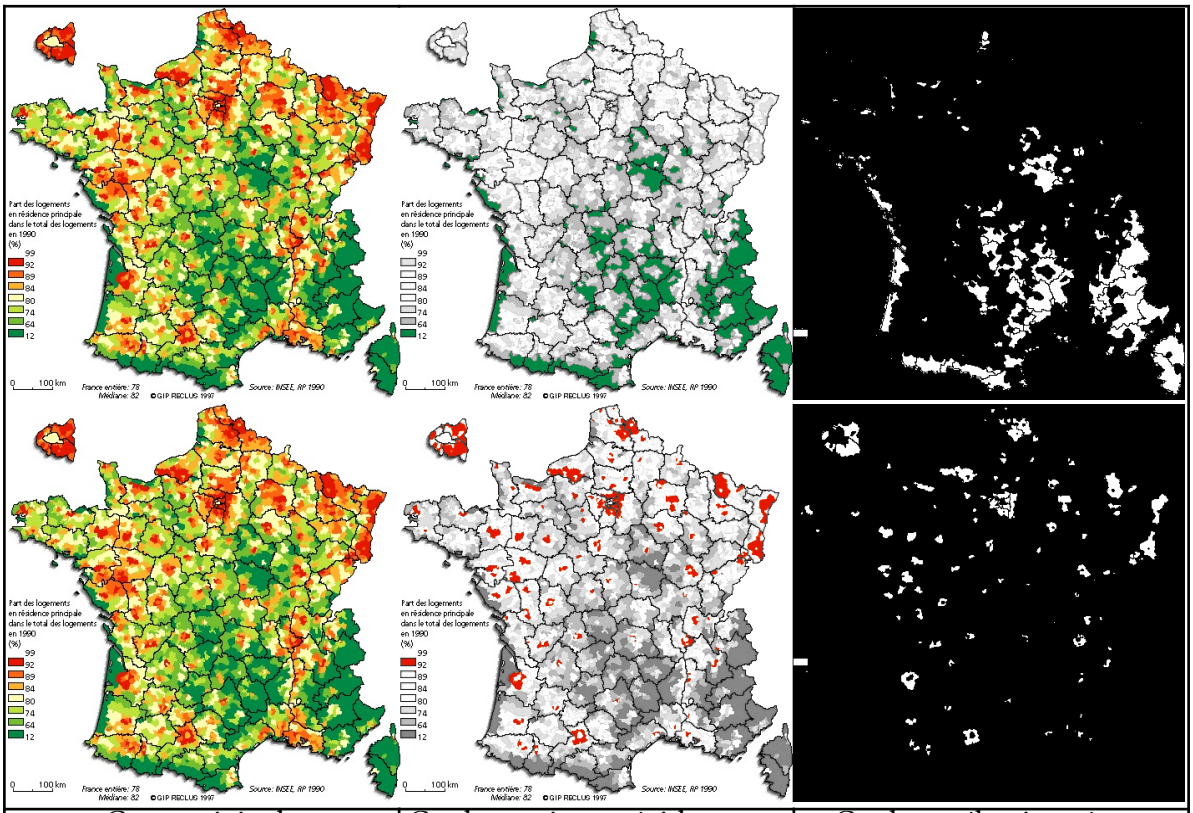
La visualisation de la répartition spatiale d'une teinte peut servir deux objectifs :

- du point de vue géographique, on a ainsi une lecture plus aisée de la répartition spatiale d'un phénomène représenté par une couleur ou un dégradé ;
- du point de vue esthétique, on peut analyser les formes produites par une couleur et notamment les alignements, oppositions, répartitions des couleurs et de leurs complémentaires.

La seconde approche est assez souvent utilisée en critique picturale, on la trouve par exemple de manière particulièrement présente dans les analyses du chromatisme lumineux et des lignes directrices des œuvres de Paul Cézanne par André Lhote[8] ou Max Raphaël[9] (cf. *supra.*, chapitres six et sept). On peut aussi, appliquer cette analyse artistique sur une carte, pour en étudier ses propriétés esthétiques.

9.4.1. Exemples d'utilisation pour l'assistance à la lecture de cartes choroplèthes

- Pour isoler une classe d'un dégradé de couleurs et mieux la visualiser.

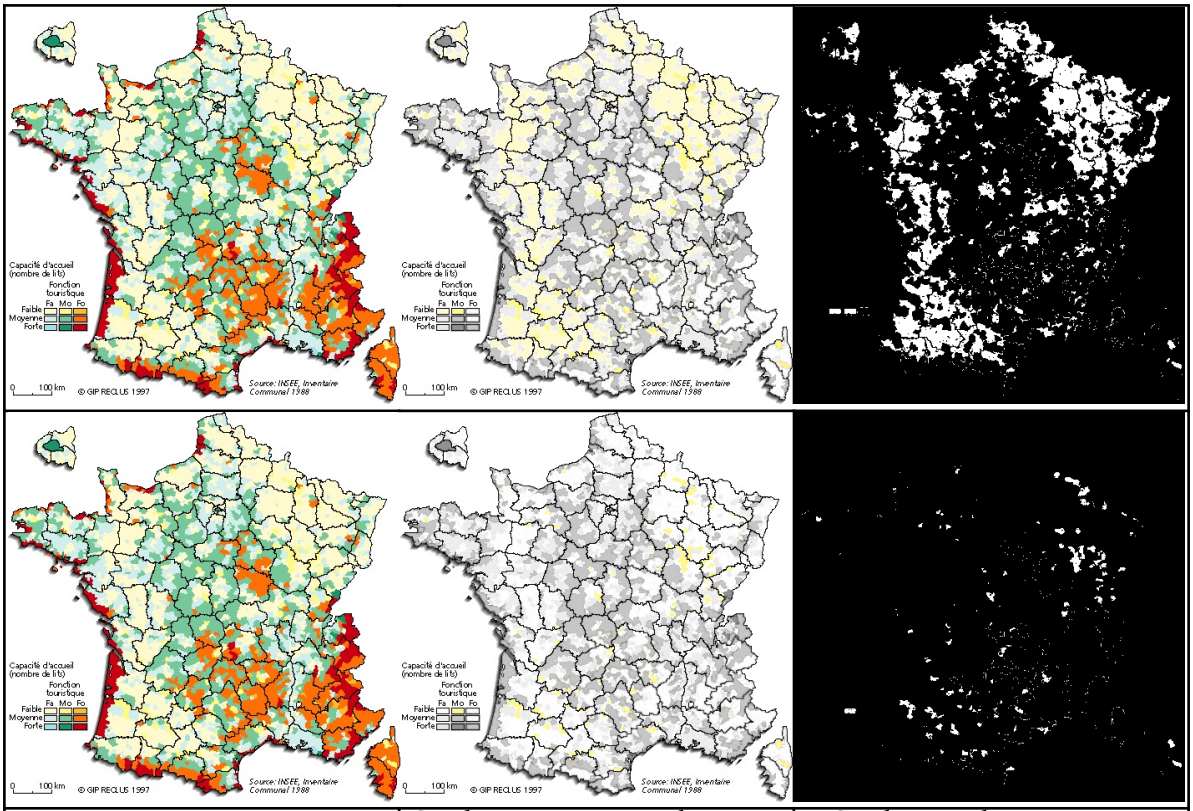


Carte originale (cf. figure n°175)	Couleur mise en évidence en désaturant les autres couleurs.	Couleur sélectionnée en blanc sur fond noir.

figure n°188 : Exemple d'utilisation de l'outil pour isoler une classe de valeur.

8 . [Lhote, 1958], *op. cit.*

9 . [Raphael, 2008], *op. cit.*

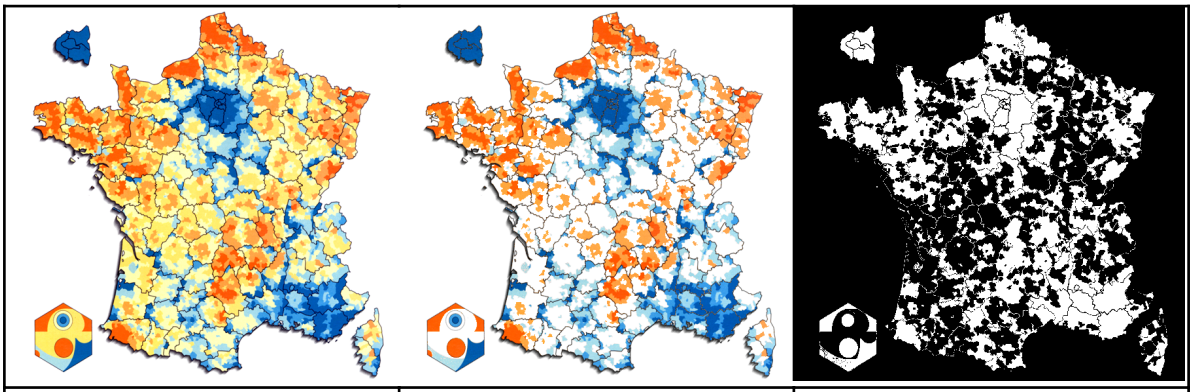


Carte issue de l'*Atlas de France*, vol. 7, « Tourisme et Loisirs », R. Knafou, 1997.	Couleur mise en évidence en désaturant les autres couleurs.	Couleurs sélectionnée en blanc sur fond noir.

figure n°189 : Exemple d'utilisation de l'outil pour isoler une classe de valeur.

9.4.2. Exemples d'utilisation pour l'analyse esthétique de cartes :

- Pour visualiser les complémentarités de couleurs dans un double dégradé.



Carte extraite de l'*Atlas de France*, vol. 2, «Population»	Couleurs complémentaires sur le fond désaturé	Couleurs complémentaires en blanc sur fond noir

figure n°190 : Exemple d'utilisation pour visualiser les complémentarités de couleurs.

- Pour visualiser les complémentarités et les niveaux de saturation sur une carte ancienne numérisée.

A. Ortelius, « Empire du prêtre Jean », 1603.	Couleurs complémentaires sur le fond désaturé	Couleurs complémentaires en blanc sur fond noir

figure n°191 : Exemple d'utilisation pour visualiser les complémentarités de couleurs.

Les outils qui ont été développés dans le cadre de ce chapitre sont présentés dans l'annexe n°2.

Perspectives

La souplesse du développement en HTML5 et Javascript rend plus rapides les projets de développement d'application d'analyse interactive d'images. De nombreux projets de conversion de bibliothèques de fonctions développées dans d'autres langages (moins accessibles) sont en cours et les perspectives des applications Internet sont riches. En ce qui concerne le présent projet sur les couleurs des images cartographiques, on peut citer plusieurs évolutions possibles :

- une amélioration de la présentation des résultats, avec notamment :
  - une sortie vectorielle des images générées (au format SVG par exemple) ;
  - une visualisation uniquement des couleurs utilisées, sans tenir compte des quantités de pixels concernés ;
  - des résultats numériques de comptage de couleurs (équivalent d'une légende interactive) ;
  - la prise en compte d'un modèle de couleurs plus adapté à une vision humaine, par exemple le HUSL (Human Friendly HSL[10]).

- une amélioration de l'interface utilisateur :
  - meilleure organisation des paramètres des traitements, selon une progression plus pédagogique ;
  - l'indication de la durée estimée des traitements ;
  - gestion de plusieurs langues ;
  - accompagnement par une documentation.

D'autres analyses des couleurs d'une image sont aussi envisageables, en mettant en œuvre des méthodes de description comme les plans colorés, les lignes directrices, le repérage de formes, la simplification visuelle, etc.

10. Il s'agit d'un dérivé du modèle industriel complexe CIE LCh_{uv}, qui tiens compte notamment de la différence de luminosité perçue des teintes, cf. : http://boronine.com/husl/ (visité le 22 août 2012).

Conclusion générale

A la suite du constat d'un certain manque dans la méthodologie classique de la carte thématique, dans un contexte pratique et technique en profond renouvellement, nous avons entrepris une recherche en vue de proposer une nouvelle manière de prendre en compte l'aspect esthétique dans la conception et l'évaluation des cartes thématiques. Une exploration de disciplines connexes a été engagée, pour trouver et évaluer des méthodes et des outils nouveaux au service de cette approche originale. Cette entreprise a été guidée tout d'abord par la volonté de revisiter la manière dont la carte était perçue et comprise, puis par une volonté de définition et de description du fonctionnement des propriétés esthétiques, dans ce contexte particulier de la carte thématique, pour enfin en tester quelques applications possibles. Au moment de clore cette recherche, fondamentalement exploratoire et quelque peu tâtonnante, il convient de faire le point sur ses apports avant d'en imaginer les prolongements possibles.

Les apports de la thèse

L'introduction générale a permis de positionner la problématique dans l'état de l'art et de montrer l'utilité de ce questionnement aujourd'hui. La revue de littérature réalisée montre qu'une approche esthétique basée sur la composition en cartographie présente un intérêt. Elle a été considérée comme importante par de nombreux auteurs mais n'a pas été très développée. On suppose donc que l'aspect esthétique d'une carte, le jugement sur sa beauté, est un facteur de son efficacité en renforçant la qualité de la transmission d'information. Des hypothèses secondaires ont pu être formulées qui permettent de structurer la suite du travail autour, tout d'abord, d'une nouvelle approche du modèle de lecture et d'interprétation de la carte, puis de la recherche du fonctionnement des propriétés esthétiques, pour en arriver à la découverte de méthodes et d'outils d'évaluation de ces propriétés.

Dans la première partie, nous nous sommes intéressés à la façon dont on perçoit les cartes et dont on les interprète, en mobilisant les connaissances acquises dans le domaine de la perception visuelle et la sémiotique. Ces domaines sont de longue date source d'intérêt pour les géographes, mais on espère avoir pu apporter des connaissances nouvelles et surtout un angle d'approche original et pertinent. La psychologie de la perception visuelle, objet du premier chapitre, a ainsi pu être mise à profit pour mettre à jour le modèle perceptif de l'image cartographique. On a pu notamment en tirer des enseignements à propos de la composition de la carte, en mettant en évidence les principes perceptifs principaux, tirés des prédispositions de notre système visuel. Ce chapitre a aussi été l'occasion de pointer les connaissances de référence sur le fonctionnement général de la perception visuelle, jusqu'au niveau de la cognition globale de l'image, celui où joue le plus le facteur de la composition esthétique et qui semble être assez peu pris en compte dans la méthodologie « classique » de la carte thématique. La perception visuelle est complexe et

procède selon des modalités en partie inconscientes. On a relevé l'importance de l'aspect visuel général de l'image et notamment de sa structuration visuelle en éléments discernables et organisés, ce qui implique directement l'idée de composition. L'image globale de la carte n'est pas neutre. Elle est à la base de la découverte progressive de l'information contenue dans la carte car elle va guider les cycles de l'attention qui vont succéder le premier regard. Elle va aussi en établir une première impression générale pour le lecteur, qui va l'encourager (ou non) à la poursuite de sa découverte.

Le deuxième chapitre a traité de la sémiotique visuelle, pour étudier cette expression de sens par les formes graphiques, du point de vue esthétique. Si la sémiotique est un domaine directement entrepris par la méthodologie cartographique, on a pu établir que des développements relativement récents dans ce domaine étaient en grande partie absents eux aussi des méthodes enseignées en cartographie, essentiellement sur le fonctionnement des signes visuels de type plastique non explicites. Or il s'avère que c'est précisément au travers de ce type de signes que sont exprimées les émotions, les idées, qui vont faire naître des appréciations d'ordre esthétique sur une image. Ces signes plastiques sont désormais assez bien connus par la recherche sémiotique, au point que les méthodes rhétoriques afférentes ont été explorées, formulées selon le modèle de la rhétorique linguistique. La sémiotique visuelle s'est donc révélée être une passerelle entre d'un côté le monde de la perception visuelle de la représentation cartographique et de l'autre celui des approches artistiques, ou, plus généralement, esthétiques. On a ainsi pu établir la validité de l'application des méthodes esthétiques sur un objet qui a priori n'était pas directement concerné : la carte thématique, dans certaines limites. Le troisième chapitre a permis de définir plus précisément ce qu'étaient ces propriétés esthétiques et de mieux cerner les modalités de leur survenance (sources, contexte, contraintes) et leur fonctionnement, à partir des résultats de l'ontologie esthétique en philosophie. Ce fonctionnement présente une intéressante similarité avec celui de la sémiose visuelle plastique.

L'étude de ces signes et des propriétés esthétiques qui leur sont liées est l'objet de la deuxième partie. Ayant montré précédemment l'intérêt et la validité de cette approche, on a pu aller explorer les apports des disciplines scientifiques qui s'y sont intéressées spécifiquement, toujours selon notre point de vue particulier de l'aspect esthétique des cartes thématiques. La première de ces disciplines est l'iconographie, c'est-à-dire la description formelle des œuvres d'art utilisée par l'histoire et la critique, traitée au chapitre quatre. On y a trouvé des apports substantiels, à la fois pour la découverte des signes plastiques et des propriétés esthétiques dans une image mais aussi la description de leur expression et de leur coordination, par le biais de méthodes structurées de description et d'analyse.

Pour aller de cette approche descriptive, a posteriori et externe à l'œuvre, vers une approche a priori et interne, les deux chapitres suivants de la deuxième partie se sont intéressés à ce que les praticiens eux-mêmes avaient pu écrire et construire à propos des relations entre les formes graphiques et les émotions esthétiques qu'elles expriment. En effet, les travaux théoriques des artistes abstraits sont assez directement intéressants, car ils ont précisément développé une recherche de l'expression d'idées à partir de formes graphiques. Le chapitre cinq a pu aboutir à une synthèse des apports de différents artistes théoriciens, organisée autant que faire se pouvait selon notre approche par le signe

plastique et dans le but d'une application à la composition de cartes thématiques. Le chapitre six, consacré au design graphique, a permis de compléter avec des apports plus concrets, appliqués et applicables, concernant le renforcement de l'efficacité de la carte par l'amélioration de son aspect esthétique.

Au fil de cette deuxième partie on a pu lister une série de propriétés esthétiques reliées à des formes graphiques, leurs caractéristiques et leur composition. Cette liaison entre graphisme et émotion peut aller d'une expression simple et directe, quasi sensible, à des sentiments beaucoup plus complexes et abstraits, le tout naturellement selon des modalités très variables car dépendantes des sujets et du contexte. Le relevé de ces signes a permis par ailleurs d'en repérer qui présentaient la possibilité d'une évaluation pratique, concrète, en utilisant des outils de visualisation accessibles.

La troisième partie représente un pas supplémentaire vers l'aboutissement concret de la démarche entreprise, c'est-à-dire la description et l'élaboration de méthodes et d'outils pour la composition cartographique thématique, par une approche esthétique. Cette partie a tout d'abord présenté au chapitre sept une synthèse des idées exprimées dans les chapitres précédents Cette synthèse a été établie dans un objectif pratique et a permis l'expression de propositions concrètes d'application à la cartographie thématique. Ces propositions ont ensuite été en partie mises en œuvre, illustrées et testées. Une série d'exemples d'application sur des cartes thématiques usuelles, les choroplèthes et les symboles proportionnels, a en effet été dessinée puis proposée à des utilisateurs de cartes au travers d'une enquête visuelle en ligne.

Certaines des propositions méthodologiques ont fait l'objet de développements plus étendus. Les deux derniers chapitres présentent et évaluent des prototypes d'outils développés et mis à disposition du public. Le chapitre huit s'intéresse à l'idée de l'évaluation de la complexité visuelle d'une image, le chapitre neuf à la mesure des proportions et des relations chromatiques d'une image. On a pu montrer que même si les techniques de développement informatique mises en œuvre restent complexes, elles sont désormais beaucoup plus accessibles qu'auparavant pour l'utilisateur final, notamment grâce à l'avènement des navigateurs Internet comme systèmes d'exécution de programmes.

Les outils de mesure et de visualisation de la complexité visuelle d'une image cartographique exposés au chapitre huit présentent des biais importants et doivent être utilisés en connaissance de cause. La complexité informative d'une image, sa quantité de valeurs de couleurs différentes, est loin d'être le critère principal de la complexité totale de perception et de compréhension qui correspond au processus de lecture d'une carte. Néanmoins, cette complexité peut en constituer une part non négligeable et on a tendance à la sous-estimer. Des méthodes relativement récentes d'estimation de la saillance visuelle, développées pour la vision artificielle et la modélisation des processus perceptifs sont beaucoup plus prometteuses dans ce contexte. On peut en effet s'en servir comme des outils d'estimation de la rapidité de lecture, de la bonne concordance entre la hiérarchisation des éléments du point de vue de l'information géographique qu'ils représentent et leur saillance visuelle dans l'image.

Les outils de visualisation des proportions colorées d'une image présentés au chapitre neuf ont montré leur utilité pour évaluer le rythme et les équilibres des dégradés de couleur souvent utilisés en cartographie thématique. Le rythme et l'équilibre sont deux des grandes familles de signifiés plastiques compositionnels dont les signifiants peuvent être divers, mais qui sont difficiles à créer, à exprimer graphiquement. De même, des outils de visualisation de la répartition spatiale des couleurs dans une image cartographique permettent de simplifier cette image pour mieux isoler une teinte et ainsi percevoir son extension et les formes qu'elle dessine dans l'image. Ce type d'analyse peut être utile notamment dans le cas d'images ressenties comme déséquilibrées. Avec cette approche et ce type d'outil, la carte peut être analysée comme un véritable *territoire d'application des interactions plastiques*.

On a retrouvé au fil de plusieurs chapitres l'idée qu'une bonne structuration, qu'une hiérarchisation claire des éléments de la composition d'une image jouait un grand rôle dans sa lisibilité, tout en permettant d'utiliser des principes de composition qui permettent le développement d'une appréciation esthétique de l'image, qualitative, notamment en développant sa profondeur sémiotique et sémantique.

L'état de la question et les prolongements possibles

Au final, ce travail de thèse aura comme résultat principal d'avoir justifié le développement de nouvelles approches dans la méthodologie de la cartographie thématique, en allant emprunter à des disciplines connexes des concepts, des constructions théoriques, des méthodes d'analyse, des outils d'évaluation. En procédant avec prudence, en gardant à l'esprit la différence d'objet et de contexte, on peut mettre à profit le large domaine ouvert par la conception artistique, l'esthétique et le *design* graphique. Cette façon originale d'étudier la conception et la composition des cartes thématique offre des perspectives nombreuses pour la création de nouveaux outils, potentiellement utiles en pédagogie comme en analyse critique. Enfin, on étend ainsi le champ disciplinaire et on permet au géographe de prendre du recul sur sa pratique de représentation de l'espace. La figure n°192 page suivante résume la démarche suivie.

Les pistes découvertes, les méthodes et outils potentiels évoqués au fil du cheminement, sont nombreux et seul un faible nombre d'entre eux ont pu être développés et testés. Il reste par exemple un nombre considérable de techniques d'assistance à la composition qui peuvent faire l'objet d'une description méthodologique et d'un développement d'outils pratiques. Des artistes-auteurs comme Wassily Kandinsky, Paul Klee et André Lhote, des chercheurs comme Rudolf Arnheim, des praticiens du *design* graphique proposent des moyens variés d'étudier et d'évaluer une série de propriétés esthétiques plastiques dans une image, que l'on pourrait tenter d'adapter à la cartographie thématique. De même, les deux explorations plus complètes menées dans les domaines de l'évaluation des complexités des images et des relations des couleurs dans une image ont à leur tour révélé des pistes de poursuite des travaux vers des outils de portée et d'accessibilité plus étendue. Une voie de recherche semble tracée.

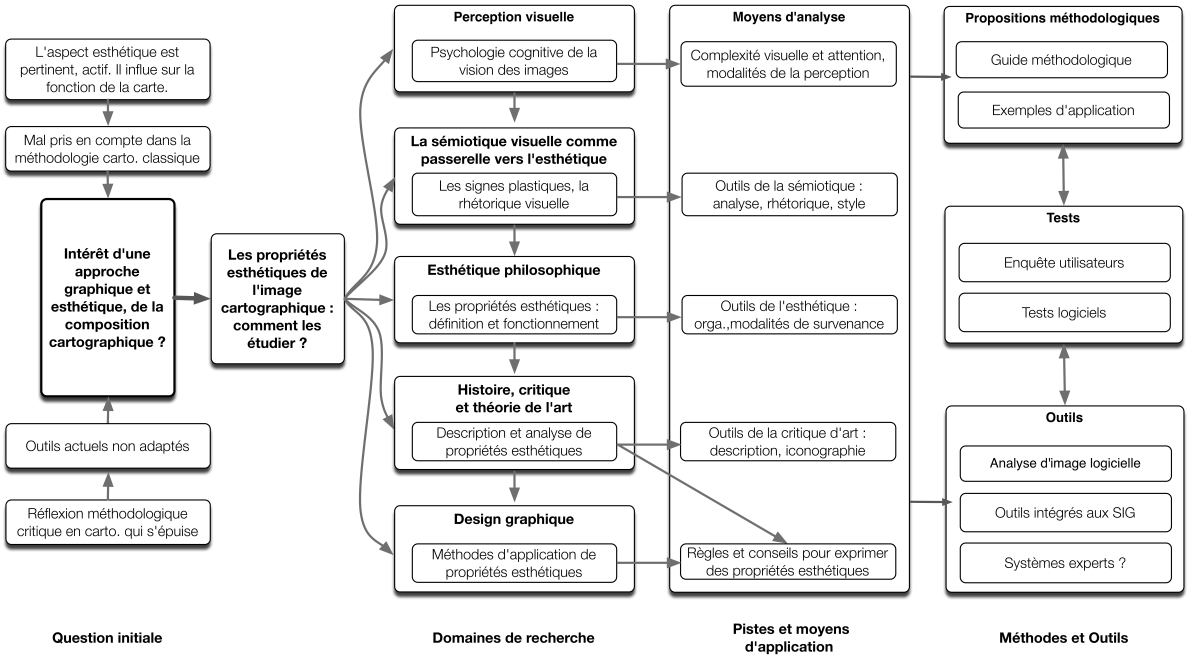


figure n°192 : La démarche générale mise en œuvre.

Bibliographie

Ahmed N., Natarajan T., Rao K. R., 1974, "Discrete cosine transform", *IEEE Transactions on Computers* vol.23, n°1, p. 90-93.

Amtson A. E., 2011, *Graphic design basics,* Andover, Cengage learning, 272 p.

Apollinaire G., 1912, "Realite, peinture pure", *Les Soirées de Paris* vol.11.

Apollinaire G., 1913, *Les peintres cubistes. Méditations esthétiques,* Paris, E. Figuière.

Arnheim R., 1954, *Art and visual perception: A psychology of the creative eye,* Univ of California Press.

Arnheim R., 1976, *La pensée visuelle,* Paris, Flammarion.

Arnheim R., 1988, *The Power of the Center,* Berkeley, University of California Press.

Baldock E. D., 1966, "Milestones of mapping, *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* vol.3, n°2, p. 89-102.

Barlow H. B., 1972, "Single units and sensation: a neuron doctrine for perceptual psychology" *Perception* vol.1, n°4, p. 371-394.

Barthes R., 1964, "Rhétorique de l'image", *Communications* vol.4, n°1, p. 40-51.

Belyea B., 1992, "Images of Power: Derrida/Foucault/Harley ", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* vol.29, n°2, p. 1-9.

Benoît M., 1990, "Des enfants dessinent la carte de France à main levee d'après leur souvenir des informations météo à la television, *Mappemonde* n°3, p. 22-27.

Bertin J., 1967, *Sémiologie Graphique : Les diagrammes - Les réseaux - Les cartes,* Paris, Mouton / Gauthier-Villars.

Black J., 2004, *Regards sur le monde: une histoire des cartes,* Octopus-Hachette livre.

Blades M., Spencer C., 1986, "The implications of psychological theory and methodology for cognitive cartography", *Cartographica* vol.23, n°4, p. 1-13.

Board C., 1991, "Report of the ICA working group on cartographic definitions, *The Cartographic Journal,* vol.28, n°2, p. 249-250.

Board C., 1972, "Cartographic communication", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* vol.18, n°2, p. 42-78.

Bonnet C., Ghiglione R., Richard J. F., 1992, *Traité de Psychologie Cognitive: cognition, representation, communication,* Dunod.

Bourdieu P., 1969, Sociologie de la perception esthétique, in *Les sciences humaines et l'oeuvre d'art*, Bruxelles, La Connaissance, 161 p.

Bourdieu P., 1977, "La production de la croyance", *Actes de la recherche en sciences sociales* vol.13, n°1, p. 3–43.

Bourdieu P., 1979, "La distinction : critique sociale du jugement de goût", Paris, éd. de Minuit.

Brayer M. A., 1995, "Mesures d'une fiction picturale: la carte de géographie, *Exposé. Revue d'esthétique et d'art contemporain* n°2, p. 7-23.

Bridge H., 2011, "Empathy theory and Heinrich Wölfflin: A reconsideration, *Journal of European Studies* vol.41, n°1, p. 3-22.

Brunet R., 1972, "Organisation de l'espace et cartographie de modèles: les villes du Massif Central", *L'Espace géographique* vol.1, n°1, p. 43-48.

Brunet R., 1980, "La composition des modèles dans l'analyse spatiale", *L'Espace géographique* vol.4, p. 253-265.
Brunet R., 1987, *La carte mode d'emploi,* Paris/Montpellier, Fayard/Reclus.
Bunch R., Lloyd R., 2000, "The search for boundaries on maps: Color processing and map pattern effects", *Cartography and Geographic Information Science* vol.27, n°1, p. 15-30.
Butko N. J., Zhang L., Cottrell G. W., Movellan J. R., 2008, "Visual saliency model for robot cameras", *Robotics and Automation, 2008. ICRA 2008. IEEE International Conference on* p. 2398-2403.
Carswell C. M., 1992, "Choosing specifiers: an evaluation of the basic tasks model of graphical perception", *Human Factors* vol.34, n°5, p. 535 - 554.
Cartwright W., Gartner G., Lehn A., 2009, *Cartography and art*, Berlin, Springer Verlag.
Castner H. W., 1990, *Seeking new horizons: A perceptual approach to geographic education,* Montreal, McGill - Queens Press.
Cauvin C., Escobar F., Serradj A., 2007, *Cartographie Thématique 1. Une nouvelle démarche,* Paris, Hermès - Lavoisier.
Cavanagh P., 2005, "The artist as neuroscientist", *Nature* vol.434, n°7031, p. 301-307.
Cavanagh P., Leclerc Y. G., 1989, "Shape from shadows", *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* vol.15, n°1, p. 3-27.
Comité Français de Cartographie, 1990, "Glossaire de cartographie", *Le Monde des Cartes* vol.123-124.
Cometti, J-P., Morizot J., Pouivet R., 2005, *Esthétique contemporaine : Art, représentation et fiction*, Paris, Vrin
Chalumeau J. L., 2002, *La lecture de l'art*, Paris, Klincksieck.
Chalumeau J. L., 2010, *Comprendre l'art contemporain,* Paris, Chêne.
Chesneau E., 2006, "Modèle d'amélioration automatique des contrastes de couleurs en cartographie-Application aux cartes de risque", *Mémoire de thèse de doctorat en sciences de l'information géographique, IGN et Université de Marne-la-Vallée* p.
Chevreul M. E., 1839, *De la loi du contraste simultané des couleurs, et de l'assortiment des objets colorés, considéré d'après cette loi dans ses rapports avec la peinture, les tapisseries des gobelins, les tapisseries de beauvais pour meubles, les tapis, la mosaïque, les vitraux colorés, l'impression des étoffes, l'imprimerie, l'enluminure, la décoration des édifices, l'habillement et l'horticulture*, Paris, Pitois-Levrault.
Christaller W., 1933, *Die Zentralen Orte in Suddeutschland,* Jena, Fischer.
Christophe S., 2009, Aide à la conception de légendes personnalisées et originales :
proposition d'une méthode coopérative pour le choix des couleurs, thèse de doctorat, Université Paris-Est.
Cleveland W. S., McGill R., 1985, "Graphical Perception and Graphical Methods for Analyzing Scientific Data", *Science* vol.229, n°4716, p. 828-833.
Cleveland W. S., Robert, 1984, "Graphical Perception: Theory, Experimentation, and Application to the Development of Graphical Methods", *Journal of the American Statistical Association*, vol.79, n°387, p. 531-554.
Collectif, 1992, "Report of the ICA Executive Committee", *Cartography and Geographical Information Systems* vol.20, n°3, p. 187-195.
Collet C., Murtagh F., 2004, " Multiband segmentation based on a hierarchical Markov model", *Pattern Recognition*, vol. 37, issue 12, p. 2337–2347.

Collet C., Rochon G., Caloz R., 1992, *Précis de télédétection: Traitements numériques d'images de télédétection*, Québec, Presses de l'Université du Québec.
Cosgrove D., 2005, "Maps, Mapping, Modernity: Art and Cartography in the Twentieth Century", *Imago Mundi* vol.57, n°1, p. 35 - 54.
Crick F., Koch C., 1998, "Consciousness and neuroscience", *Cerebral cortex* vol.8, n°2, p. 97-107.
Damisch H., 1974, "Huit thèses pour (ou contre) une sémiologie de l'image", *Congrès de Sémiotique de Milan*.
Damisch H., *Sémiologie et iconographie*, Paris, Denoël Gonthier, 1976, 29 p.
De Broglie L. A., 2010, *Deyrolle, Leçons de choses,* Paris, Michel Lafon.
Denègre J., 2005, *Sémiologie et conception cartographique,* Paris, Hermès science publications.
Denis M., 1979, *Les images mentales,* Presses universitaires de France.
Dent B. D., 1972, "Visual organisation and thematic map communication", *Annals of the Association of American Geographers* vol.62, n°1, p. 79 - 93.
Dent B. D., 1985, *Principles of thematic map design,* Reading, Addison-Wesley.
Dodge M., Kitchin R., Perkins C. R., 2009, *Rethinking maps : new frontiers in cartographic theory / Martin Dodge, Rob Kitchen and Chris Perkins,* Routledge, London ; New York.
Dondis D. A., 1974, *A primer of visual literacy*, Cambridge, The MIT Press.
Dorling D., Thomas B., 2004, *People and places: A 2001 Census atlas of the UK*, Bristol, Policy Press.
Eastman J. R., 1985, "Cognitive models and cartographic design research", *The Cartographic Journal*, vol.22, n°2, p. 95-101.
Eckert M., 1921, *Die Kartenwissenschaft: Forschungen une grundlagen zu einer kartographie als wissenschaft,* Berlin, De Gruyter.
Eckert. D., Jégou, L., 2011, "Les «cartes en ligne» du recensement agricole 2010", *M@ppemonde* vol.103.
Eco U., 1992, *La production des signes*, Paris, Librairie générale française.
Elam K., 2001, *Geometry of design: studies in proportion and composition*, Princeton, Princeton Architectural press.
Eldridge R., 1985, "Form and Content: An Aesthetic Theory of Art", *British journal of aesthetics*, vol.25.
Elkins J., 2010, "How to look at Mondrian", *The Huffington Post*, vol. Culture, en ligne : http://www.huffingtonpost.com/james-elkins/post_1036_b_756669.html
Ericcson K. A., Chase W. G., Faloon S., 1980, "Acquisition of a memory skill", *Science* vol.208, n°4448, p. 1181.
Fabrikant S. I., Skupin A., 2005 , Cognitively plausible information visualization, in *Exploring geovisualization*, ed. par Dykes J. M. A. M., Kraak M.-J., Oxford, ICA / Pergamon Press, 667 p.
Fabrikant S. I., Montello D. R., Ruocco M., Middleton R. S., 2004, "The distance-similarity metaphor in network-display spatializations", *Cartography and Geographic Information Science* vol.31, n°4, p. 237-252.
Fabrikant S.I., Ruocco M., Middleton R., Montello D.R., Jörgensen, C., 2002, "The first law of cognitive geography: Distance and similarity in semantic space", *Proceedings of GIScience 2002* p. 31–33.
Fabrikant, S.I., Goldsberry K., 2005, "Thematic relevance and perceptual salience of

dynamic geovisualization displays", *Proceedings of 22nd ICA international cartographic conference: mapping approaches into a changing world*.
Fairbairn D., 2009, "Rejecting illusionnism, Transforming Space into Maps and into Art, in *Cartography and art*", Berlin, Springer, 23 p.
Fairbairn D., 2006, "Measuring Map Complexity", *Cartographic Journal* vol.43, n°3, p. 224 - 238.
Fechner G. T., 1876, *Vorschule der aesthetik,* Leipzig, Breitkopf & Härtel.
Ferry L., 1990, *Homo Aestheticus. L'invention du goût à l'âge démocratique,* Paris, Grasset.
John F., Ian G., 2003, *Active vision*, New York, Oxford university press.
Finkel R. A., Bentley J. L., 1974, "Quad trees a data structure for retrieval on composite keys", *Acta informatica* vol.4, n°1, p. 1-9.
Fontanabona J., 1999, "Mieux comprendre comment un élève donne du sens aux cartes", *Cahiers de géographie du Québec* vol.43, n°120.
Freitag U., 1971, "Semiotik und Kartographie: uber die Anwendung Kybernetischer Disziplinen in der theoretischen Kartographie", *Kartographische Nachrichten* vol.21, n °5, p. 171-182.
M. Friendly, 2007, en ligne : http://datavis.ca/papers/GuerryLife.pdf.
Frith C. D., 2007, *Making up the mind: How the brain creates our mental world*, Hoboken, Wiley-Blackwell.
Garfield S., 2010, *Just My Type: A Book about Fonts*, Londres, Profile Books.
George-Palilonis J., 2006, *A practical guide to graphics reporting: Information graphics for print, web & broadcast*, Abigdon, Focal Press.
Gibson J. J., 1966, *The senses considered as perceptual systems,* Boston, Houghton Mifflin.
Gilmartin P. P., 1981, "The Interface Of Cognitive And Psychophysical Research In Cartography", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* vol.18, n°3, p. 9-20.
Goethe Von J. W., 1810, *Zur Farbenlehre,* Tübingen, J.G. Cotta.
Goldstein E. B., 2010, "Sensation and Perception", Andover, Cengage Learning, 490 p.
Goodchild M. F., 1999, "Cartographic Futures On A Digital Earth (Keynote Address)", *Proceedings of the 19th International Cartographic Conference (ICA 1999)* p. 14-21.
Gordon I. E., 2004, *Theories of visual perception,* New York, Psychology Press.
Grataloup C., 2011, *Représenter le monde,* Paris, La Documentation Française, n°8084.
Green C. D., 1995, "All that glitters: A review of psychological research on the aesthetics of the golden section", *Perception*, vol.24, p. 937-937.
Green R. T., Courtis M. C., 1966, "Information theory and figure perception: The metaphor that failed", *Acta Psychologica*, Vol. 25, n°1, p. 12-35.
Gregory R., 1970, "The intelligent eye", New York, McGraw-Hill.
Groupe Mu, 1992, *Traité du signe visuel*, Paris, Seuil.
Guerry A. M., 1833, "Essai sur la statistique morale de la France", 70 p.
Guerry A. M., Balbi A, 1829, *Statistique comparée de l'état de l'instruction et du nombre des crimes dans les divers arrondissements des Académies et des Cours Royales de France*, Planche cartographique *in plano*, Paris, Jules Renouart.
Harley J. B., 1989, "Deconstructing the map", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* vol.26, n°2, p. 1-20.
Harley J. B., 1995, *Le pouvoir des cartes : Brian Harley et la cartographie -- textes éd. par Peter Gould et Antoine Bailly,* Paris, Anthropos.
Harrower M., Brewer C. A., 2003, "Colorbrewer. org: an online tool for selecting colour

schemes for maps", *The Map Reader* p. 261-268.
Harvey P. D. A., 1987 , Medieval maps : an introduction, in *The History of Cartography*, Chicago, University of Chicago Press, 283p.
Hawkins J., Blakeslee S., 2005, *On intelligence*, New York, MacMillan Times Books.
Head C. G., 1984, "The Map As Natural Language: A Paradigm For Understanding", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* vol.21, n°1, p. 1-32.
Hecht S., Shlaer S., Pirenne M. H., 1942, "Energy, quanta and vision", *The Journal of General Physiology* vol.25, n°6, p. 819-840.
Henry M., 2005, *Voir l'invisible. Sur Kandinsky,* Paris, Presses universitaires de France.
Henschen S. E., 1893, "On the visual path and centre", *Brain* vol.16, n°1-2, p. 170-180.
Hergé, 1954, *Le Crabe aux pinces d'or,* Tournai, Casterman.
Hochberg J., 1980 , Pictorial functions and perceptual structures, in *The Perception of Pictures*, New York, Academic Press, 47 p.
Hoffman D. D., 2000, *Visual intelligence: How we create what we see*, New York, WW Norton & Company.
Hou X., Harel J., Koch C., 2012, "Image Signature: Highlighting sparse salient regions", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* vol.34, n°1, p. 194.
Hubbard E. M., Ramachandran V. S., 2005, "Neurocognitive Mechanisms of Synesthesia", *Neuron Neuron Neuron* vol.48, n°3, p. 509-520.
Huffman D., Wallace T., 2012, *Atlas of design,* Milwaukee, NACIS.
Hume D., 1739, *Traité de la nature humaine,* Paris, Flammarion.
Imhof E., 1965, *Kartographische Geländedarstellung,* Berlin, De Gruyter.
Imhof E., 1967, "L'art en cartographie", *Annuaire International de Cartographie* vol.7, p. 21-32.
Itten J., 1996, *L'Art de la couleur*, Paris, Larousse - Dessain et Tolra.
Itti L., Koch, C., Niebur, E., 1998, "Model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis (English)", *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* vol.20, n°11, p. 1254 - 1259.
Itti L., Koch C., 2001, "Computational modelling of visual attention", *Nature Reviews Neuroscience* vol.2, n°3, p. 194–203.
Jacob C., 1992, *L'empire des cartes: approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, Paris, A. Michel.
Jaubert A., 2000, "Palettes : Shitao", DVD, ARTE Video.
Jégou L., 2007, « La troisième dimension en cartographie statistique, des cartes en prismes imprimées aux modèles 3D interactifs », *M@ppemonde*, vol. 86, n°2-2007.
Jégou L., Deblonde J.-P., 2012, "Vers une visualisation de la complexité de l'image cartographique", *Cybergéo* vol. 604.
Jégou L., Eckert D., 2008, "Quelle planisphère de référence pour Google Maps ?", *M@ppemonde,* vol.92, n°4-2008.
Joannes A., 2012, *Data journalism. Bases de données & visualisation de l'information,* Paris, Lavoisier / CFPJ.
Joly M., 1994, "L'image et les signes. Approche sémiologique de l'image fixe", Paris, Nathan Université.
Joly M., Vanoye F., 1993, *Introduction à l'analyse de l'image,* Nathan Paris.
Kanakubo T., 1990, "The Development of Contemporary Theoretical Cartography", *The Science Reports of the Tohoku University* vol.40, n°1, p. 1-19.

Kandinsky W., 1912, *Du Spirituel dans l'art et dans la peinture en particulier,* München, R. Piper & Co.
Kandinsky W., 1926, *Point et ligne sur plan. Contribution à l'analyse des éléments picturaux,* München, Albert Langen.
Kandinsky W., 1975, *Cours du Bauhaus*, Paris, Denoël Gonthier.
Kandinsky W., Marc F., 1911, *Der blaue Ritter,* München, R Piper & Co.
Kant I., 1781, *Critique de la raison pure,* Riga, J. F. Hartknoch.
Keates J. S., 1993, "Some reflections on cartographic design", *The Cartographic Journal*, vol.30, n°2, p. 199-201.
Keates J. S., 1984, "The Cartographic Art", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* vol. 21, n°1, p. 37-43.
Keates J. S., 1996, *Understanding maps,* Longman Glasgow, Addison Wesley Publishing Company.
Kent A. J., 2005, "Aesthetics: A Lost Cause in Cartographic Theory?", *Cartographic Journal* vol.42, n°2, p. 182 - 188.
Klee P., 1964, *Théorie de l'art moderne,* Genève, Gonthier.
Klee P., 2004, *Cours du Bauhaus,* Strasbourg, Paris, Musées de Strasbourg, Hazan.
Klee P., 1920, "Schöpferische Konfession", in : Tribüne der Kunst und der Zeit. Eine Schriftensammlung, Band XIII, hgg. v. Kasimir Edschmid. Reiss, Berlin 1920, p. 101.
Klinghoffer A. J., 2006, *The power of projections: how maps reflect global politics and history*, Westport, Praeger Pub Text.
Kolacny A., 1969, "Cartographic Information a Fundamental Concept and Term in Modern Cartography", *The Cartographic Journal*, p. 47–49.
Korzybski A., 1941, *Science and sanity,* New York, The Science Press Printing Co.
Kosslyn S. M., 1989, "Understanding Charts and Graphs", *Applied Cognitive Psychology* vol.3, n°3, p. 185 - 226.
Kosslyn S. M., 2006, *Graph design for the eye and mind,* New York, Oxford university press.
Kouakou Yao .E., Koné B., Bonfoh B., Kientga Sonwouignandé M., N'go Yao A., Savane I., Cissé G., 2010, "L'étalement urbain au péril des activités agro-pastorales à Abidjan", *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement* vol.10, n°2, p.
Krygier J. B., 1995, "Cartography as an art and a science?", *The Cartographic Journal*, vol.32, n°1, p. 3-10.
Lacey S., Stilla R., Sathian K., 2012, "Metaphorically feeling: Comprehending textural metaphors activates somatosensory cortex", *Brain and Language* vol.120, n°3, p. 416-421.
Langer S. K., 1951, *Philosophy in a New Key,* New York, Mentor Books.
Le Guen M., 1996, *Statistique, Imagerie et Sciences Cognitives,* CNRS-INSEE- Unité Méthodes Statistiques.
Léger F., 1914, "Les réalisation picturales actuelles", *Les Soirées de Paris* vol. 25.
Lessing G. E., 1766, *Laokoön, oder über die Grenzen der Mahlerey und Poesie (...).* Erster Theil, Berlin, Christian Friedrich Vo, 1766
Lessing G. E., 1836, *Laocoon, an Essay upon the Limits of Painting and Poetry,* London, Ridgeway.
Lévi-Strauss C., 1962, *La pensée sauvage,* Paris, Plon.
Lhote A., 1958, *Traités du paysage et de la figure,* B. Grasset, Paris.
Lidwell W., Holden K., Butler J., 2010, *Universal Principles of Design*, Londres, Rockport

Publishers.
Lindsay P. H., Norman D. A., 1977, "Human Information Processing: An Introduction to Psychology", Academic Press, New York.
Lobben A., Lawrence M., Olson J. M., 2009, "fMRI and Human Subjects Research in Cartography", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* vol.44, n°3, p. 159-169.
Loy, W., 1993, "Is cartography dead ?", *Cartography special group of the American Association of Geographers Newsletter*, n°14-1.
Luck S. J., 2007 , "Visual short term memory", en ligne : http://www.scholarpedia.org/article/wiki/index.php?title=Visual_short_term_memory&oldid=47721.
Luyat M., 2009, *La perception,* Paris, Dunod.
MacEachren A. M., 1995, *How Maps Work: Representation, Visualization and Design,* New York, The Guilford Press.
MacEachren A. M., Kraak, M.J., 2001, "Research challenges in Geovisualization", *Cartography and Geographic Information Science*, vol.28, n°1, p. 3-12.
Malte-Brun C., 1829, *Précis de la géographie universelle,* Mons, Belgique, Leroux.
Margolis H., 1987, *Patterns, thinking, and cognition: A theory of judgment*, Chicago, University of Chicago Press.
Marin L., 1971, *Etudes sémiologiques*, Paris, Klincksieck.
Marin L., 1980, "Le discours sur l'art - Sémiologie de l'art" In *Encyclopaedia Universalis*, en ligne : https://nomade.univ-tlse2.fr:443/http/www.universalis-edu.com/encyclopedie/art-le-discours-sur-l-art-semiologie-de-l-art/
Marr D., 1982, *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*, New York, W. H. Freeman.
Matisse H., 1936, "Lettre à Tériade", *Minotaure* vol.9.
Matisse H., 1972, *Écrits et propos sur l'art,* Paris, Hermann.
Meine K.-H., 1977, "Cartographic Communication Links And A Cartographic Alphabet", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* vol.14, n°1, p. 72-91.
McGranaghan M., 1989, "Ordering Choropleth Map Symbols: The Effect of Background", *Cartography and Geographic Information Science* vol.16, p. 279-285(7).
McLuhan M., 1960, *Project 69 : Report on project in understanding new media*, Rapport pour l'Office of Education du ministère de l'éducation des USA, en ligne : http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED017166.pdf
Mericskay B., Roche S., 2010, "Cartographie et SIG à l'ère du Web 2.0", Actes du colloque *SAGEO*, en ligne : http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/58/31/42/PDF/SAGEO-2010_Mericskay_et_Roche.pdf
Metz C., 1971, "Réflexions sur la "Sémiologie Graphique" de Jacques Bertin", *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations* vol.26, n°3-4, p. 741-767.
Minguet P., Klinkenberg J.-M., Edeline F., Dubois J., 1976, "La chafetière est sur la table", *Communication et langages*, vol.29, n°1, p. 36–49.
Moles A. A. , 1964, "Théorie de l'information et message cartographique", *Science et Enseignement des Sciences*, vol.5, p. 11.
Mondrian P., 1925, "L'architecture future néo-plasticienne", *L'architecture vivante* vol.9, n °3, p. 11-13.
Mondrian P., 1959, "Le Home-La Rue-La Cité", *Art d'Aujourd'hui*, vol.1, n°5, p.
Monmonier M. S., 1984, "Book review : Graphic communication and design in

contemporary cartography", *Geographical Review,* vol.74, n°1, p. 115-117.
Monmonier M. S., 2004, *Rhumb lines and map wars: a social history of the Mercator projection*, Chicago, University of Chicago Press.
Monmonier M., 1991, *How to Lie with Maps,* Boulder, Westview.
Montabert J. N. P. D., 1829, *Traité complet de la peinture,* Paris, Bossange.
Montello D. R., 2002, "Cognitive map-design research in the twentieth century : theoretical and empirical approaches", *Cartography and Geographic Information Science* vol.29, p. 283-304.
Morrison J. L., 1976, "The science of cartography and its essential processes", Annuaire International de la Cartographie, vol.16, p. 84-97.
Moutoussis K., Zeki S., 1997, "A direct demonstration of perceptual asynchrony in vision", *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* vol.264, n °1380, p. 393-399.
Niekamp W., 1981, "An exploratory investigation into factors affecting visual balance", *Educational Technology Research and Development* vol.29, n°1, p. 37-48.
O'Regan J. K., 1992, "Solving the 'real' mysteries of visual perception: The world as an outside memory", *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie* vol.46, n°3, p. p461 - 488.
Olson J. M., 1976, "A Coordinated Approach to Map Communication Improvement", *Cartography and Geographic Information Science* vol.3, n°2, p. 151-160.
Olson J. M., Future research directions in cartographic communication and design, in *Graphic communication an design in contemporary cartography*, Chichester, Londres, John Wiley & Sons, 1983, 257p.
Olson J. M., Brewer C. A., 1997, "An Evaluation of Color Selections to Accommodate Map Users with Color-Vision Impairments", *Annals of the Association of American Geographers* vol.87, n°1, p. 103-134.
Opach T., "Cartography and Graphic Design", in *Cartography in Central and Eastern Europe*, Berlin, Springer, 2010, 199p.
Ormeling F., Kraak, M-J., 1997, *Cartography, visualisation of spatial data,* Harlow, Longman.
Orsenna E., 2010, *L'entreprise des Indes*, Paris, Stock.
Ortag F., 2009, "Variables of Aesthetics in Maps", in *Cartography and Art*, Berlin, Springer.
Ostwald W., 1917, "Die Farbenfibel", Leipzig, p. 54.
Palsky G., 1996, *Des chiffres et des cartes: naissance et développement de la cartographie quantitative française au XIXe siecle,* Paris, Comité des travaux historiques et scientifiques.
Panofsky E., 1939, *Studies in Iconology; Humanistic Themes in the Art of the Renaissance,* New York, Oxford university press.
Papin D., 2012, "Entretien avec Delphine Papin : L'évolution de la place de la cartographie dans le journal Le Monde", *Hérodote*, vol.146-147, p. 108-118.
Pastoureau M., 1989, *Couleurs, images, symboles,* Paris , Léopard d'or.
Pastoureau M., 2000, *Bleu, histoire d'une couleur,* Paris, Seuil.
Pastoureau M., 2010, *Les couleurs de nos souvenirs,* Paris, Seuil.
Petchenik B. B., 1975, "Cognition in cartography", actes du colloque *Auto-Carto n°2* p. 183-193.
Petchenik B. B., 1974, "A verbal approach to characterizing the look of maps", *Cartography and Geographic Information Science*, vol.1, n°1, p. 63-71.

Petchenik B. B., 1983, A map maker's perspective on map design research 1950-1980, in *Graphic communication and design in contemporary cartography*, ed. par Taylor D. R. F., Chichester, John Wiley & Sons, 37p.
Peterson M., 1987, "The mental image in cartographic communication", *The Cartographic Journal*, vol.24, n°1, p. 35-41.
Peterson H. E., Dugas D. J., 1972, "The relative importance of contrast and motion in visual detection," *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* vol.14, n°3, p. 207-216.
Pickle L. W., Hermann, D. J., 1996, "Cognitive research for the design of statistical rate maps", *Visual Cognition*, vol.3, n°2, p. 165-190.
Pinker S., 1990 , A theory of graph comprehension, ed. par Freedle R., Abingdon, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 73 p.
Pinker S., 1997, *How the mind works,* New York, W. W Norton.
Platon, 2007, "Gorgias", Paris, Hatier.
Pouivet R., 2010, *L'ontologie de l'oeuvre d'art*, Paris, Vrin.
Pye D., 1978, *The nature and aesthetics of design,* London, The Herbert Press.
Raisson V., El Aktaa T., 2010, *2033, Atlas des futurs du monde*, Paris, Robert Laffont.
Ramachandran V. S., Hirstein W., 1999, "The science of art: A neurological theory of aesthetic experience", *Journal of Consciousness Studies,* vol.6, n°7, p. 15-51.
Raphael M., 2008, *Questions d'art,* Paris, Klincksiek.
Ratajski L., 1973, "The research structure of theoretical cartography", *Annuaire International de Cartographie* vol.13, p. 217-228.
Rendgen S., Wiedemann J., Wurman R. S., 2012, *Information graphics,* Cologne, Taschen.
René-Worms P., 2010, "Les coulisses du journalisme de données", *Le Point*, en ligne : http://www.lepoint.fr/high-tech-internet/les-coulisses-du-journalisme-de-donnees-01-12-2010-1269442_47.php
Rimbert S., 1973, "Des "bruits" qui brouillent les cartes : les insuffisances de la lecture visuelle des cartes thématiques", *L'Espace géographique*, vol.4, p. 313-316.
Robinson A., H., 1952, *The look of maps,* Madison, University of Winsconsin Press.
Robinson A. H., 1960, *Elements of Cartography,* New York, John Wiley&Sons Inc.
Robinson A., H., Petchenik B. B., 1976, *The nature of maps,* Chicago, The University of Chicago Press.
Robinson A. H., 1978, "The uniqueness of the map", *Cartography and Geographic Information Science*, vol.5, n°1, p. 5-7.
Robinson A. H., Morrison J. L., Muehrcke P. C., 1977, "Cartography 1950-2000", *Transactions of the Institute of British Geographers*, vol.2, n°1, p. 3-18.
Robinson A. H., Morrison J. L. Muehrcke, P. C., Kimerling A. J., Guptill S.C., 1995, *Elements of Cartography,* New York, John Wiley&Sons Inc.
Roche S., 2000, *Les enjeux sociaux de Systèmes d'Information Géographique, Les cas de la France et du Québec,* Paris, L'Harmattan.
Ross D. W., 1907, *A theory of pure design: harmony, balance, rhythm*, Boston, Houghton Mifflin.
Ruas A., 2008, "Introduction", *Bulletin du Comité Français de Cartographie*, vol.198, p. 5.
Salichtchev K. A., 1970, "The subject and method of cartography: Contemporary views", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol.7, n°2, p. 77-87.
Sauer C. O., 1956, "The education of a geographer", *Annals of the Association of American*

Geographers, vol.46, n°3, p. 287-299.
Saussure F., 1915, *Cours de linguistique générale,* Lausanne et Paris, Payot.
Schapiro M., 1969, "On Some Problems in the Semiotics of Visual Art: Field and Vehicle in Image-Signs", *Semiotica*, vol.1, n°3, p. 223-242.
Schapiro M., 1995, *Mondrian: on the humanity of abstract painting,* New York, George Braziller.
Schlichtmann H., 1985, "Characteristic traits of the semiotic system: 'map symbolism'", *The Cartographic Journal*, vol.22, n°1, p. 23-30.
Shannon C. E., Weaver W., 1949, *The mathematical theory of information,* Urbana, University of Illinois Press.
Sharpe L. T., Stockman A., Jägle H., Nathans J., 1999, Opsin genes, cone photopigments, color vision, and color blindness, in *Color vision: From genes to perception*, ed. par Gegenfurtner KR., LT. S., Cambridge, Cambridge University Press.
Singer W., Gray C. M., 1995, "Visual feature integration and the temporal correlation hypothesis", *Annual review of neuroscience*, vol.18, n°1, p. 555-586.
Skaggs S., 2011, *Visual Design Semiotics Primer*, en ligne : http://stevenskaggs.net/SemioticPrimerContents.htm
Steinke T. R., 1987, "Eye Movement Studies In Cartography And Related Fields", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol.24, n°2, p. 40-73.
Tarr M. J., Pinker S., 1989, "Mental rotation and orientation-dependence in shape recognition", *Cognitive psychology*, vol.21, n°2, p. 233-282.
Taylor D. R. F., 1983, *Graphic communication and design in contemporary cartography,* Chichester, John Wiley & Sons.
Thémines J. F., 2001, "Pratiques cartographiques et discours géographiques chez les professeurs de l'enseignement secondaire", *Mappemonde*, vol.61, p. 9-14.
Tobler W. R., 1968, "Book Review: Sémiologie Graphique : Les diagrammes - Les Réseaux - Les Cartes", *Journal of the American Statistical Association*, vol.64, n°325, p. 391-392.
Tobler W. R., 1970, "A computer movie simulating urban growth in the Detroit region," *Economic geography* vol.46, p. 234-240.
Torricelli, G. P., 1990 , Le rôle de la carte en géographie : hypothèses et exemples - Ritter et Humbolt ou la carte comme moyen de re-connaissance, in *Modèles graphiques et représentations spatiales*, Paris, Anthropos/Reclus, 79p.
Tosević D. J., 1954, *The world crisis in maps,* New York, Funk.
Treisman A. et al., 1990, Form, perception and attention, in *Visual perception: the neurophysiological foundations*, New York, Academic Press, 273p.
Tufte E. R., 1983, *The Visual Display of Quantitative Information, 2nd edition*, Cheshire, Graphics Press.
Tukey J., W., 1977, *Exploratory Data Analysis*, Addison Wesley.
Tyner J. A., 2010, *Principles of map design*, New York, The Guilford Press.
Vickers G., 1979 , Rationality and intuition, in *On aesthetics in science*, Cambridge, MIT Press, 146p.
Vitry de, N.-Ph, 1829, *Bulletin des sciences géographiques, économie publique, voyages*, Paris, Firmin-Didot.
Vogel E. K., Woodman G. F., Luck S. J., 2001, "Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory", *Journal of Experimental Psychology: Human*

Perception and Performance, vol.27, n°1, p. 92.
Vuilleumier P., Armony J. L., Driver J., Dolan R. J., 2003, "Distinct spatial frequency sensitivities for processing faces and emotional expressions", *Nature neuroscience*, vol.6, n°6, p. 624-631.
Ware C., 2008, "Visual Thinking: For Design", Burlington, Morgan Kauffmann, 256 p.
Weger G., 1999, *Cartographie. Sémiologie graphique et conception cartographique,* Marne-la-Vallée, ENSG, en ligne : http://fad.ensg.eu/moodle/file.php/9/carto_vol1.pdf
Wölfflin H., 1866, *Prolegomena zu einer Psychologie der Architektur*, thèse de doctorat soutenue à Munich.
Wölfflin H., 2005, *Prolégomènes à une psychologie de l'architecture*, Paris, Éditions de la Villette.
Wölfflin H, 1915, *Kunstgeschichtliche Grundbegriffe*, Munich.
Wölfflin H., 1952, "Principes fondamentaux de l'histoire de l'art", Paris, Gallimard, 287p.
Wong W., 1993, *Principles of Form and Design,* Chichester, John Wiley & Sons.
Wood C. H., Keller C. P., 1996, *Cartographic design: Theoretical and practical perspectives,* Chichester, John Wiley & Sons.
Wood D., 2003, « Cartography is dead (thank god) », *Cartographic Perspectives*, n°45, p. 4-7.
Wood D., Fels J., 1986, "Designs On Signs / Myth And Meaning In Maps", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol.23, n °3, p. 54-103.
Wood D., Fels J., 2008, "The natures of maps: cartographic constructions of the natural world", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol.43, n°3, p. 189-202.
Wood D., Fels, J., 2008, *The Natures of Maps, Cartographic Constructions of the Natural World,* Chicago, The University of Chicago Press.
Wood M., 1968, "Visual Perception and Map Design", *The Cartographic Journal*, p. 54–64.
Wood M., 1993, "The map-users' response to map design", *The Cartographic Journal*, vol.30, n°2, p. 149-153.
Wright J. K., 1942, "Map Makers Are Human: Comments on the Subjective in Maps", *Geographical Review*, p. 527–544.
Zanin C., Trémélo M. L., 2003, *Savoir faire une carte,* Paris, Belin.
Zhilin L., 2012, "Theories of map design in the digital era", *Cartography and Geographic Information Science* , vol. 39, n°2, p. 71-75.
Zumthor P., 1993, *La mesure du monde: représentation de l'espace au Moyen-Âge*, Paris, Seuil.

Liste des tableaux

tableau n°1 : Propriétés des unités sémiologiques visuelles, ... 87
tableau n°2 : Les modes de la rhétorique visuelle, [Groupe μ, 1992], p. 272 106
tableau n°3 : Les signifiants graphiques de la planche 171
et les signifiés potentiellement exprimés. 171
tableau n°4 : Signifiés exprimés par la position dans l'image 197
tableau n°5 : Synthèse de signes plastiques chez W. Kandinsky 209
tableau n°6 : Synthèse de signes plastiques dans le suprématisme 211
tableau n°7 : Synthèse des signes plastiques dans l'orphisme 213
tableau n°8 : Synthèse des signes plastiques chez Paul Klee. 216
tableau n°9 : Synthèse des signes plastiques chez Piet Mondrian 219
tableau n°11 : Signes plastiques à base ponctuelle. 229
tableau n°12 : Signes plastiques à base linéaire. 230
tableau n°13 : Signes plastiques à base surfacique. 231

Liste des figures

figure n°1 : La problématique, sa justification et les premières pistes. 14
figure n°2 : IGN, carte topographique au 1/25000ème, ... 18
figure n°3 : Une carte thématique, Atlas de France, vol. 5, «Société et Culture» 19
figure n°4 : Deux cercles superposés, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010]. 29
figure n°5 : Le carré absent, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010]. 30
figure n°6 : Plusieurs groupes de direction, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010]. 30
figure n°7 : Vase ou visages ?, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010]. 30
figure n°8 : Proximité spatiale, d'après [Lidwell, Holden, Butler, 2010]. 31
figure n°9 : Le processus de perception visuelle. Adapté de [Goldstein, 2010]. 36
figure n°10 : Anatomie de l'œil, Adapté de Rhcastilhos pour wikicommons. 38
figure n°11 : Distribution des neurones, adapté de [Lindsay, Norman, 1977]. 39
figure n°12 : Sensibilité à la couleur des trois types de cônes, d'après [Ware, 2008]. 40
figure n°13 : Les parcours de traitement de la perception visuelle. 42
figure n°14 : Le parcours ascendant, ... 43
figure n°15 : La loi de regroupement illustrée, ou « cherchez le dalmatien » 46
figure n°16 : Modèle de S. Pinker, d'après [Pinker, 1990], fig. 4.14, p. 94. 47
figure n°17 : Modèle de S.M. Kosslyn, d'après [Kosslyn, 1989], fig. 2, p. 190. 49
figure n°18 : Modèle de J.R. Eastman, d'après [Eastman, 1985], fig. 3, p . 99. 49
figure n°19 : Les éléments graphiques saillants, selon [Ware, 2008]. 54
figure n°20 : Perception des nuances colorées, d'après [Ware, 2008], simplifié. 59
figure n°21 : Modèle de la perception visuelle de M. Kossly, [Kosslyn, 1989] 63
figure n°22 : Modèle de la perception visuelle de S. Pinker, [Pinker, 1990]. 63
figure n°23 : Modèle de M. Peterson, [Peterson, 1987]. 64
figure n°24 : Les différents types de complexité. 66
figure n°25 : Le signe sémiotique, relation entre trois éléments. 74
figure n°26 : Le statut sémiotique de la carte, d'après [Fontanabona, 1999] 75
figure n°27 : Types de signes en cartographie. 76
figure n°28 : « Les statuts sémiotiques de la carte de géographie », [Thémines, 2001] 80

figure n°29 : Modèle du système perceptif ([Groupe µ, 1992], p. 91). 83
figure n°30 : Modèle du signe iconique, [Groupe µ, 1992] p. 136. 85
figure n°31 : Exemple du signe iconique « chat » représenté par un dessin. 86
figure n°32 : Le statut sémiologique de la carte thématique comme signe iconique. 87
figure n°33 : Carte Deyrolle, fin XIXème siècle, (site Internet de l'éditeur). 89
figure n°34 : Signe iconique et signe plastique en cartographie thématique, ... 90
figure n°35 : Signe plastique explicite et implicite. 92
figure n°36 : L'anamorphose cartographique comme figure de rhétorique visuelle. 98
figure n°37 : René Magritte, « Le fils de l'homme », huile sur toile, 1964 (coll. privée) 99
figure n°38 : Pierre Soulages, Peinture 324x181cm, 17 novembre 2008, ... 100
figure n°39 : Claude Monet, Impression, soleil levant, huile sur toile, 1872, ... 101
figure n°40 : « Soviet threat to the world », [Tosević, 1954] ..... -PAGE-
figure n°41 : Carte d'Europe sans la France, imaginée par une revue satirique 103
figure n°42 : Carte issue de « L'Atlas des Futurs du Monde », p. 32. 104
figure n°43 : Carte crayonnée de Ph. Rekacewicz, ... 105
figure n°44 : Carte « Population 1991-2001», [Dorling, Thomas, 2004], p. 11. 107
figure n°45 : Hergé, Le crabe aux pinces d'or, p. 33. 108
figure n°46 : « La Chafetière », J. Key, « La diplomatie du coup de crayon », Plantu. 109
figure n°47 : « Geography Bewitched ! », caricature d'après Robert Dighton 110
figure n°48 : Dessin de Plantu, 1983. 111
figure n°49 : « Les promenades d'Euclide », R. Magritte, ... 112
figure n°50 : « La grande vague de Kanagawa », H. Hokusai, 1830 113
figure n°51 : « Broadway Boogie Woogie », Piet Mondrian, huile sur toile, 1942 114
figure n°52 : Les rimes plastiques en cartographie, exemple d'une carte de K. Hurel et G. Pinson pour la revue Territoires 2040, n°4, 2011. 114
figure n°53 : Mode de survenance des propriétés esthétiques selon R. Pouivet. 125
figure n°54 : Claude Monet, Champ de coquelicots, huile sur toile, 1873 126
figure n°55 : Conditions et moyens de survenance des propriétés esthétiques, ... 127
figure n°56 : Un système simplifié de l'œuvre d'art, d'après R. Pouivet (ibidem) 128
figure n°57 : Le système artistique, d'après R. Pouivet (ibidem, pp. 180-199). 128
figure n°58 : Fertilisation croisée de la carte et de l'œuvre d'art. 138
figure n°59 : Carte tirée de [Kouakou et al., 2010]. ..... -PAGE-

figure n°60 : Carte tirée de [Raisson, El Aktaa, 2010], p. 164. 152
figure n°61 : Les trois niveaux de description selon M. Raphaël. 154
figure n°62 : La description de la forme isolée selon M. Raphaël. 155
figure n°63 : Les lignes directrices selon M. Raphaël. 158
figure n°64 : « Statistique comparée de l'état de l'instruction et du nombre des crimes dans les divers arrondissements des Académies et des Cours Royales de France », A.-M. Guerry et A. Balbi, 1829. 162
figure n°65 : Extrait de [Guerry, Balbi, 1829], le titre. 164
figure n°66 : Extrait de [Guerry, Balbi, 1829], carte de l'instruction. 165
figure n°67 : Parcours prévisible de l'attention dans la planche [Guerry, Balbi, 1829]. 167
figure n°68 : Structuration de la composition de la planche [Guerry, Balbi, 1829]. 168
figure n°69 : Couverture du manifeste de la « Société des amis du peuple », 1830. 170
figure n°70 : Carte de Ch. Dupin, 1826. 173
figure n°71 : Tentative de reconstruction de la planche [Guerry, Balbi, 1829] avec des outils et une méthodologie modernes. 175
figure n°72 : Carte de l'instruction publique en 1829 selon la méthode des quantiles. 177
figure n°73 : Les deux contrastes principaux de couleur selon W. Kandinsky. 185
figure n°74 : Contrastes colorés. 186
figure n°75 : Variations colorées intermédiaires. 187
figure n°76 : Le vert, couleur intermédiaire et calme. 187
figure n°77 : Ordre des couleurs selon la sensation de chaleur. 188
figure n°78 : Variations de teintes, les teintes intermédiaires 188
figure n°79 : Oppositions de teintes selon W. Kandinsky. 189
figure n°80 : W. Kandinsky, Einige Kreise (« Quelques cercles »), 1926. 190
figure n°81 : Propriétés du point sur un plan, selon [Kandinsky, 1926]. 192
figure n°82 : Tensions liées à la position du point sur le plan, selon [Kandinsky, 1926]. .. 193
figure n°83 : Différentes lignes droites, selon [Kandinsky, 1926]. 194
figure n°84 : La composition linéaire de base, selon [Kandinsky, 1926]. 194
figure n°85 : Action de plusieurs forces pour former une ligne 195
figure n°86 : Tensions des lignes, selon [Kandinsky, 1926]. 195
figure n°87 : Résonances des lignes brisées, selon [Kandinsky, 1926]. 195
figure n°88 : Relation entre angle, couleur et figure, selon [Kandinsky, 1926]. 196

figure n°89 : Degrés variables de tension des côtés d'une surface. 198
figure n°90 : Tensions à partir du centre d'une surface, selon [Kandinsky, 1926]. 198
figure n°91 : Résonance des diagonales d'un rectangle, selon [Kandinsky, 1926]. 198
figure n°92 : Résonances associées à l'orientation dans une surface 199
figure n°93 : Application à des polygones, selon [Kandinsky, 1926]. 200
figure n°94 : Harmonie forme / position par rapport au groupe 201
figure n°95 : W. Kandinsky, Komposition VIII, 1923 204
figure n°96 : K. Malévitch, Composition suprématiste, 1915, ... 210
figure n°97 : R. Delaunay, « Rythme, Joie de vivre », 1930, ... 212
figure n°98 : F. Léger, « Contrastes de formes », 1913 huile sur toile 212
figure n°99 : Paul Klee, « Zeichen im Gelb » (signes en jaune), 1937 217
figure n°100 : Piet Mondrian, « Composition avec couleurs A», 1917 219
figure n°101 : André Lhote, « Paysage », 1911 222
figure n°102 : Propriétés des éléments graphiques simples, un exemple. 226
figure n°103 : Propriétés de la variation d'une composante formelle 227
figure n°104 : Propriétés des relations formelles entre éléments d'un document cartographique, ou composition. 227
figure n°105 : Calme (à gauche) et tension (à droite) en rapport avec la force de gravité. 236
figure n°106 : Équilibre et déséquilibre visuels. 238
figure n°107 : Disposition : déséquilibre franc et déséquilibre ambigu. 239
figure n°108 : Variation de l'équilibre dans la mise en page d'une carte par symboles. 240
figure n°109 : Unification par une propriété formelle 241
figure n°110 : Unification par une propriété formelle 241
figure n°111 : Carte thématique donnée comme exemple, in [Tyner, 2010], p. 192. 242
figure n°112 : méthode de dessin du rectangle dont le ratio a/b est le nombre d'or. 244
figure n°113 : Spirale de Fibonacci, emboîtement de rectangles d'or. 245
figure n°114 : Exemple d'organisation d'un document selon des rectangles d'or. 245
figure n°115 : Série géométrique de Ch. Renard (nombres normaux R5). 246
figure n°116 : Carte de l'Australie, National Geographic, février 1979. 247
figure n°117 : Gammes colorées selon [Ross, 1907]. 248
figure n°118 : Exemples de palettes proposées par D. Ross. 249
figure n°119 : Shitao, « Les monts Jingting en automne » 250

figure n°120 : Carte du village de San Andrés Chalchicomula, Mexique, ... 251
figure n°121 : Exemple d'utilisation de l'impression de profondeur. 252
figure n°122 : Carte des conséquences de la sécheresse sur la famine dans les pays de la Corne de l'Afrique, site Internet de l'OCHA, 13 et 21 juillet 2011. 254
figure n°123 : La tension, l'équilibre, l'unité 256
figure n°124 : La complexité et l'ordre 257
figure n°125 : Le rythme, des signes plastiques aux propriétés esthétiques. 258
figure n°126 : Les domaines de recherche mis en œuvre 260
figure n°127 : Cartes de référence. 275
figure n°128 : Utilisation de la couleur opposée, le vert. 277
figure n°129 : Utilisation d'une gamme de couleurs conseillée par A. Lhote. 278
figure n°130 : Utilisation d'une palette inspirée d'une œuvre de Cézanne. 279
figure n°131 : Utilisation d'une palette inspirée de R. Delaunay. 280
figure n°132 : Variation de la saturation des couleurs utilisées. 281
figure n°133 : Suppression de la couleur et utilisation de tons « pastel ». 282
figure n°134 : Lissage des contours des surfaces du fond de carte. 283
figure n°135 : Modification de la netteté des contours. 284
figure n°136 : Simplification des contours des polygones. 285
figure n°137 : Déformation proportionnelle des contours des polygones. 286
figure n°138 : Utilisation d'une texture pour ajouter de la « matière » à l'image. 288
figure n°139 : Utilisation de trames de demi-teintes colorées. 289
figure n°140 : Utilisation d'une texture façon peinture à l'huile. 290
figure n°141 : Utilisation d'une texture de type crayons de couleur. 291
figure n°142 : Utilisation d'une texture abstraite régulière, plastique. 292
figure n°143 : Variation du type de symbole. 294
figure n°144 : Variation de l'équilibre de la mise en page. 295
figure n°145 : Positionnement alternatif de la légende. 296
figure n°146 : Variation du dimensionnement des éléments de la mise en page. 297
figure n°147 : Composition de formes ouvertes. 299
figure n°148 : Composition de formes fermées 300
figure n°149 : Composition structurée d'effets. 301
figure n°150 : Les différents types de complexité d'une carte thématique. 304

figure n°151 : Calcul progressif d'un arbre quaternaire. 307
figure n°152 : Image de test n°1 308
figure n°153 : Application de la méthode des quadtrees à l'image de test n°1. 309
figure n°154 : Image de test n°2. 311
figure n°155 : Application de la méthode des quadtrees sur l'image de test n°2. 312
figure n°156 : Image de test n°3. 313
figure n°157 : Application de la méthode des quadtrees sur l'image de test n°3. 314
figure n°158 : Les deux méthodes utilisées pour le calcul et la représentation de 318
figure n°159 : Traitement de l'image n°1 en utilisant la technique de la compression DCT sur un carroyage. 320
figure n°160 : Traitement de l'image n°1 en utilisant la technique de la compression DCT par fenêtre mobile. 321
figure n°161 : Test de la technique de la compression DCT sur une image sémiotiquement complexe. 323
figure n°162 : Test de la technique de la compression DCT sur une carte en semis régulier de points. 324
figure n°163 : Test de la technique de la compression DCT sur la carte choroplèthe de référence du chapitre sept. 325
figure n°164 : Test de la technique de la compression DCT sur la carte par symboles de référence du chapitre sept. 325
figure n°165 : Test de la technique sur la carte choroplèthe modifiée du chapitre 7 326
figure n°166 : Test de la technique sur la carte par symboles modifiée du chapitre 7 326
figure n°167 : Saillances sur l'image de test n°1. 329
figure n°168 : Saillances sur l'image de test n°4. 331
figure n°169 : Saillances sur l'image de test n°3. 332
figure n°170 : Saillances sur la carte choroplèthe de référence du chapitre 7 333
figure n°171 : Saillances sur la carte choroplèthe modifiée du chapitre 7 333
figure n°172 : Saillances sur la carte par symboles de référence du chapitre 7 334
figure n°173 : Saillances sur la carte par symboles modifiée du chapitre 7 334
figure n°174 : Test des algorithmes de saillance sur une image « naturelle ». 336
figure n°175 : Carte extraite de l'Atlas de France, vol. 5, «Société et Culture», coord. M. Vigouroux, éd. La Documentation Française, RECLUS, 1997. 340
figure n°176 : Histogrammes par Adobe Photoshop CS5.1© 341

figure n°177 : Histogrammes Teinte-Saturation et Teinte-Luminosité de la figure n°175. La teinte est en abscisse, la saturation (gauche) puis la luminosité (droite) en ordonnée. 342
figure n°178 : Cercle chromatique de symboles proportionnels. 344
figure n°179 : Cercle chromatique de symboles proportionnels 345
figure n°180 : Carte extraite de l'Atlas de France, vol. 3, «Emplois et entreprises», coord. P. Caro et Th. St-Julien, éd. La Documentation Française, RECLUS, 1997. 346
figure n°181 : Analyse de la carte de la figure n°180 sans le noir. 346
figure n°182 : Carte extraite de l'Atlas de France, vol. 4, «Formation et Recherche», coord. M. Brocard, R. Hérin et J. Joly, éd. La Documentation Française, RECLUS, 1996. 347
figure n°183 : Mouvement du camaïeu de la figure n°182. 347
figure n°184 : Carte extraite de l'Atlas des Futurs du Monde 348
figure n°185 : Couleurs de la carte de la figure n°175 dans un cylindre chromatique 3D. 349
figure n°186 : Carte extraite de l'Atlas de France, vol. 2, «Population». 349
figure n°187 : Figure précédente en cylindre chromatique 3D. 350
figure n°188 : Exemple d'utilisation de l'outil pour isoler une classe de valeur. 351
figure n°189 : Exemple d'utilisation de l'outil pour isoler une classe de valeur. 352
figure n°190 : Exemple d'utilisation pour visualiser les complémentarités de couleurs. ... 352
figure n°191 : Exemple d'utilisation pour visualiser les complémentarités de couleurs. ... 353
figure n°192 : La démarche générale mise en œuvre. 359
figure n°193 : Modèle de la communication cartographique de Ch. Board (1972), ... 389
figure n°194 : L'Économie de la Belgique, Grand Larousse Encyclopédique, 1963, ... 394
figure n°195 : Les Pôles de compétitivité, S. Cordobes et K. Hurel 395
figure n°196 : Copie d'écran du logiciel ESTAT. 398
figure n°197 : Modèle de U. Freitag, repris par Ch. Board (1972). 404

Table des matières

Résumé i

Introduction générale 1

1.1. Une méthodologie qui n'est plus discutée, car stabilisée ? 3

1.2. Une méthodologie incomplète ? 6

1.3. Un contexte technique prometteur 13

1.4. La question centrale et son traitement 14

1.4.1. Développement de la problématique 15

1.4.2. Plan du travail 17

1.5. Définitions 18

1) Carte 18

2) Cartographie 20

3) Composition 21

4) Esthétique 22

5) Modèles et outils d'assistance 22

6) Acteurs 23

Première partie : Vers un modèle renouvelé de la perception et de l'interprétation des images cartographiques 24

Introduction 24

Chapitre 1 : La perception visuelle 25

1.1. Intérêt de la psychologie de la perception 26

1.2. Les différentes théories de la perception 28

1.2.1. La Gestalt Theorie 29

1.2.1. La théorie écologique de la perception 31

1.2.2. La théorie cognitiviste de la perception 33

1.2.3. La vision active 34

1.2.4. La pensée visuelle 35

1.3. La perception visuelle telle qu'on la comprend aujourd'hui 36

1.3.1. Étapes 1, 2 et 3 : Stimulus 37

1.3.2. Étapes 4, 5 et 6 : Influx 39

1.3.2.1. Le parcours ascendant 42

1.3.2.2. Le parcours descendant 45

1.3.3. Étapes 7, 8 et 9 : Expérience et action 50

1.4. Conséquences pour la lecture et la composition cartographique 51
1.4.1. Point de vue global 51
1.4.2. Application à chaque niveau de la perception 51
1.4.2.1. La rétine et les neurones récepteurs 51
1.4.2.2. les détecteurs de bas niveau 53
1.4.2.3. Les détecteurs de motifs 56
1.4.2.4. La couleur 59
1.4.2.5. Objets et significations 61
1.4.2.6. Parcours descendant et attention 62
1.5. Les schémas généraux de perception 62
1.6. Le concept de complexité comme guide 65
Chapitre 2 : De la perception à l'interprétation : la sémiotique 70
2.1. Qu'est-ce que la sémiotique et comment l'appliquer à la carte ? 72
1) Sémiotique 72
2) Signe 74
2.1.1. Organisation des signes 75
2.1.2. Les catégories de signes 76
2.2. La sémiotique visuelle et les signes iconiques 77
2.3. Sémiotique visuelle iconique et cartographie 79
2.4. Sémiotique visuelle du Groupe µ : signe iconique et signe plastique 82
2.4.1. De la perception visuelle à la sémiotique 82
2.4.2. Approfondissement du signe iconique 84
2.4.3. Le signe plastique, un concept récent qui a de profondes conséquences 89
2.4.4. Synthèse du fonctionnement des signes plastiques selon le Groupe µ 94
2.5. Rhétorique de la communication visuelle et composition 96
2.5.1. Description du fonctionnement rhétorique visuel 97
2.5.2. Modalités du fonctionnement de la rhétorique visuelle 98
2.5.2.1. In abstentia conjoint 106
2.5.2.2. In praesentia conjoint 108
2.5.2.3. In praesentia disjoint 111
2.5.2.4. In abstentia disjoint 115
Chapitre 3 : Les propriétés esthétiques : origines et fonctionnement 118
Introduction 118
3.1. L'œuvre d'art et les propriétés esthétiques, des concepts applicables à la carte ? . 118
3.1.1. Qu'est-ce qu'une œuvre d'art ? 118

3.1.2. Carte et œuvre d'art ? 121
3.1.3. Les propriétés esthétiques elles-mêmes 124
3.2. Production et entretien des propriétés esthétiques 127
3.2.1. Propriétés esthétiques et sémiotique 129
3.2.1.1. Les niveaux de lecture sémiotique de l'art pictural 130
3.2.1.2. De la forme graphique au signe visuel 132
3.2.2. Propriétés esthétiques et psychologie de la perception 134
3.2.3. Propriétés esthétiques et cartographie 138
Bilan de la première partie : un modèle renouvelé de la lecture des cartes thématiques 142
Deuxième partie : À la découverte des propriétés esthétiques 143
Introduction 143
Chapitre 4 :
L'histoire et la critique d'art pour la description des propriétés esthétiques 144
Une lecture formaliste en histoire de l'art 144
4.1. Un effort dans la rationalisation de la description des œuvres d'art : l'iconologie d'E. Panofsky 145
4.2. Renouveau de l'iconographie et de la description formelle 146
4.2.1. L'iconographie selon H. Wölfflin 146
4.2.1.1. Les catégories formelles dichotomiques d'H. Wölfflin 147
4.2.1.2. Test d'application partiel sur deux exemples de cartes modernes 151
4.2.2. L'iconographie selon Max Raphaël 153
4.2.2.1. Les niveaux de la description formelle 154
4.2.2.2. Les éléments de la description 155
4.2.2.3. Les apports de la description selon M. Raphaël 160
4.2.3. Description selon Max Raphaël et image cartographique 161
4.2.3.1. 1er moment de la description : Matériaux, moyens et catalogue des formes. ... 162
4.2.3.2. 2ème moment de la description : Hypothèses sur la motivation, l'intention. 172
4.2.3.3. 3ème moment de la description : la reconstruction des hypothèses 175
Chapitre 5 : Les propriétés esthétiques décrites par les artistes abstraits théoriciens 180
5.1. Art pictural et cartographie thématique, quels rapports ? 181
5.2. Wassily Kandinsky, de l'expression esthétique à une théorie des formes 183
5.2.1. Origine et motivation de la théorie des formes de W. Kandinsky 183
5.2.2. L'effet de la couleur 184
5.2.2.1. Les trois grands contrastes 185
5.2.2.2. Comment l'artiste peut-il utiliser l'effet de la couleur ? 189

5.2.3. Point et ligne sur plan : W. Kandinsky et la forme 191
5.2.3.1. Le point, origine 191
5.2.3.2. La ligne, trace du point en mouvement 193
5.2.3.3. Le plan, espace, support et surface 196
5.2.4. Atteindre l'harmonie par la composition 200
5.2.5. Essai de synthèse de la théorie formelle de W. Kandinsky 203
5.3. Compléments issus de l'histoire de l'art abstrait 210
5.3.1. K. Malévitch et le suprématisme 210
5.3.2. L'orphisme : F. Kupka, R. Delaunay, F. Léger 211
5.3.3. Paul Klee : l'art rend visible le monde spirituel 214
5.3.4. Piet Mondrian : la rigueur néoplastique 217
5.3.5. André Lhote, cubiste et pédagogue 220
Chapitre 6 : Design graphique : concevoir une information expressive 224
Définition et articulation 224
6.1. Des éléments graphiques aux signes plastiques esthétiques de la composition 226
6.2. Les signes plastiques en design graphique 228
6.2.1. Les éléments et leurs relations : les variables visuelles de base 228
6.2.1.1. Le point 229
6.2.1.2. La ligne 229
6.2.1.3. La surface, les formes simples 230
6.2.1.4. Les variables visuelles de base 231
6.2.2. Les signes plastiques de la composition pour le design graphique 235
6.2.2.1. Tension, stress / calme, stabilité 235
6.2.2.2. Équilibre / déséquilibre 238
6.2.2.3. Unité / fragmentation 240
6.2.2.4. Simplicité, Ordre, Structure / Complexité, Chaos 241
6.2.2.5. Rythme, variation régulière 247
6.2.2.6. Profondeur, plans, volume 249
6.2.2.7. Des propriétés esthétiques comme indices de la motivation de l'auteur 253
6.3. Synthèse des apports du design graphique 255
Conclusion de la deuxième partie : découverte de propriétés esthétiques 260
Troisième partie : Des pistes de mise en pratique 262
Introduction 262
Chapitre 7 :
Synthèse et propositions : Des pistes pour améliorer l'efficacité des cartes thém. 263

7.1. Enseignements de la perception visuelle 263
7.1.1. La vision se base sur une série de déplacements de l'attention 263
7.1.2. La vision se base sur une série de détecteurs spécialisés 265
7.1.3. De la perception à l'interprétation 267
7.2. Enseignements de la sémiotique 267
7.2.1. Réalité et importance du signe plastique 268
7.2.2. Rhétorique visuelle 269
7.3. Enseignements de l'esthétique 270
7.4. Enseignements de l'histoire et de la critique d'art 272
7.5. Enseignements de la théorie artistique et du design graphique 274
7.5.1. Cartes de référence 275
7.5.2. La couleur 276
7.5.3. Point, ligne, formes et textures 282
7.5.4. Disposition et mise en page des éléments 295
7.5.5. Aspect général et compositions complexes 298
Chapitre 8 : Estimer différentes complexités visuelles d'une carte thématique 304
Introduction 304
8.1. La complexité graphique informationnelle : mesurer et visualiser l'entropie 305
8.1.1. Visualiser directement la complexité graphique : les quadtrees. 305
8.1.1.1. Méthodologie employée 306
8.1.1.2. Résultats 309
8.1.1.3. Discussion 315
8.1.2. Visualiser la complexité graphique à l'aune des taux de compression 315
8.1.2.1. Méthodologie employée 316
8.1.2.1. Description de la procédure de mesure par carroyage 318
8.1.2.2. Description de la procédure par fenêtre mobile 319
8.1.2.3. Résultats 320
8.1.2.4. Discussion 327
8.2. Visualiser la complexité de perc. par l'utilisation de modèles de saillance visuelle 327
8.2.1. Méthodologie employée 328
8.2.1. Résultats 329
8.2.2. Discussion 335
8.3. Conclusion : Quelle utilité pour le praticien et l'usager ? Quelles perspectives ? . 337
Chapitre 9 : Visualiser et évaluer l'harmonie colorée 339
9.1. Introduction 339

9.2. Les moyens usuels de visualisation des couleurs : les hist. par composantes 340
9.3. Une visualisation plus intuitive, qui se rapproche des couleurs perçues 342
9.3.1. Les histogrammes Teinte Saturation Luminosité 342
9.3.2. Le cercle chromatique de symboles proportionnels 343
9.4. Analyser la répartition spatiale des couleurs sur une carte 350
9.4.1. Exemples d'utilisation pour l'assistance à la lecture de cartes choroplèthes 351
9.4.2. Exemples d'utilisation pour l'analyse esthétique de cartes : 352
Perspectives 354
Conclusion générale 355
Les apports de la thèse 355
L'état de la question et les prolongements possibles 358
Bibliographie 360
Annexe 1 Le contexte épistémologique 385
1. La carte comme de mémoire et connaissance de l'espace 385
2. La carte comme moyen de communication 387
3. La cartographie comme discipline scientifique 391
4. La carte comme discours de domination et outil de propagande 396
5. De la carte à la géovisualisation 397
6. La carte comme lieu d'interaction et de participation 399
7. La carte comme image, œuvre graphique 400
8. La carte comme langage 402
Annexe 2 Présentation des services Internet et de leur fonctionnement 407
Outils de visualisation de la complexité 407
Outils de visualisation des proportions et des relations colorées 408

Annexe 1
Le contexte épistémologique

Au fil du temps, la recherche en cartographie a élaboré plusieurs paradigmes et modèles de la carte, en relation à la fois avec l'évolution des rôles qui lui ont été dévolus, des techniques, et des avancées scientifiques dans les domaines connexes comme la psychologie de la perception, la théorie de l'information puis l'informatique et la géomatique. Pour étayer notre propre recherche sur ces bases épistémologiques (qui seront utilisées dans les développements des chapitres suivants), relier les concepts utilisés aux définitions, et déterminer l'évolution du concept de composition, il nous faut maintenant faire un point synthétique sur ces modèles.

Le problème de l'optimisation de la représentation cartographique a le plus souvent été entrepris selon deux approches distinctes, mais qui ne sont pas forcément concurrentes : pour améliorer une carte, il faut d'un côté qu'elle soit lisible et expressive, donc que sa conception soit bonne, et de l'autre que le lecteur soit réceptif à son contenu, voire éventuellement formé à sa lecture[1]. Selon l'époque, les courants de pensée, les techniques disponibles, ces approches ont connu des variations, la chronologie sera un guide simple pour les évoquer.

C. Cauvin *et al.*, dans le premier chapitre de leur série en cinq tomes sur la cartographie thématique, présentent une utile synthèse de l'histoire épistémologique de la cartographie thématique[2]. On complétera cette importante source par une analyse des paradigmes plus spécifiques à la question de la composition et l'approfondissement d'approches souvent perçues comme secondaires.

1. La carte comme de mémoire et connaissance de l'espace

Aux origines, la carte est un moyen de représenter des lieux, leurs distances respectives et les routes qui y mènent, ainsi que des surfaces foncières et leurs propriétaires. Parmi les premières cartes connues[3] on trouve en effet des itinéraires et des plans cadastraux. La fonction de la carte est alors relativement directe et concrète : un outil pour stocker et restituer, partager, des informations à composante spatiale, aider aux activités humaines dans l'espace[4]. Rapidement la fonction d'assistance aux déplacements, et notamment à la navigation maritime, vont devenir primordiales.

1. Cf. par exemple [Petchenik, 1983] et [Olson, 1983]
2. *op. cit.* Le tableau de la p. 41, du à C. Cauvin, est particulièrement intéressant.
3. Période mésopotamienne, vers -3500, cf. [Baldock, 1966]
4. [Jacob, 1992]

La carte est donc alors un outil de stockage d'informations spatiales sous une forme simplifiée, dans un but pragmatique, et son utilisation, sa lecture, nécessite de comprendre la métaphore graphique (la transformation) qui relie l'espace réel et l'espace de la carte. D'après les hypothèses des épigraphistes, les lecteurs de cartes sont donc essentiellement des gestionnaires du cadastre qui gèrent les propriétés et les impôts, d'un côté, et les commerçants itinérants de l'autre.

Dans l'Antiquité, de nouvelles fonctions se développent. Les premiers savants géographes utilisent la carte comme moyen de compréhension du monde, ses dimensions et son organisation (par exemple Strabon puis Ptolémée). La carte est alors une somme de connaissances, « l'archive des savoirs d'un groupe humain »[5]. Le mode d'utilisation de la carte est alors celui d'une référence, une compilation des connaissances, surtout par des savants et des lettrés, qui sert ensuite au partage et à l'enseignement. La forme graphique de la carte de cette époque nous a été transmise par des copies successives sur parchemins au Moyen-Âge, et son aspect a été transformé dans une mesure difficilement quantifiable par les copistes qui appliquent leur *style* personnel et celui de leur époque.

La période médiévale voit aussi l'irruption du symbolisme religieux dans la cartographie. Par symbolisme il faut entendre ici l'aspect iconique des figures de la carte, qui ne sont plus seulement une représentation simplifiée du monde réel, mais l'évocation de conceptions religieuses du monde (cartes en T dans l'O, orientation, etc., cf. [Grataloup, 2011]), qui vont souvent primer sur la réalité pourtant scientifiquement connue dans une bonne mesure. La carte devient alors un élément d'une conception religieuse du monde, l'affirmation de son obédience. On remarquera ici l'idée intéressante que l'aspect visuel d'une carte peut exprimer des idées.

La fin du Moyen-Âge est aussi l'époque du développement du rôle politique de la carte, dans l'affirmation du contrôle d'un territoire par un pouvoir donné. Il faut noter[6] que la carte n'est alors pas dessinée pour un usage banal et utilitaire. Elle est réservée à certaines occasions et à certains milieux, et possède toujours une fonction déterminée : philosophique et pédagogique pour les mappemondes, guides de voyage pour les portulans (sur mer) ou la carte de Gough[7] (carte routière).

La renaissance et les grandes découvertes vont renforcer le rôle d'aide au voyage et surtout à la navigation, de la carte. Les progrès dans la connaissance de la forme de la Terre et la mesure des distances vont notamment faire prendre conscience de possibilités nouvelles de voyages vers des régions inexplorées[8]. La carte retrouve son rôle d'outil d'aide au voyage, avec une rigueur scientifique renouvelée aidée par les progrès techniques. L'outil de navigation se conjugue à la référence des connaissances géographiques. L'utilisateur de la

5. [Zumthor, 1993], cité par C. Cauvin et al., p. 31.
6. Avec P. D. A. Harvey, [Harvey, 1987], ouvrage indispensable sur la question de l'histoire des origines de la cartographie.
7. La première carte représentant la Grande-Bretagne sous une forme reconnaissable, datée du Moyen-Âge, cf. http://www.goughmap.org/ (visité le 2 avril 2012).
8. Cf. la belle version romanesque d'Érik Orsenna des voyages de Christophe Colomb, du point de vue de son frère, cartographe de son état, dans [Orsenna, 2010].

carte vient y chercher des repères, des directions, des distances, et des ressources utiles (pour faire des vivres et de l'eau par exemple). La carte est réalisée par des artisans spécialisés, qui se doivent de rendre leur production intéressante par son utilité, mais aussi par son attrait graphique. La proximité entre cartographie et art pictural est soulignée par plusieurs auteurs. Des cartes figurent dans des œuvres picturales[9], mais par ailleurs la cartographie de paysages s'est inspirée de l'art pictural, et la cartographie générale réutilise des figurés et des méthodes de de décoration et de composition tirées de tableaux[10].

Enfin les périodes historiques suivantes voient un développement continu à la fois des méthodes de connaissance et de mesure du territoire (triangulation, instruments de mesure, géodésie) et de reproduction matérielle des documents (imprimerie, lithogravure, puis photographie et photogravure).

Le paradigme de la carte comme somme de connaissances sur l'espace géographique, directement utile aux activités humaines, est donc ancien, continu jusqu'à nos jours. Cependant il s'agit là d'une vision assez simple du rôle de la carte, qui masque les complexités de conception (réflexion sur l'espace à représenter, son contenu), de représentation (symbolisation, composition, graphisme), mais aussi d'usage. Le cartographe y est figuré comme un artisan, offrant ses services au commerçant itinérant, au pouvoir contrôlant un territoire ou explorateur, puis comme un assistant du savant géographe. La carte est toujours un document destiné à un public, à être publié, et en tant que tel doit présenter les attributs attendus de son rôle : être complexe (une somme de connaissances nombreuses et variées), être rigoureuse (voir « vraie », pour la navigation et le cadastre), instructive ou édifiante, et présenter un aspect pictural esthétique (puisque la carte est une image dessinée ou peinte de grandes dimensions, elle a aussi des vertus décoratives, voir artistiques). La composition est alors subordonnée à ces fonctions de la carte, elle participe à leur réalisation.

2. La carte comme moyen de communication

Le paradigme de la carte moyen de communication a certainement été l'un des plus puissants depuis les années 1950, par la façon dont il a guidé et orienté les recherches qui ont accompagné la cartographie scientifique. Lancé notamment par l'un des ouvrages fondateurs de la réflexion sur la représentation cartographique, « The look of maps » de R. H. Robinson en 1952, ce paradigme a bénéficié des développements parallèles de la théorie de la communication, initiée par l'ouvrage de Cl. Shannon et W. Weaver en 1949[11], et des techniques de traitement de l'information qui la mirent en pratique progressivement dans les décennies qui suivirent.

9. Par exemple dans « L'Atelier du Peintre », de Jan Vermeer de Delft, vers 1665, analysé par exemple par M.-A. Brayer dans [Brayer, 1995].
10. Cf. [Imhof, 1967]
11. [Shannon, Weaver, 1949]

L'analyse de référence sur ce paradigme est l'article de Ch. Board, « *Cartographic Communication* », dans la revue Cartographica en 1972[12]. L'auteur remarque que rôle de transmission d'information dévolu à la carte est tellement important, premier, que parler de communication cartographique est quelque peu tautologique. Le principe moteur de ce paradigme est bien résumé dans la dernière phrase de cet article :

> If the principles of cartographic communication are to have any real significance for geographers, they should throw light on the nature of map use in geography and lead ultimately to improving map design in order to increase the flow of information on and appreciation of the nature of geographical space.

La compréhension de l'espace géographique ne peut qu'être meilleure si la quantité d'information transmise par les cartes est augmentée par une meilleure conception, en prenant en compte des principes de la communication. Comme le disent C. Cauvin *et al.*, :

> Le cartographe, de producteur / fabricant de carte devient le cartographe communiquant (*Cartographie Thématique*, 2007, T. 1, p. 40)[13].

A.H. Robinson considère quant à lui la cartographie comme une technique visuelle dont la fonction est de communiquer. Il écrit en 1952 :

> Maps in social science as well as its written terminology deal more with the qualitative and interpretive aspects of investigation and knowledge. The vehicles for representing such materials should be capable of recreating in the mind of the reader, so far as possible, precisely the intended intellectual meanings and interpretations of the author. (*The Look of Maps*, 1952, p. 8).

Dans la deuxième édition du manuel de cartographie dont il est l'auteur, A. H. Robinson l'écrit même en toutes lettres :

> [Cartography is] "the conceptual planning and design of the map as a medium for communication or research". (*Elements of Cartography*, 1960[14]).

Ce point de vue fut repris par de nombreux auteurs au début des années 1960, période qui correspond avec la phase de réflexion autour de la constitution de la cartographie en tant que discipline scientifique à part entière (cf. paragraphe suivant). On peut citer dans ce courant l'article majeur d'A Koláčný, « *Cartographic Information a Fundamental Concept and Term in Modern Cartography* »[15], qui contient un schéma de la fonction de communication de la carte qui sera souvent repris par la suite, notamment par Ch. Board lui-même dans l'article cité plus haut (Cf. schéma de la figure n°4, ci-dessous). Des auteurs comme J. L. Morrisson et L. Ratajski[16] emboîtent le pas. En France, A. Moles relie théorie de l'information et communication cartographique dans un article de 1964[17], qui influencera J. Bertin. Dans sa recherche de généralisation et de bases théoriques, la jeune

12. [Board, 1972].
13. [Cauvin *et al.*, 2007], ch. 1, p. 40.
14. [Robinson, 1960].
15. [Kolacny, 1969].
16. [Ratajski, 1973]
17. [Moles, 1964]

science semble vouloir s'équiper des outils conceptuels des sciences de l'information et de la communication, en plein développement, et notamment de ses modèles de fonctionnement.

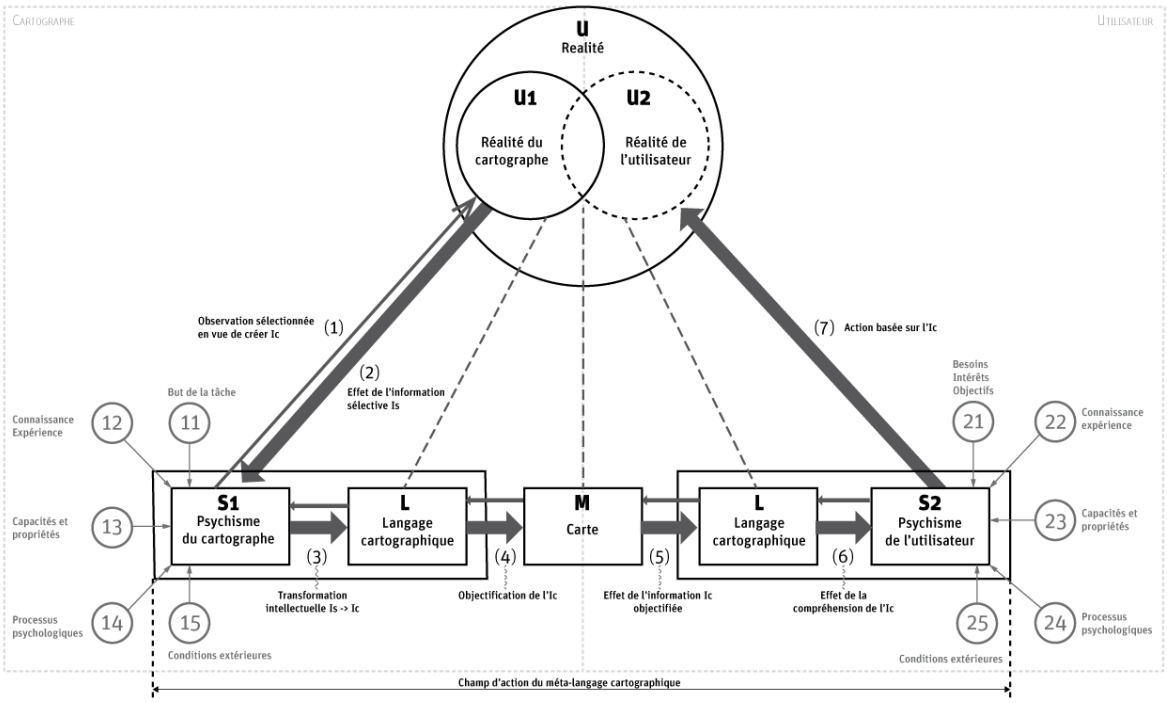


figure n°193 : Modèle de la communication cartographique de Ch. Board (1972), inspiré par le modèle de L. Ratajski.

La carte en tant que support d'information peut s'entendre de deux manières différentes, dont les traductions graphiques vont être assez éloignées, notamment du point de vue de la composition. Premièrement on peut comprendre cette notion de support comme synonyme de lieu de stockage, voire de préservation. Cette idée donne lieu à des cartes dites d'inventaire où le cartographe va essayer de retranscrire le plus d'informations possibles concernant le territoire dessiné, tout en restant lisible. On reconnaît là l'héritage du paradigme de la carte comme mémoire et résumé d'une région, qui s'est prolongé cependant dans les cartes dites de « géographie régionale », en vogue jusqu'aux années 1950. La carte est alors une sorte de résumé graphique des caractéristiques d'une région, démographiques, économiques et naturelles, d'une grande complexité visuelle et dont les légendes, gonflées par le nombre de symboles différents nécessaires, sont parfois plus grandes que le fond de carte lui-même.

Deuxièmement, l'autre forme de conséquence de la prise en compte de la carte en tant que moyen de communication c'est la focalisation sur la simplicité du message, pour le rendre plus facile à comprendre et donc améliorer la communication globale. À l'inverse de l'accumulation c'est donc la réduction qui va être à l'œuvre, l'accent mis sur la clarté et l'articulation des informations. Ce paradigme va en effet ouvrir un large éventail de possibilités pour modéliser le fonctionnement de la lecture de la carte en tant que message. Si la carte est un média, qui est perçu, lu, c'est donc qu'il utilise un langage, une syntaxe,

un style. Le paradigme de la communication est donc aussi celui de la linguistique et de la sémiotique. Or la linguistique est une discipline bien développée, qui possède des outils analytiques puissants, des concepts et des modèles intéressants, que l'on peut tenter de transposer en cartographie. À Koláčný en 1979 utilise l'expression « système de communication », puis explicitement « langage cartographique (système de symboles et de règles pour leur utilisation) ». La sémiotique est de même en plein développement et se crée des institutions comme l'Association Internationale de Sémiotique et la revue *Semiotica*, toutes les deux en 1969. La proximité de l'objet entre la sémiotique linguistique et la sémiotique (carto)graphique ont rapidement produit un déclic chez les cartographes, dont la manifestation la plus célèbre est l'incontournable « *Sémiologie Graphique* » dirigée par J. Bertin, parue en 1967[18]. On s'intéressera spécifiquement à la sémiotique visuelle, naturellement d'une grande importance ici, car elle s'intéresse à l'expression du sens à partir de formes graphiques.

Le paradigme de la communication a été par la suite critiqué sur plusieurs fronts, notamment sur son caractère trop étroit et réducteur. Si sa grande proximité avec la pratique et son opérationnalité ont été des avantages certains, ils ont aussi pu être les sources d'un certain réductionnisme. On parle même des aspects « d'ingénierie » de certains modèles, dans le sens d'un certain mécanisme[19]. En 2005, Alexander J. Kent[20] suppose que c'est la conséquence du modernisme positiviste dans l'approche scientifique, qui a « saturé » les sciences humaines, la géographie et la cartographie, et favorisé le réductionnisme. La compréhension du tout devait commencer par la découverte et l'étude des éléments constitutifs, ce qui résonnait avec la vision de la cartographie comme outil de communication : on pouvait ainsi isoler la fonction élémentaire de transmission d'information de la carte et, plus loin, ses composants les signes graphiques. Cette *ana-lyse*, ce découpage en éléments progressivement plus simples et donc plus accessibles à la compréhension, a provoqué une tendance à la sur-simplification. En cartographie, et plus spécifiquement du point de vue de la composition, cette tendance s'est manifestée par des réalisations plus simples, plus pauvres graphiquement, mettant en avant des représentations peu colorées, stylisées, dont le fond de carte lui-même était fortement généralisé. Le principe plus ou moins formulé étant de supposer une corrélation entre la simplicité de représentation et la facilité de compréhension du « message ». On peut aussi percevoir des échos de ce paradigme dans le mouvement lancé en mathématiques statistiques à propos de la représentation graphique, autour de J. W. Tuckey, W. S. Cleveland et R. McGill, un peu plus tard (fin des années 1970 - début des années 1980[21]). Du point de vue de l'aspect global de la carte, cette tendance va naturellement avoir des effets importants. L'époque est aussi au style fonctionnaliste (en architecture comme en design) et à l'art abstrait.

L'approche linguistique a elle aussi été critiquée, la relation entre une image composée et un texte obéissant aux règles de syntaxe n'étant pas si directe[22]. Cette passerelle vers la linguistique sera évoquée spécifiquement dans le paragraphe 2.8 ci-après.

18. [Bertin, 1967]
19. Ch. Board, 1972, op. cité, p. 48.
20. Cf. [Kent, 2005]
21. Cf. [Tukey, 1977], [Cleveland, Robert, 1984]
22. [Green, Courtis, 1966], cité par Ch. Board.

3. La cartographie comme discipline scientifique

L'appréhension de la cartographie comme science, la recherche de la généralisation et de l'abstraction des concepts, de la constitution d'un corpus, est l'objet de la création et des premiers travaux de l'Association Cartographique Internationale. Créée en 1959 (et dont le premier président n'est autre qu'A. H. Robinson), les sommaires de sa publication, l'Annuaire en témoignent[23]. L'ACI labellise aussi les revues scientifiques qui naissent à cette époque dans le domaine (*Cartographica* et *The Cartographic Journal* en 1964, *Cartography and Geographic Information Science* plus tard en 1974). Sous l'impulsion d'un groupe de chercheurs et de praticiens, issus de l'université, mais aussi de grands éditeurs de cartes comme Esselte, Rand McNally, DGfK, se met en place une recherche coordonnée autour de conférences régulières et de revues dynamiques. Le besoin d'une standardisation des concepts et des formes graphiques, au sens d'une définition commune, et la proximité des outils conceptuels de la théorie de l'information vont en partie expliquer cette structuration. À la source de cette phase internationale et productive de la cartographie scientifique, on peut relever au début du XXème siècle la création d'écoles et d'instituts spécialisés en Suisse (1925, E. Imhof) et en France (E. de Martonne), ainsi que la formalisation d'une branche spécifique des sciences historiques, l'histoire de la cartographie, avec la naissance de la revue *Imago Mundi* en 1925.

Le paradigme de la carte moyen de communication, décrit dans le paragraphe précédent, a amené les chercheurs à porter leurs efforts dans trois domaines : la sémiotique graphique, la psychologie de la perception (ainsi que la cognition), et la formation. Chaque domaine a connu un développement variable selon les scientifiques qui s'y sont exercés, généralement sous la forme d'écoles plus ou moins organisées par pays. Ces domaines de recherche plus définis, focalisés, montrent que la théorie de l'information a surtout apporté un cadre général de réflexion, dans lequel on a pu chercher à appliquer des concepts et des résultats originaux ou empruntés a des disciplines connexes. Dans le domaine de la sémiotique graphique, les réalisations inspirées par les travaux de J. Bertin sont efficaces, rationnelles et leur très grand succès montre bien à la fois leur opérationnalité et leur intérêt conceptuel. La Sémiologie Graphique est aujourd'hui toujours enseignée et pratiquée, étendue et adaptée aux nouveaux moyens et supports. Le domaine de la psychologie de la perception a été très fortement utilisé par les cartographes pendant une période, il sera le sujet du chapitre suivant. Enfin, côté formation, on note la création de cursus de cartographie dans chacun des pays actifs de l'ACI, et le développement liés d'activités de recherche, en propre mais surtout en accompagnement des recherches en géographie.

Mais, à côté du rôle de transport d'information de la carte on trouve assez rapidement dans la littérature le rôle d'outil d'analyse, de synthèse, de recherche géographique et de compréhension de la réalité. Cette fonction est assez tôt mise en avant, dans les années 1970 surtout par une école russe autour de K. A. Salichtchev[24], qui reproche au paradigme de la communication d'être partiel et trop étroit pour une discipline qui a des ambitions scientifiques. Selon ce point de vue, la carte n'est pas qu'un support d'information, ou un canal entre cartographe et lecteur, mais aussi un outil pour le

23. Pour une synthèse plus complète de l'histoire de la cartographie théorique internationale, cf. [Kanakubo, 1990]
24. Cf. [Salichtchev, 1970]

chercheur qui observe la répartition spatiale de phénomènes, la découvre progressivement et souhaite en faire une synthèse fidèle. La carte est alors un outil *exploratoire* de l'espace géographique, avant d'en être un moyen de représentation simplifiée, ce qui correspond assez avec l'usage intuitif qu'en fait le géographe. S. Rimbert, l'une des principales voix françaises en cartographie théorique à l'époque, écrit en 1973 :

> Les géographes disent volontiers considérer les cartes comme leur outil de recherche privilégié. Ce serait même à travers elles que s'affirmerait leur originalité. Cet outil, ils l'utilisent soit en tant que lecteurs, pour procéder à des analyses et à des comparaisons de répartitions spatiales, soit en tant qu'auteurs, pour exprimer différentes étapes de leurs travaux.[25]

Le géographe-cartographe, à la fois auteur et lecteur de cartes (la communication est bouclée), utilise donc la carte selon différents modes, pour différents usages, dont une phase de travail progressif, graduel, sur des répartitions spatiales représentées cartographiquement.

C. Cauvin *et al* datent la reconnaissance de la cartographie en tant que science, et donc la reconnaissance de la cartographie théorique, à 1975 avec le congrès de Vienne[26]. A. H. Robinson et al.[27] placent cette origine à la même date, en citant les travaux de doctorat de J. A. Wolter[28], et considèrent qu'alors la cartographie a acquis alors des outils, des techniques, des méthodologies et des orientations intellectuelles propres. La cartographie se construit par ailleurs une identité professionnelle au travers d'enseignements spécifiques et de formations sur le terrain.

Joel L. Morrison écrit en 1976 un article justement titré « *The science of cartography and its essential processes* »[29] pour l'Annuaire de l'ACI. Cette publication situe clairement la cartographie dans le paradigme de la communication, mais s'est sert pour établir des problématiques et des méthodes dans un large domaine scientifique empruntant à la psychologie cognitive (pour la compréhension de la perception, de l'utilisation et de la conception des cartes) et à la linguistique, la sémiotique, pour considérer la carte comme un langage. Ces thèmes sont naturellement très centraux dans la cartographie théorique, et c'est l'époque où des tentatives de synthèse, de construction cohérente de programmes scientifiques, vont apparaître. Certes la théorie de la communication reste un outil central, mais on cherche alors aussi à le dépasser pour examiner des pistes de recherches qui en découlent, comme la linguistique et la cognition des opérations de conception et de lecture, d'interprétation des cartes.

En France, l'un des ouvrages importants pour le positionnement de la cartographie en tant que discipline scientifique est « *La carte : mode d'emploi* », de R. Brunet, paru en 1987. L'auteur y développe une réflexion foisonnante, abondamment illustrée, sur l'histoire de la

25. [Rimbert, 1973]
26. Au début des années 1970, le positionnement de la cartographie en tant que science à part entière fait l'objet de plusieurs publications en Allemagne et en Autriche, cf. [Meine, 1977]
27. [Robinson, Morrison et Muehrcke, 1977]
28. Mémoire malheureusement non publié, *The emerging discipline of cartography*, Univ. of Minnesota, 1975.
29. [Morrison, 1976]

cartographie, ses rôles et fonctions, notamment à cette période charnière des débuts de l'informatisation plus large des outils du géographe.Le développement des possibilités informatiques va en effet encourager cette approche, en réduisant le temps de dessin/ production de la carte et en rapprochant le chercheur de l'outil d'analyse : à l'aide d'outils spécialisés on peut réaliser des cartes thématiques très simplifiées, inadaptées à la publication, mais suffisantes pour l'observation personnelle de phénomènes spatiaux. On peut voir dans l'essor de la Géomatique et des Systèmes d'Information Géographique une manifestation de l'importance de ce paradigme. Les développements récents et nombreux autour de la cartographie interactive et la géovisualisation en sont une nouvelle preuve directe, la carte étant bien à la fois une représentation qui communique des informations, mais aussi un outil d'analyse (cf. paragraphe 5 ci-après).

On retrouvera R. Brunet dans un développement de ce paradigme du point de vue théorique, avec le concept de chorème, mis au point et développé au début des années 1970[30], mais qui trouvera son apogée dans les années 1980. La chorématique est en fait une modélisation spatiale qui s'exprime par des schémas présentant une forme cartographique simplifiée. La carte est alors plus qu'une simple représentation de l'espace, mais l'expression d'un modèle. La construction graphique devient construction théorique. Sans vouloir entrer ici dans les vives discussions que cet outil / posture théorique a provoqué[31], il est important cependant de relever son importance du point de vue de la fonction de la représentation cartographique. Le schéma cartographique comme modèle théorique n'est naturellement pas né avec les chorèmes, on le retrouve par exemple dans la géographie allemande du début du vingtième siècle avec les places centrales de W. Christaller[32], mais la chorématique est une utilisation moderne de ce type de modélisation graphique, et qui a eu un retentissement important.

Du point de vue de la composition, ce paradigme de la carte comme discipline et outil de recherche a plutôt été contre-productif dans les faits, car il a surtout été caractérisé par des travaux simplificateurs, inductifs plutôt que déductifs, analytiques plutôt que synthétiques. Or la composition est justement la manière d'organiser les éléments en un ensemble cohérent et expressif, manière de voir qui a été largement oubliée dans cette approche. Une des rares voix discordantes semble avoir été celle de J. S. Keates (cf. *supra.* chapitre 1), qui essaye de promouvoir une approche artistique de la science cartographique, malgré les pistes ouvertes lors des premier travaux conceptuels sur l'image cartographique (cf. *infra.* paragraphe 2.7).

L'autre dérive de ce paradigme que l'on a pu constater, c'est la tentation au contraire de réaliser des cartes très complexes graphiquement, pour exprimer la complexité des territoires et des phénomènes qui s'y déroulent (sans oublier de flatter le travail réalisé pour les représenter). On trouve des exemples de ce type de cartes dans certains atlas dont l'aspect synthétique et pédagogique a été placé au second plan.

---

30. On peut considérer que l'article « Organisation de l'espace et cartographie de modèles: les villes du Massif Central », dans le premier numéro de la revue *L'Espace Géographique* en 1972 [Brunet, 1972], constitue les prémices de la chorématique.
31. Cf. le numéro 76 de la revue Hérodote, paru en 1995, consacré à une synthèse (très !) critique de l'influence de la chorématique en géographie.
32. [Christaller, 1933], carte 4.

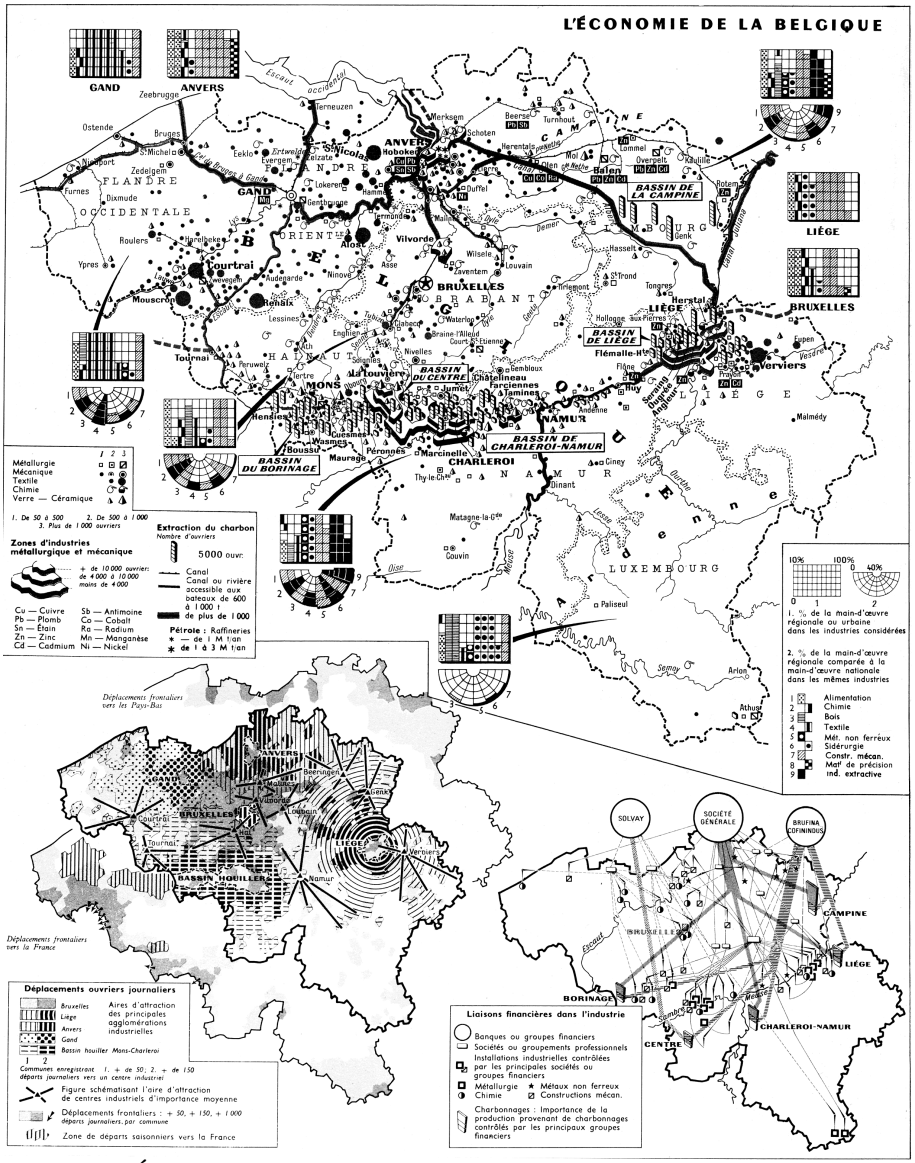


figure n°194 : L'Économie de la Belgique, Grand Larousse Encyclopédique, 1963, cité en exemple par un article du Bulletin du Comité Français de Cartographie, n°2, volume 19, 1964, p. 21.

Cette carte est représentative des productions en géographie régionale des années 1960. Elle a été citée en exemple par le Comité Français de Cartographie, et son auteur développe dans un article de son *Bulletin* les principes de sa réalisation, notamment l'idée de précision, de proximité avec la réalité par « une certaine abondance de détails ». Dans un espace réduit, on communique une grande quantité d'information. Le tour de force est à la fois dans la conception des légendes et la technicité du dessin. Le résultat est très dense, une collection d'informations de référence plutôt qu'un message visuel clair.

Certaines publications à destination d'un public large, mais devant exprimer des travaux complexes (et évoquer la scientificité / technicité du travail) se caractérisent par ce type de carte visuellement complexes et impressionnantes (cf. fig. n°5 et n°6).

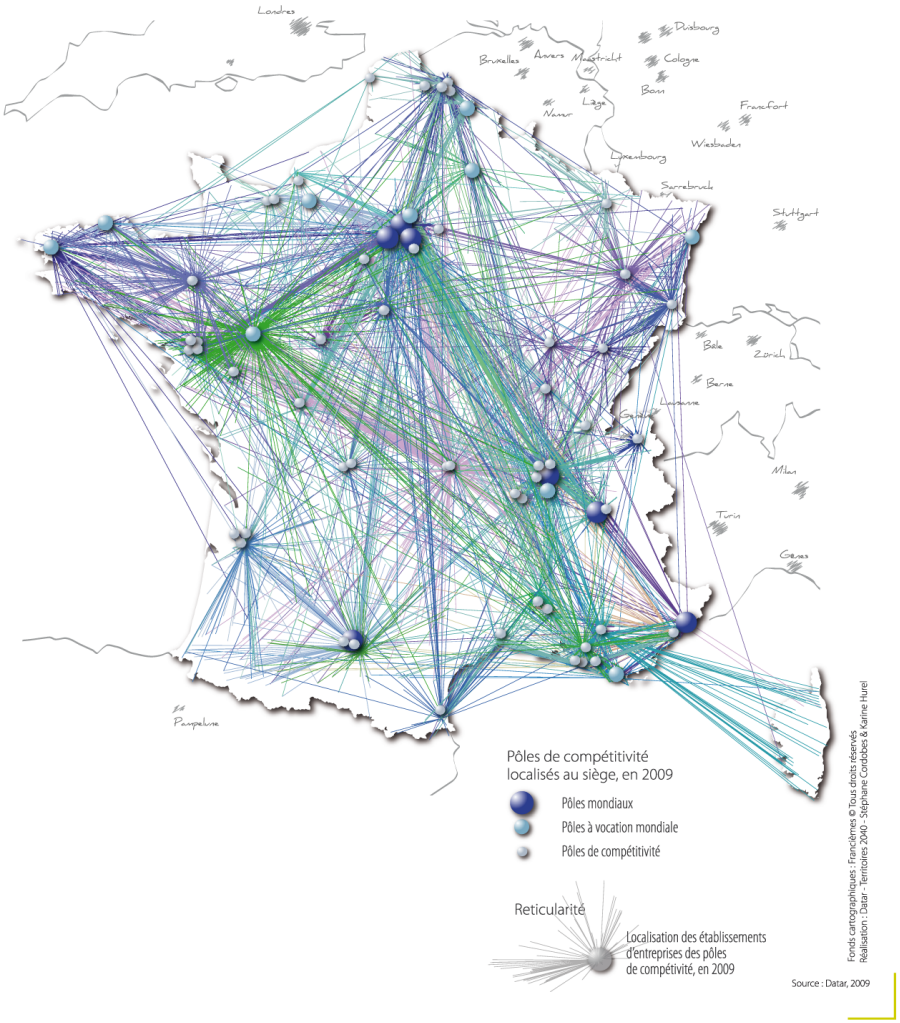


figure n°195 : Les Pôles de compétitivité, S. Cordobes et K. Hurel in Territoires 2040, n°1, p. 16, 2011.

La production d'images cartographiques visuellement complexes se retrouve régulièrement encore de nos jours, ici une carte publiée par la DATAR en 2011, dans une série que l'on commentera plus loin. La complexité visuelle n'a pas vraiment de justification autre qu'esthétique. Par ailleurs, les auteurs présentent leur travail cartographique (dans l'introduction de ce numéro de la revue) en tant qu'approche scientifique spécifique du problème.

La focalisation plus récente sur la rapidité de la production de cartes, voir l'immédiateté nécessitée par l'interaction en temps réel ont là encore encouragé la simplification de la forme graphique. Dans le domaine des SIG et de la géomatique, l'accent est mis sur la modélisation, la structuration et le traitement algorithmique des données plus que sur leur

représentation. Les développements théoriques sont essentiellement du domaine de l'informatique et de la gestion-documentation de l'information, les aspects graphiques et esthétiques hors-sujet. Il suffit d'observer le manque de fonctionnalités de ce type de logiciels pour la cartographique thématique, même quantitative. Comme on l'évoquait dans l'introduction générale, de nombreux géographes se sont inquiétés de ces manques, et de la pauvreté qualitative d'une bonne partie des productions de ce type de logiciels.

4. La carte comme discours de domination et outil de propagande

Lorsque le positivisme scientifique fut progressivement remis en cause (postmodernisme, déconstructivisme de Jacques Derrida), d'autres approches de la cartographie se développèrent, plus critiques. En suivant l'approche d'histoire sociale de Michel Foucault et J. Derrida, J. B. Harley propose une nouvelle façon de percevoir le rôle et l'usage de la carte, en s'intéressant au contexte socio-politique de leur production et de leur usage[33]. La carte n'est pas un objet neutre réalisé objectivement, spécialement dans les périodes historiques ou elle était un quasi-monopole d'État, c'est un instrument qui est utilisé pour acquérir puis contrôler des territoires (découvertes et colonisation) et pour maintenir le *status quo* politique[34].

Dans ce cadre, le cartographe est lui aussi un instrument, sauf s'il est conscient de son rôle et de la puissance des images qu'il produit. Il faut aussi qu'il soit conscient de la méthode de simplification qu'il utilise pour représenter la réalité spatiale, puisque la réduction qu'elle implique doit être raisonnée. Or souvent le cartographe se trouve baigné par une culture, une tradition de production cartographique, voire un style prescrit. Cette approche historique, sociale et finalement éthique du rôle de la carte a eu un fort retentissement, notamment dans les écoles anglo-saxonnes de cartographie qui pouvaient être taxées, à cette époque, d'une trop grande révérence envers une méthodologie moderniste, réductionniste. J. B. Harley a fait de nombreux émules, citons notamment Jeremy Black, Dennis Wood, John Fels et John Krygier.

Pour envisager ce nouveau paradigme sous l'angle de la composition cartographique et de l'aspect général de la carte, qui nous intéressent plus particulièrement ici, on doit noter que J. B. Harley souligne l'importance de la carte en tant qu'image produite, qui véhicule des significations plus ou moins évidentes, conscientes :

- la carte est un document officiel, validé par la puissance d'un territoire, et qui peut avoir valeur de loi ou de règlement opposable (on songe au cadastre) ;
- la carte est la somme de travaux de terrain, d'explorations et de mesures, réalisées par des spécialistes. Elle est issue des meilleures techniques et connaissances scientifiques disponibles au moment de sa réalisation (sous-entendu : elle est unique et vraie) ;

33. L'article le plus représentatif de cette idée est [Harley, 1989], traduit en français dans [Harley, 1995].
34. Pour un aperçu synthétique de ces idées, cf. [Belyea, 1992].

- la carte est une image, un document visuel, qui renvoie, diffuse, une image-métaphore du territoire. La carte est donc en elle-même un symbole visuel du territoire et de son contrôle par une autorité.

Ainsi, on peut tenter l'hypothèse d'une signification non verbale, et potentiellement non consciente ou verbalisée de l'image cartographique, qui serait véhiculée par les formes mêmes de la carte. L'aspect officiel, rigoureux, précis, la qualité d'impression, les mentions concernant la réalisation, la complexité (en contenu informationnel), la taille, etc. sont des facteurs visuels qui peuvent exprimer ces idées chez un public courant. Cette idée sera développée en sémiotique visuelle par plusieurs auteurs, Roland Barthes et le Groupe μ notamment, et nous y consacrerons plus loin le chapitre 4.

5. De la carte à la géovisualisation

En 1977 G. W. Tukey publie « *Exploratory Data Analysis* » ([Tukey, 1977]), apportant les fondements des techniques qui vont avoir des répercussions majeures dans la représentation des données, mais surtout dans leur analyse par le biais de la représentation. J. W. Tukey et ses successeurs (citons notamment W. Cleveland et R. McGill[35]) vont en effet développer l'idée d'une utilisation exploratoire de la représentation graphique, face à des données de plus en plus nombreuses et complexes.

En cartographie, cette approche sera reprise notamment par D. DiBiase et A. MacEachren, pour fonder ce qu'on appelle aujourd'hui la *géovisualisation*, ou visualisation scientifique à composante spatiale. Le point crucial de cette idée est que l'utilisation de la carte comme représentation simplifiée de données géographiques va pouvoir devenir interactive et automatique, grâce à des outils informatiques et à des méthodologies de représentations adaptées. On retrouve le paradigme de la carte comme outil d'analyse évoqué précédemment, mais dans une autre dimension puisque tout une nouvelle série de variables visuelles sont désormais disponibles, liées à l'animation, l'interaction homme-carte et à une représentation en trois dimensions plus vraisemblable.

En liaison avec les techniques qui permettent de stocker et d'analyser/représenter rapidement des données géographiques (SIG), ce domaine a connu un développement rapide, notamment avec les travaux du GeoVista Center de la Penn State University, sous la direction d'A. MacEachren. L'un des manifestes de ce courant est l'ouvrage de J. Ormeling et M-J Kraak, « *Cartography, visualisation of spatial data* »[36], paru en 1997, dont le titre est ambigu : on ne sait pas si la cartographie doit être désormais conçue comme la représentation de données spatiales ou si cette dernière n'en est qu'une partie. C'est la critique qu'on peut faire à cette approche : si dans ses justifications théoriques elle se pose en héritière des approches précédentes et notamment des travaux sur la sémiologie graphique et de la carte-outil, dans les usages et les productions on a souvent à faire à des

35. [Cleveland, Robert, 1984], [Cleveland, McGill, 1985],
36. [Ormeling, Kraak, 1997]

représentations trop simples, fonds de carte nus et juxtapositions de cartes mono-thématiques par exemple.

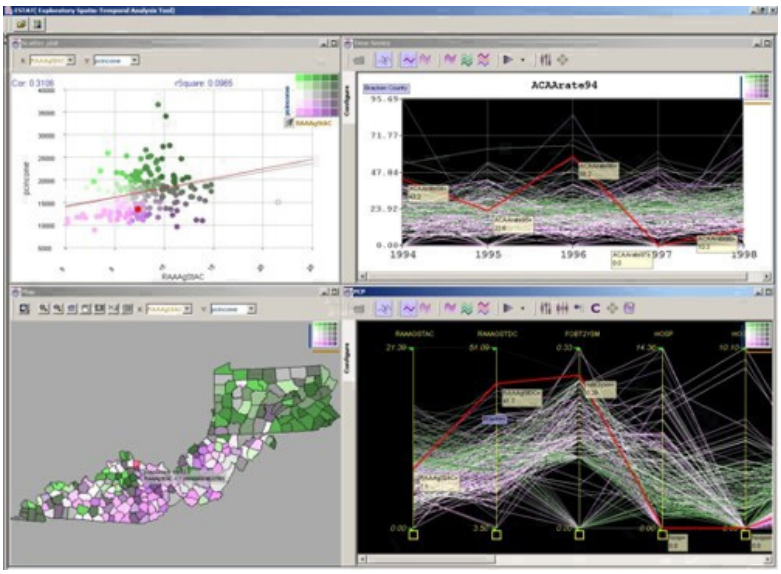


figure n°196 : Copie d'écran du logiciel ESTAT.

La figure n°196 ci-dessus est issue du site Internet présentant le logiciel d'exploration géovisuelle ESTAT, développé au GeoVista Center. Il s'agit bien d'un outil d'exploration interactive des données, pas de conception cartographique. La carte à l'écran est présentée sans les attributs contextuels habituels (titre, repères de localisation, etc.), et ne constitue qu'une façon de présenter l'information parmi d'autres.

La prise en compte de l'aspect général de l'image cartographique, de la composition, par ce paradigme peut être envisagée selon deux approches. Premièrement la géovisualisation revendique une intégration et une adaptation des méthodologies existantes de la représentation cartographique[37]. Dans ce cadre, de nombreuses recherches ont permis l'extension de la sémiologie graphique de J. Bertin, notamment en établissant les modalités de fonctionnement et les limites de nouvelles variables rétiniennes (transparence, 3D, animation, interaction dynamique). Deuxièmement, la géovisualisation manifeste un intérêt important et renouvelé pour la psychologie de la perception et de la cognition, en plaçant l'interface homme-ordinateur au centre de ses travaux. La recherche sur la perception et la compréhension des images, qui poursuit ses progrès avec un développement récent des techniques et des modèles, est de première importance, et il faut que les cartographes les adaptent.

D. R. Montello en 2002[38] en citant A. MacEachren, propose de développer le modèle cognitif de la carte comme moyen d'accès à une image mentale du territoire, partage de

37. Cf. par exemple [MacEachren, 1995] ou [Fabrikant, Skupin, 2005], qui reprennent et étendent les variables visuelles de la sémiologie graphique classique.
38. Cf. [Montello, 2002]

conception cognitives entre cartographe et lecteur. C. Cauvin *et al*. le traduisent sous la forme suivante :

> « La carte en tant que véhicule de communication ne contient pas et ne transmet pas de message aux utilisateurs ; elle stimule les idées et les inférences en interagissant avec leurs croyances et leurs connaissances antérieures. » (C. Cauvin *et al.*, 2007, T.1 p. 11).

On retrouve de nouveau le paradigme de la communication selon la conception d'A. H. Robinson en 1952, avec cette fois un accent mis sur le caractère cognitif de ce partage d'information. Cette idée d'interaction entre d'une part deux acteurs et d'autre part un objet concret et des idées, encourage à une meilleure connaissance des pratiques nouvelles d'interaction et nous mène au paradigme suivant.

6. La carte comme lieu d'interaction et de participation

Les technologies récentes ont étendu le contexte de la conception de la carte, essentiellement selon deux axes. Tout d'abord, les outils de *géolocalisation* mobile ont permis la création de données spatiales directement sur le terrain (GPS, terminaux mobiles, téléphones portables, etc.) La carte peut ainsi être conçue et produite quasi automatiquement, voir même inconsciemment (!), par l'agrégation de ces sources directes et l'alimentation d'une base de données centralisée. Ensuite, cette carte peut être, en retour, mise à disposition de ces mêmes utilisateurs pour servir d'aide à la localisation et à la navigation sur le terrain, ou plus simplement de support de partage d'information géographique. Il s'agit d'un côté de pouvoir bénéficier d'une information spatialisée adaptée à sa localisation, sans que l'utilisateur ait spécialement conscience de créer de l'information spatiale et d'en recevoir en retour (ni de concevoir une carte), et de l'autre de construire des cartographies participatives pour constituer progressivement des références spatiales communes ou échanger et agir en s'aidant de ces informations. Ce nouvel état de la carte est rendu possible par la multiplication des terminaux géolocalisés comme les téléphones mobiles GPS et par les possibilités d'échanges de données et de cartographie sur Internet. Les recherches à ce sujet sont actuellement en plein développement, ces usages étant novateurs et les résultats assez directement applicables à une demande sociale croissante[39].

La carte devient ainsi un outil de navigation interactif, immédiat et contextuel, adapté précisément à l'utilisateur. Cela suppose la disposition de fonds de carte référentiels (rues, routes, bâtiments, services, etc.) et la mise au point d'algorithmes pour adapter ces références à la localisation et aux besoins de l'utilisateur, de manière complètement automatisée, sortes de recettes qui essayent de prévoir la conception cartographique à l'avance, selon les données disponibles et le fond nécessaire (dictés par la localisation).

39. Cf. [Roche, 2000].

Du point de vue de la composition, la carte doit être adaptée au support (écran de petite taille, de contraste potentiellement faible en plein soleil) et à un usage utilitaire assez précisément défini, où les informations spatiales sont filtrées, sélectionnées, et représentées de manière à être très rapidement lisibles. La carte n'est plus un inventaire précis et fixe des ressources d'un territoire, mais un affichage temporaire de certaines informations utiles dans un rayon de distance variable autour d'un point précis, ou d'un itinéraire. Les recherches en ergonomie, notamment celles qui ont concerné la lisibilité des cadrans et affichages, sont réemployées.

Le recueil décentralisé d'informations spatiales peut aussi revêtir la forme de la construction participative d'ensembles de données spatiales et de cartes. L'exemple le plus frappant d'une telle construction est le projet OpenStreetMap[40], qui consiste en une carte participative établie à partir de la mise en commun d'informations spatiales issues d'outils de géolocalisation individuels (plus l'intégration de diverses sources libres de données cartographiques). Ces myriades de sources sont bien sur filtrées et calibrées pour une intégration optimale, et le résultat est aujourd'hui d'un tel niveau de qualité qu'il constitue la carte de référence de nombreux services sur Internet. La participation des utilisateurs à la constitution d'informations par le biais d'un site Internet centralisateur a même été considérée un moment comme un nouveau paradigme du réseau, le « Web 2.0 ».

Ainsi, au lieu d'avoir un cartographe, sa production transitoire et des lecteurs, nous avons des cartographes-utilisateurs, coordonnés et dont le travail est intégré en partie automatiquement par des règles de traitement pré-établies. L'exemple d'OpenStreetMap est marquant car il s'agit de la constitution des fonds cartographiques de référence, mais ce principe d'alimentation participative d'une base de données spatialisée est utilisé dans bien d'autres cas, par exemple pour le repérage spatial de certaines ressources (inventaires écologiques dans les Parcs Naturels), suivi de flottes de transport en commun, etc. Les chercheurs qui s'intéressent à ces nouvelles pratiques parlent, pour certains, de « Cartographie 2.0 »[41].

7. La carte comme image, œuvre graphique

Avec le développement de l'approche scientifique de la carte, et l'utilisation de paradigmes relevant du positivisme, souvent réductionnistes, on a perdu de vue l'idée que la carte était avant tout une image. On développera ce point dans le chapitre trois et les suivants, car il correspond à un tournant dans l'évolution des idées en psychologie de la perception. Mais, du point de vue de l'épistémologie de la cartographie, il faut noter qu'entre 1975 et 1980 se développe une remise en cause des approches empiriques réductionnistes (liées à la psychologie expérimentale de la perception de formes simples), notamment sous l'impulsion de Barbara Petchenik. Dans une contribution à la deuxième

40. Cf. http://www.openstreetmap.org/

41. Cf. les travaux de S. Roche de l'Université de Laval au Québec, et notamment pour une synthèse récente en français, [Mericskay, Roche, 2010]

conférence « *Autocarto* » en 1975[42], elle développe une réflexion pour une approche cognitive de la cartographie, en opposition à une approche *béhavioriste empiriste* qui n'a pas apporté beaucoup à la question centrale de la lecture de la carte. Elle propose de suivre le nouveau courant de la psychologie cognitive. Ce courant replace les processus mentaux et cognitifs au centre de la problématique et utilise une approche globalisante. En cartographie cela revient donc à s'intéresser à l'image globale de la carte, sa perception et sa lecture en tant que totalité, plutôt que d'étudier les performances de formes graphiques élémentaire isolées. B. Petchenik n'y intègre pas d'allusion à l'art, qu'elle évoque cependant implicitement en citant l'ouvrage de Rudolf Arnheim, « *Art and visual perception* »[43], dans lequel l'auteur propose une théorie de la pensée visuelle, sur laquelle nous reviendrons dans les chapitres suivants. Percevoir une image c'est aussi réfléchir, raisonner, penser visuellement en partie sur la base d'intuitions. Cette idée a été exprimée avec force par R. Arnheim dès les années 1950, bien avant qu'elle ne soit peu à peu étayée par les découvertes en psychologie cognitive.

Dans un article légèrement ultérieur[44], B. Petchenik considère en outre que l'aspect de la carte a évolué avec le développement de la carte thématique, qui apporte le moyen de visualiser des phénomènes abstraits, non perceptibles, voire des idées :

> Parce que la carte devient l'image première, non plus une simple façon de représenter une autre réalité visuelle, *la manière* avec laquelle les données sont représentées ont désormais une bien plus grande importance qu'elle n'en a jamais eu pour les cartes d'inventaire. (italiques ajoutés).

B. Petchenik souligne que cet éloignement de la réalité tangible rend d'autant plus difficile la mesure de la lisibilité de la carte thématique, car cela fait naitre des problèmes de conception graphique différents et rend plus difficile la conception de cartes produisant des impressions visuelles correctes. Ce concept d'impression visuelle est important, car il correspond à un moment premier de la lecture de la carte et est fortement dépendant de l'aspect visuel général, donc de la composition. Il évoque aussi l'idée que la perception d'une image cartographique n'est pas un acte complètement rationnel et conscient, il se base aussi sur des impressions, des intuitions, des sensations moins bien définies. Enfin ces impressions sont forcément subjectives, difficiles à partager et à prendre en compte dans la recherche. On notera aussi au passage l'idée intéressante que la proximité visuelle, la ressemblance, entre la carte et le territoire qu'elle représente est donc considéré comme un gage de lisibilité, ce qui est une claire indication de l'importance de la composition graphique.

B. Petchenik établit un parallèle entre ces impressions à la lecture d'une carte et le processus synthétique de sa conception, qui, avec l'expérience, tient plus de l'intuition esthétique que d'une réflexion rationnelle et argumentée. Elle cite G. Vickers[45] qui évoque la multiplicité des conceptions graphiques possibles, étant donnés les moyens graphiques a disposition et les innovations en cours dans ce domaine. Le concepteur doit donc réaliser

42. [Petechnik, 1975]
43. [Arnheim, 1954]
44. [Petchenik, 1983], p. 44.
45. [Vickers, 1979]

une synthèse qui sera jugée selon de multiples critères par un public varié. Le principe directeur est alors de produire une image qui ne soit pas un trop grand échec visuel, dont les formes graphiques seront cohérentes, plutôt que de viser la perfection universelle. on se rapproche de l'idée de *design*, c'est-à-dire de conception, mais dans le sens de la production d'un objet à la fois utile, adapté à sa fonction et agréable à utiliser. On s'intéressera spécifiquement à ce domaine du *design graphique* dans le chapitre 8.

Ce rapprochement entre carte et image, puis entre carte et art, s'il a fait partie de la description même de la cartographie dès les premières définitions scientifiques (cf. *supra.*, ch. 1), a relativement peu été exploré par les chercheurs, lorsqu'on compare ce paradigme avec les approches plus rationalistes évoquées jusqu'ici. Ce point a été développé précédemment au chapitre 1, au sens où ce manque constitue un argument en faveur des présents travaux. On rappellera simplement le constat de la complémentarité entre l'approche scientifique rationnelle et l'approche artistique ou esthétique, et l'appel à recherche en ce sens lancé par C. Cauvin et al. en 2007[46]. Cependant, il semble que les développements de J. S. Keates et de ses successeurs dans ce domaine aient été sous-estimés, voire oubliés. Certes, C. Cauvin et al. présentent l'approche artistique comme potentiellement utile car des points de recoupement avec l'approche réductionniste scientifique[47] existent, sur certains problèmes réduits : couleur, lumière. Mais cette idée n'est pas reprise par la suite dans la série d'ouvrages sur la carte thématique.

C'est précisément à cet endroit que l'on peut argumenter que l'approche artistique apporte une réelle complémentarité, en étudiant l'image globale de façon synthétique, déductive plutôt qu'inductive et décomposée en éléments isolés, déconnectés. La réduction de l'art à un moyen de rendre une carte « agréable à regarder et attractive » (p. 45) semble alors assez mince en regard de tout ce que peuvent nous apprendre l'histoire de l'art, l'esthétique, la théorie de l'art et le design graphique.

8. La carte comme langage

Le paradigme de la carte comme media de communication a, comme évoqué plus haut (cf. § 2.2), encouragé une approche de la carte en termes de véhicule d'information par le moyen de représentations, selon des formes particulières que de nombreux auteurs ont essayé de rapprocher du langage. En effet, si la carte transmet des idées, ou plutôt les évoque, les provoque, les déclenche dans l'esprit du lecteur, elle agit comme un langage parlé ou écrit, qui, lui, évoque des idées par le biais de sons et de mots.

46. [Cauvin *et al.*, 2007], p. 45.
47. inductive et réductionniste, en « découpant un problème en éléments plus aisés à appréhender en s'appuyant sur l'hypothèse que l'image globale deviendra plus claire… » (p. 45)

Une célèbre citation du géographe américain C. Sauer fait même de la cartographie le langage universel de la géographie :

> Show me a geographer who does not need them constantly and want them about him, and I shall have my doubts as to whether he has made the right choice of life [...] Maps break down our inhibitions, stimulate our glands, stir our imagination, loosen our tongues. The map speaks across the barriers of language; it is sometimes claimed as the language of geography[48].

Au début des années 1970 cette métaphore est examinée au sens propre. Cette période voit peut-être pour la première fois exprimée cette notion de « langage cartographique » dans un article de U. Freitag de 1971[49], basé sur les modèles de Ratajski et Kolačny de 1966-1967. Cet article, selon Ch. Board, est particulièrement important du point de vue de la notion de langage cartographique car il est le premier à étudier la carte selon les concepts de la linguistique, avec notamment la distinction des éléments syntaxiques, pragmatiques et sémantiques. La sémiotique fait son apparition comme moyen d'étude, en parallèle au développement de ses aspects visuels au travers de la sémiologie graphique de J. Bertin.

On peut noter avec Ch. Board qu'un parallèle peut être fait entre les champs linguistiques et la théorie cartographique :

- la pragmatique est l'étude des relations entre les signes et leurs utilisateurs ;
- la sémantique est l'étude des relations entre les signes et leurs référents, donc entre les symboles d'une carte et les phénomènes géographiques qu'ils représentent ;
- enfin la syntaxe, qui est l'étude des relations entre les signes eux-mêmes, qui peuvent aller de simples règles de dessin (placement des libellés, ordre de superposition, etc.) à des relations d'assemblage qui évoquent directement le concept de composition.

48. [Sauer, 1956], cité notamment par [Robinson, 1978]
49. [Freitag, 1971], cité par [Board, 1972], p. 52, cf. figure n°8.

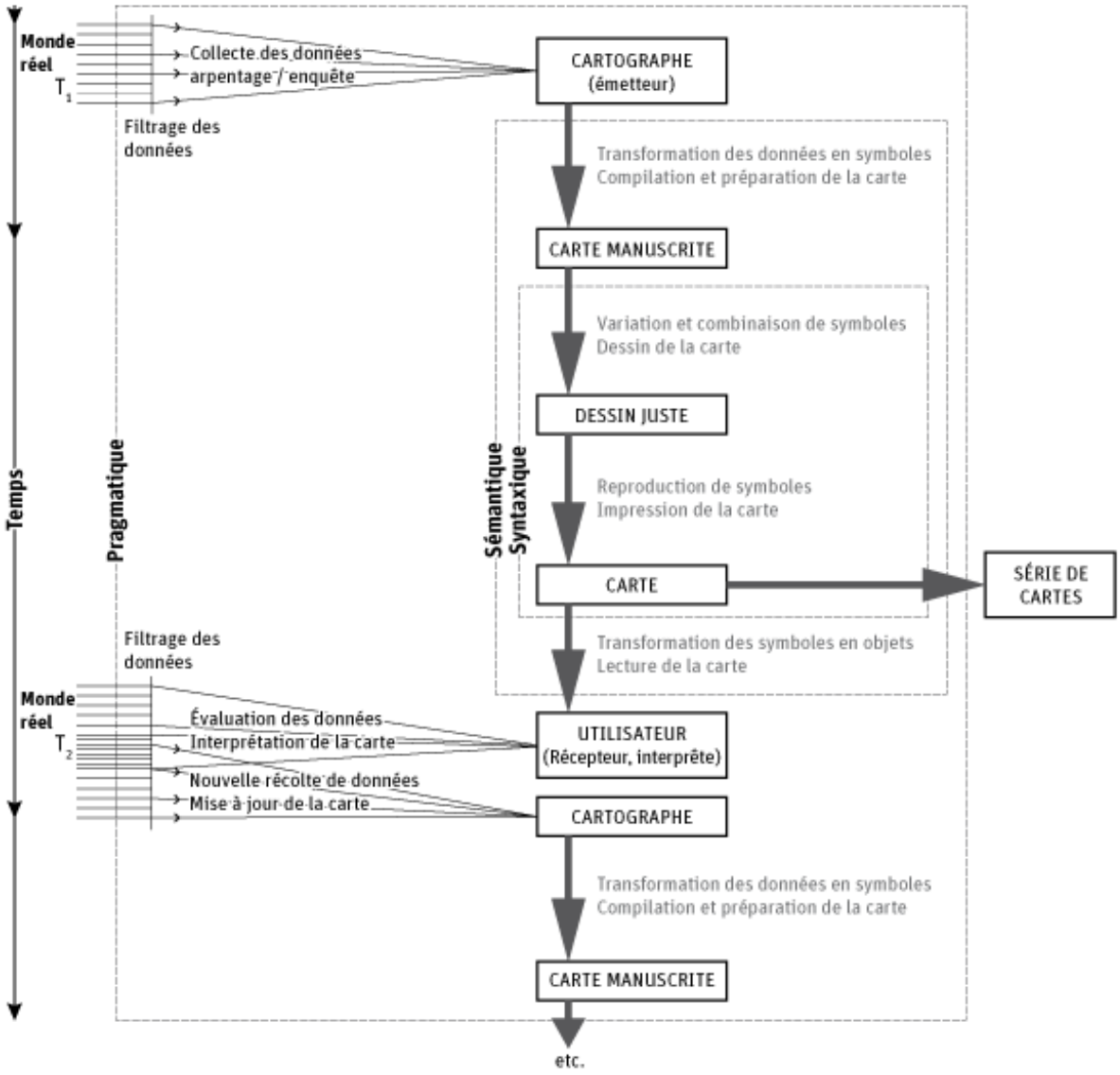


figure n°197 : Modèle de U. Freitag, repris par Ch. Board (1972).

Le champ de la sémiotique, en plein essor à cette époque lui aussi, s'intéresse à la façon dont les formes graphiques des cartes prennent sens. Un exemple très intéressant est l'article que Ch. Metz publie en 1971[50] à propos de la sémiologie graphique de J. Bertin. Ch. Metz est un collègue de J. Bertin à l'École Pratique des Hautes Études, mais surtout l'un des théoriciens majeurs de la sémiotique, particulièrement de la sémiotique visuelle et du cinéma. Ce long texte est laudateur, notamment de l'effort analytique et de l'utilité de l'ouvrage de J. Bertin pour la conception de représentations graphiques, assemblant et ordonnant « *beaucoup d'éléments précis en un système consistant.* » L'auteur conclut en appréciant l'application de la connaissance sémiotique à un domaine nouveau et particulièrement adapté, même s'il est assez technique et par là même refermé sur lui-même. Le code de la sémiologie graphique est en effet essentiellement artificiel, normalisé, et les autres codes, sociaux, culturels pris en compte par la sémiologie générale ne sont pas

50. [Metz, 1971]

utilisés. D'un point de vue pratique, ce texte établit une relation claire entre *Sémiologie Graphique* et théorie sémiotique, en traduisant les concepts de l'une dans le vocabulaire de l'autre, par exemple d'*information*, au sens bertinien, vers *plan des signifiés*, et de *représentation graphique* vers *plan des signifiants*. Ces passerelles seront utiles dans le chapitre 4 *infra.*, lorsque l'on s'intéressera plus précisément aux concepts et méthodes de la sémiotique que l'on peut mettre en œuvre lorsqu'on s'intéresse à la composition.

En 1975, B. Petchenik[51], développe ce rapprochement avec la linguistique et le justifie par les liens existants entre psychologie cognitive naissante et compréhension des mécanismes de l'acquisition de sens dans le langage. On relèvera notamment ici l'idée que le sens est issu d'une perception totale, globale, et non de la simple somme des décryptages des particules élémentaires composant une phrase, lettres et mots. C'est la position respective des signes sur la carte qui va faire émerger le sens géographique, et la capacité de ces signes à représenter correctement leur référent[52], malgré leur simplification et leur forme graphique qui peut évoquer plusieurs sens en même temps (un signe abstrait comme une étoile ou un cercle pourra évoquer différentes réalités, alors qu'un signe figuratif comme un arbre sera plus restreint dans son expression). L'année suivante, en 1976, B. Petchenik publie avec A. H. Robinson un ouvrage qui va affirmer le paradigme de la communication et creuser plus avant la relation au langage (sans toutefois y souscrire complètement) : « *The Nature of Maps* »[53]. On y trouve aussi de nouveaux arguments pour une prise en compte globale de la carte, par exemple avec cette citation de la philosophe S. K. Langer[54] :

> The meanings of all other symbolic elements that compose a larger, articulate symbol [such a map] are understood only though the meaning of the whole, through their relations within the total structure. Their very functioning as symbols depends on the fact that they are involved in a simultaneous, integral presentation.

Toujours en 1976 J. M. Olson, propose dans un texte pour la revue *Cartographica*[55] une approche de la lecture des cartes qui utilise des concepts sémiotiques et décompose l'usage d'une carte en opérations de différents niveaux de complexité.
Selon cet auteur, une amélioration de la communication cartographique doit passer par deux voies distinctes : une meilleure conception d'un côté et une formation des utilisateurs de cartes de l'autre. Une carte performante est une carte dans laquelle les tâches de lecture se déroulent sans gêne : les opérations simples de comparaison de signes, mais aussi les activités plus complexes de perception de l'organisation générale des signes sur la cartes et de mise en relation entre signes graphiques et leurs référents dans le monde réel. L'amélioration de la formation des lecteurs de cartes doit permettre une plus grande facilité de comparaison des signes, l'amélioration de la conception une plus grande facilité à intégrer ces signes en groupes et en motifs, puis les relier au réel. Ce texte présente aussi l'idée de *niveaux de lecture* de la carte, qui est un assemblage d'éléments que l'on doit percevoir d'abord à un niveau général. Cette façon de structurer la lecture d'une carte met

51. [Petechnik, 1975], *op. cit.*
52. En sémiotique, le concept de référent correspond à l'objet du monde réel auquel renvoie le signe, par exemple la ville dont le symbole est un cercle noir sur la carte.
53. [Robinson, Petchenik, 1976]
54. [Langer, 1951]
55. [Olson, 1976]

donc en avant l'idée qu'une carte est un assemblage (un syntagme, une composition) de signes qui lui-même a un sens et que l'ont doit pouvoir facilement relier aux éléments géographiques représentés. La capacité de comparer deux symboles donnés d'une carte, pour les assembler ou les hiérarchiser, est une opération de base de la lecture cartographique, mais des opérations plus complexes et plus importantes du point de vue de la qualité de l'information transmise interviennent ensuite en assemblant ces comparaisons de symboles en groupes différemment répartis.

L'un des textes qui explore le plus profondément le paradigme de la carte comme langage, invitant à l'utilisation des méthodes et les concepts de la linguistique, est certainement l'article de C. G. Head pour la revue Cartographica en 1984[56]. L'auteur reprend l'idée des niveaux de lecture pour dépasser l'absence apparente de contrepartie cartographique au concept de syntaxe existant en linguistique relevée par Robinson et Petchenik dans « *The Nature of Maps* » (et ce, malgré sa prise en compte par Ch. Board dans l'article de 1972 cité plus haut) : si, à un niveau de surface, on ne perçoit pas d'organisation syntaxique des éléments d'une carte, cet assemblage peut se trouver au niveau des signifiés, un niveau plus profond, conceptuel, qui regroupe non plus les formes graphiques de la carte, mais leurs significations. Les formes graphiques peuvent varier d'une carte à l'autre, d'un cartographe à l'autre, mais les phénomènes représentés et les idées exprimées peuvent être les mêmes. C. G. Head fait aussi la relation avec les deux types de cartes dégagés par B. Petchenik puis J. Bertin : les cartes à lire, de référence, de *niveau élémentaire*, et les cartes à voir, de *niveau d'ensemble*, qui permettent de comprendre une répartition spatiale. L'auteur évoque enfin la relation entre ce niveau profond de signification et les schémas psychologiques de perception-compréhension (*schematas*), que l'on retrouvera au chapitre suivant consacré justement à ces questions.

Ainsi, le statut de l'objet carte a évolué au fil du temps, de ses usages, et de la façon dont la science s'y intéressait. D'outil de navigation à moyen de communication, de discours à œuvre d'art, d'instrument à discipline scientifique, la carte possède un riche patrimoine épistémologique. Cette richesse est aussi l'indice de nombreux travaux scientifiques, approches, concepts, résultats, que nous pourrons utiliser dans les développements à venir. Les différents paradigmes envisagés ont en effet des résonances certaines avec la problématique du présent travail, et on pourra tirer de ce patrimoine des pistes d'approfondissement et d'articulation des idées.

56. [Head, 1984]

Annexe 2
Présentation des services Internet et de leur fonctionnement

Outils de visualisation de la complexité

Les outils logiciels présentés au chapitre huit ont été développés en langage C++ en utilisant certaines bibliothèques de fonctions libres, comme OpenCV[57]. Ils sont compilables sur les plates-formes les plus courantes et seront sous peu disponibles sous la forme de logiciels téléchargeables (et de code source C++ sous licence CeCILL). L'algorithme de SignatureMap n'est pas encore disponible sous la forme de fonctions en C++, mais il a été publié en tant que macro *open-source* pour le logiciel MatLab[58].

Pour une plus grande simplicité d'utilisation, on a adapté et proposé ces outils sous plusieurs formes. Premièrement, des services Internet (ou *webservices*) d'accès libre, c'est-à-dire de programmes installés sur un serveur. Leur utilisation ne requiert donc aucune installation, il suffit de pointer un navigateur Internet sur leur adresse pour accéder à une interface utilisateur. Cette dernière a été conçue pour faciliter l'envoi d'images et le paramétrage des outils à l'aide de formulaires, et la récupération des images-résultats. Cependant, pour préserver le serveur de surcharges (par des accès automatiques robotisés par exemple), un identifiant et un mot de passe sont demandés pour utiliser ces services : il s'agit dans les deux cas du nom de la dix-huitième lettre de l'alphabet grec, correspondant au son "S".

- Quadtrees : http://www.geotests.net/test/quadtrees/
- Taux de compression DCT et la saillance SUN : http://www.geotests.net/test/cdct/
- Analyse de saillance iNVT : http://www.geotests.net/test/invt/

Deuxième moyen disponible pour l'utilisation d'une partie des outils : une application en ligne de commande pour Windows, disponible au téléchargement à l'adresse suivante :

- http://www.geotests.net/cours/sigma/conception_graphique/2012/c&s_win32.zip

57 http://opencv.willowgarage.com/wiki/ (visité le 4 avril 2011).

58. Le code source de l'algorithme est disponible sur une page Internet créée par J. Harel à l'adresse suivante : http://www.klab.caltech.edu/~harel/share/gbvs.php/

Outils de visualisation des proportions et des relations colorées

Les différents outils présentés au chapitre neuf sont des propositions, une première version, qu'il reste à tester auprès d'utilisateurs et dans des contextes variés. L'intérêt pour la pédagogie de la cartographie thématique semble être possible, dans une approche descriptive de cartes présentant des caractéristiques originales du point de vue méthodologique ou esthétique. L'enseignement des techniques de choix des couleurs pour un dégradé ou un camaïeu pourra être facilité par la présentation d'exemples utilisant ces instruments de visualisation.

Pour rendre ces outils accessibles, leur développement a été réalisé en utilisant les possibilités nouvelles offertes par le standard Internet HTML5 et le langage de programmation Javascript. En effet, grâce à cette technique, la plate-forme d'exécution des applications est un navigateur Internet, ce qui possède plusieurs avantages :

- l'absence d'installation, l'application fonctionne immédiatement ;
- des besoins réduits en espace de stockage ;
- l'accès à un très grand nombre de systèmes d'exploitation (Windows, MacOSX, Linux) et de types de machines (ordinateurs, tablettes, *smartphones*) ;
- la distribution et la visualisation directes du code source.

Les outils dont sont tirées les analyses graphiques présentées dans ce chapitre sont disponibles directement sous la forme de pages HTML, dans une version fonctionnelle, mais dont l'interface graphique est encore à améliorer :

- **http://www.geotests.net/couleurs/histogrammes.html**
  - Histogrammes TSL
  - Cercle chromatique TSL par symboles proportionnels
  - Cylindre chromatique TSL 3D

- **http://www.geotests.net/couleurs/complementaires.html**
  - Visualisation de la répartition spatiale d'une couleur
  - Visualisation de la répartition spatiale de couleurs complémentaires

Une rapide enquête en ligne auprès des utilisateurs de ces outils sollicités pour un court questionnaire a permis de valider le principe d'analyse. L'interface, l'assistance à l'utilisateur sont encore très peu adaptées à un public découvrant ce type d'analyse, car il s'agit encore de prototypes. C'est donc sur ces points que le travail devra porter ensuite, en vue d'une utilisation pédagogique notamment.

Annexe 3
Enquête cartographie et esthétique

Synthèse et commentaires des résultats

1- Présentation générale

- Enquête en ligne diffusée entre le 11 janvier et le 16 février 2013.
  http ://carto.limequery.net/index.php/577591
- Diffusion : forums de cartographie et de géomatique, listes de messagerie électronique de géographie, géomatique, archéologie.
- Nombre total de réponses : 1515
- Nombre de réponses complètes : 820
- Nombre de réponses partielles : 695
- Nombre de réponses utilisées dans cette synthèse : 857

2- Réponses totales (en %)

a- Questions générales (réponses obligatoires)

G1 - Langue	**Anglais**	**Français**
	4,4	95,6

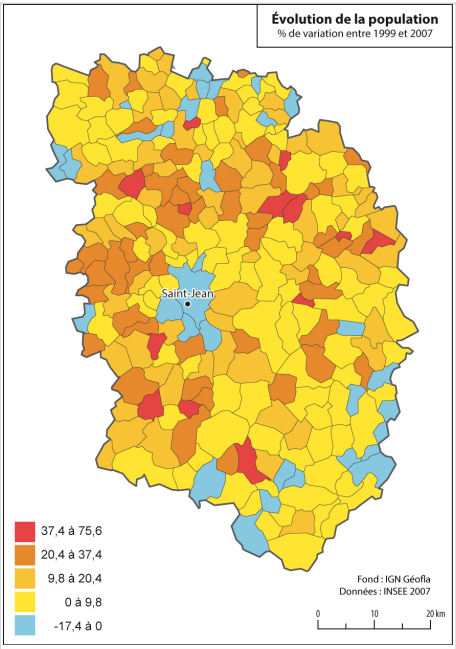
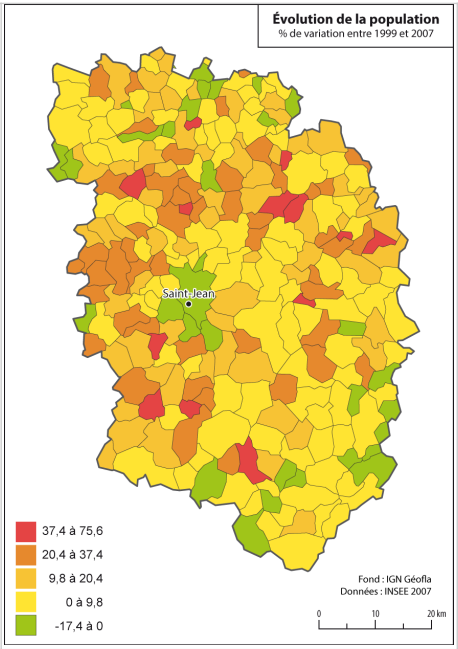
G2 - Votre expérience de la cartographie thématique ?	**Oui**	**Non**
Utilisation de temps en temps de cartes thématiques.	31,0	69,0
Utilisation régulière de cartes thématiques.	55,5	44,5
Conception de cartes thématiques (préparation, brouillons).	66,4	33,6
Réalisation de cartes thématiques (dessin, mise en forme).	69,1	30,9
Édition des cartes thématiques (iconographie d'édition).	26,4	73,6
Enseignement de la cartographie thématique (tous niveaux).	26,8	73,2
Votre domaine de recherche comprend la cartographie.	36,3	63,7
Autre type de relation à la carte (précisez svp.)	9,9	90,1

G3 - Si vous concevez / réalisez des cartes thématiques, dans quel cadre ?	**Oui**	**Non**
Des exercices dans le cadre de votre formation	21,7	78,3
La rédaction d'un rapport de stage ou mémoire universitaire	22,5	77,5
Des travaux de recherche scientifique	46,0	54,0
Une activité d'études (agence d'urbanisme, BE, collectivité...)	38,9	61,1
L'édition de revues ou d'ouvrages	15,6	84,4
La production de matériel pédagogique	25,7	74,3
Autre (précisez svp)	9,8	90,2

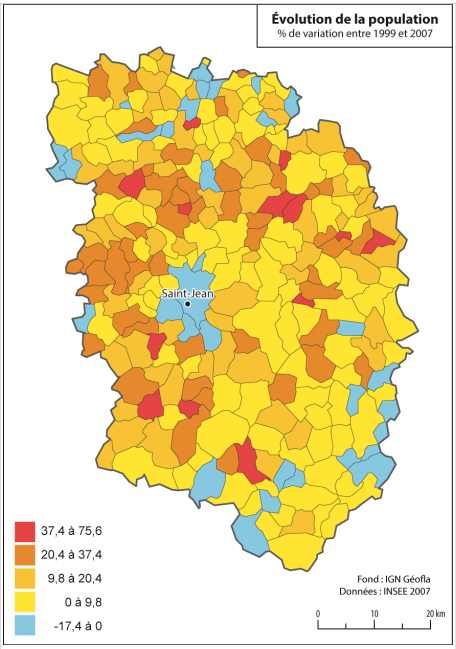
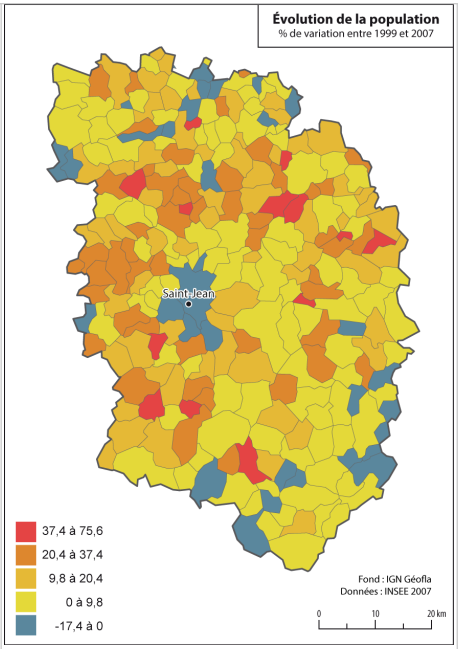
G4 - Votre appréciation de la relation entre cartographie et esthétique	Tout à fait d'accord	D'accord	Ni l'un, ni l'autre	Pas d'accord	Pas du tout d'accord	Non réponse
Une carte doit avant tout être facilement lisible, compréhensible.	17,5	2,6	0,7	0,8	0,0	78,4
La bonne application de la méthodologie (sémiologie...) aboutit toujours à une carte agréable à lire.	15,3	31,7	25,8	24,5	2,6	0,1
Une carte visuellement simple est plus lisible et plus efficace.	33,1	46,9	13,0	6,0	0,6	0,5
Une carte esthétiquement recherchée retient mieux l'attention.	21,5	46,6	21,5	9,0	1,1	0,5
Les cartes trop originales graphiquement sont perturbantes et au final moins efficaces.	10,0	37,7	31,6	17,5	2,6	0,6
Les camaïeux de couleurs novateurs ne gênent pas la lecture de la carte.	5,0	25,0	44,6	22,1	2,9	0,5
Les cartes thématiques courantes (manuels, presse) sont souvent trop fades, répétitives dans leur forme.	12,7	39,3	29,5	16,6	1,4	0,5
Une carte agréable à lire est toujours plus efficace.	47,3	38,6	7,9	5,3	0,6	0,4

b- Questions sur la couleur (facultatives)

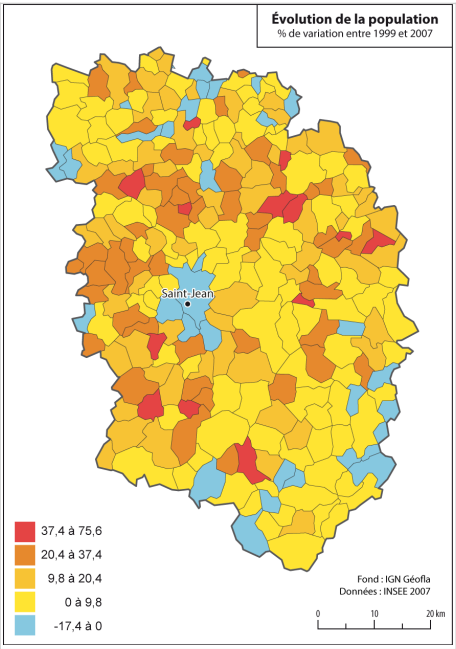
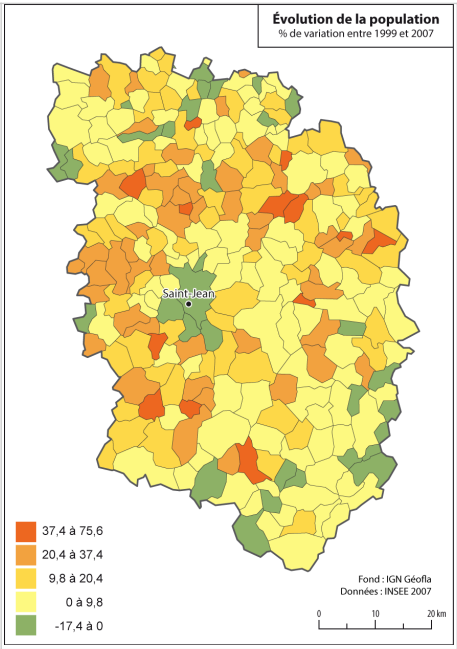
▶ C1

			Non réponse
Efficace :	72,1	17,9	10,0
Agréable :	32,1	54,5	13,4

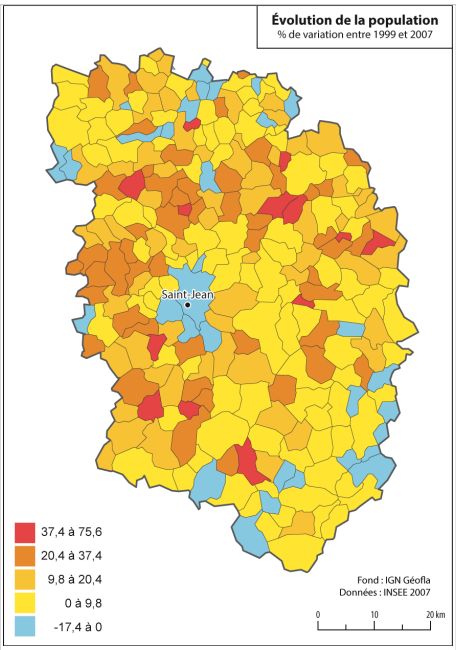
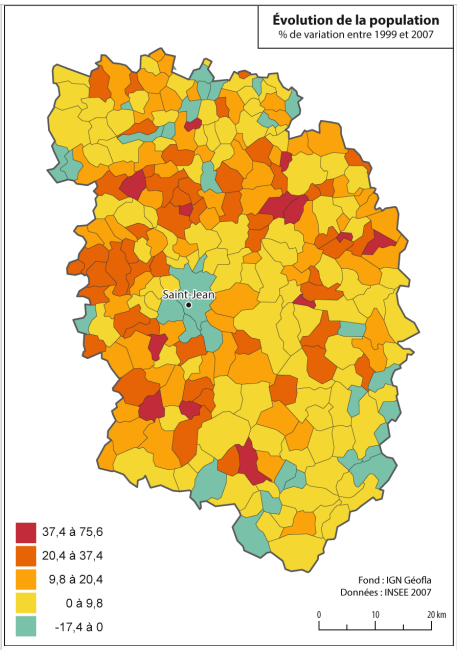
▶ C2

			Non réponse
Efficace :	69,0	18,1	13,0
Agréable :	62,9	25,6	11,6

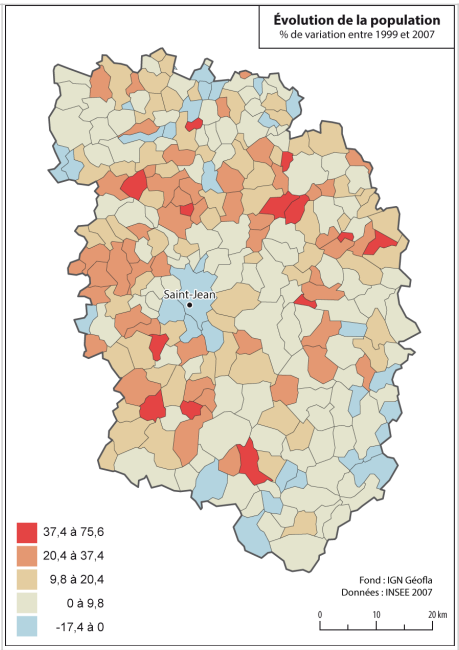
▶ C3

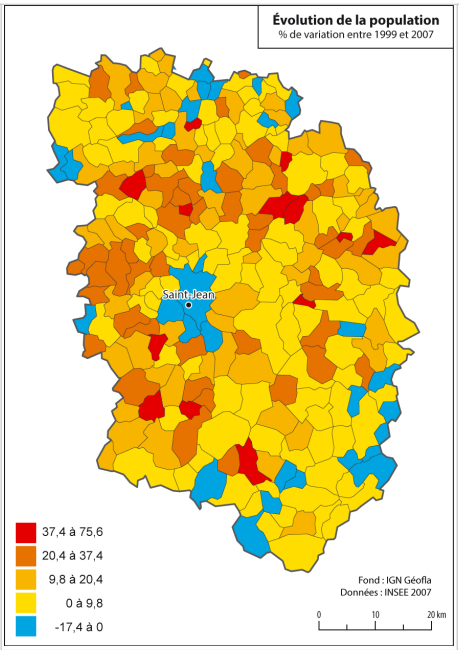
			Non réponse
Efficace :	62,5	26,6	10,9
Agréable :	40,4	49,0	10,6

▶ C4

			Non réponse
Efficace :	42,7	40,0	17,3
Agréable :	40,4	44,9	14,7

▶ C5

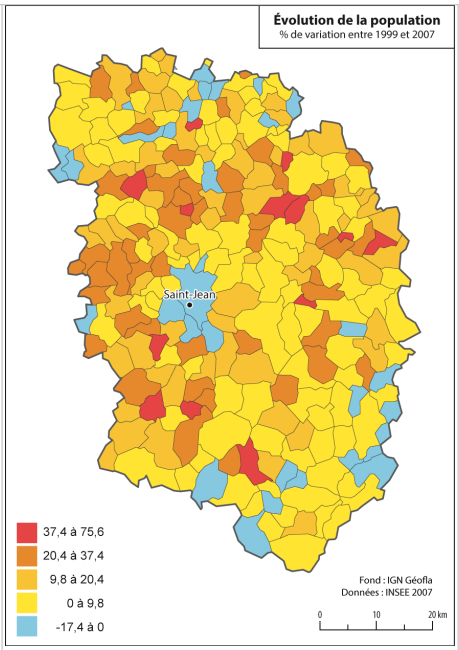


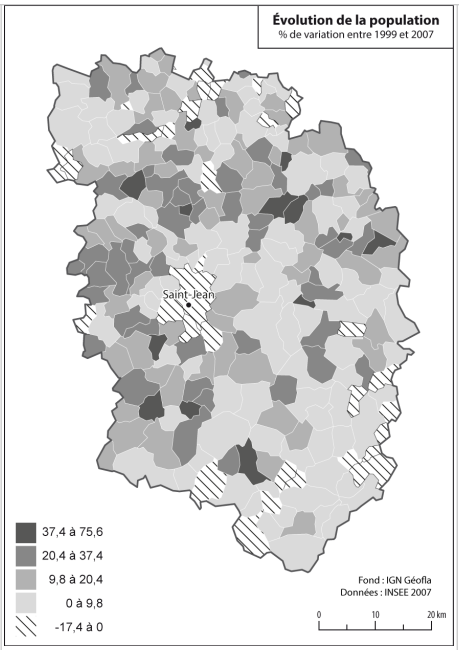


Non réponse

Efficace :	32,6	51,8	15,6
Agréable :	43,9	41,0	15,2

C6

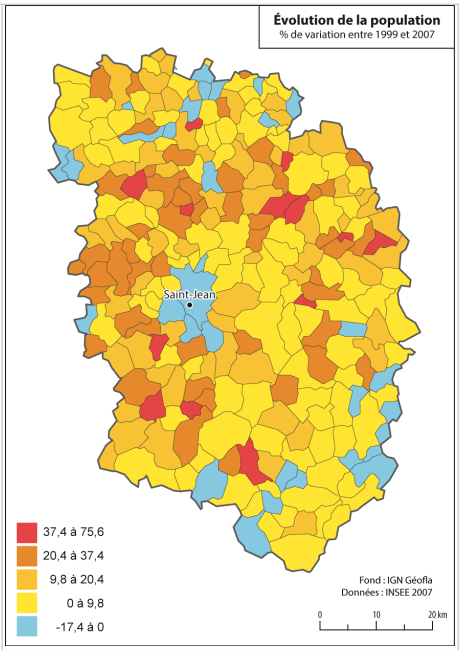


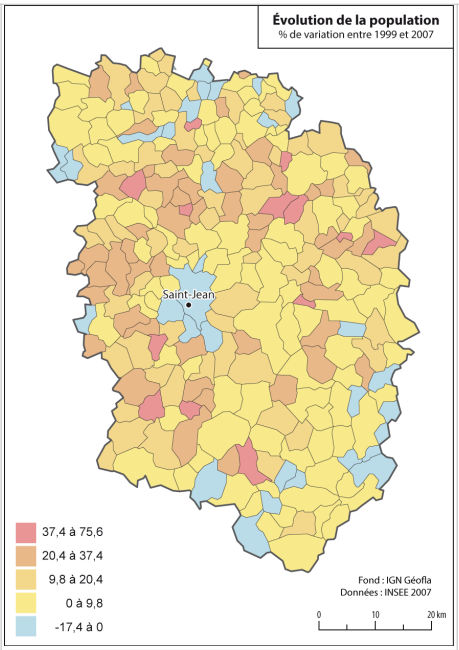


Non réponse

Efficace :	63,4	22,9	13,8
Agréable :	75,5	11,1	13,4

▶ C7

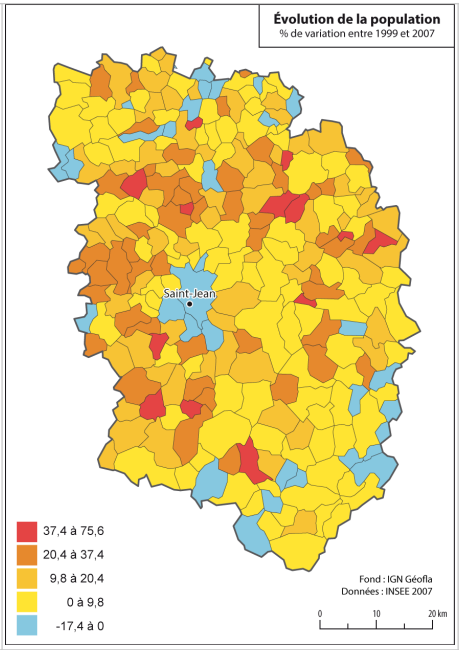


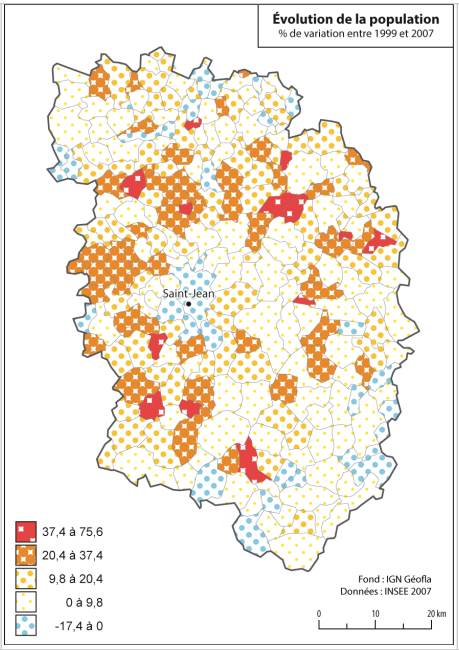


Non réponse

Efficace :	82,7	3,3	14,0
Agréable :	75,7	10,7	13,5

▶ C8

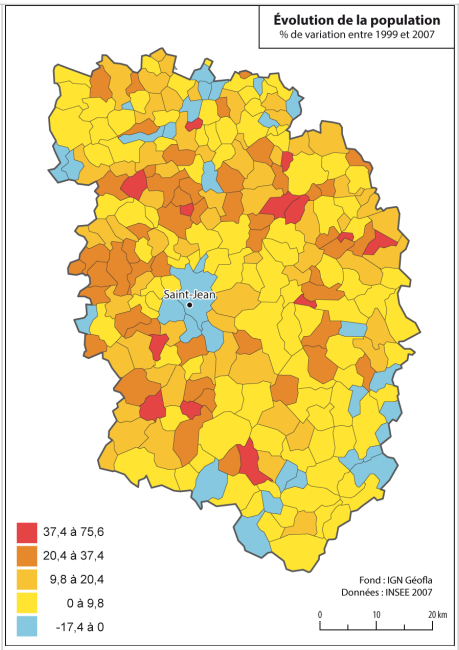
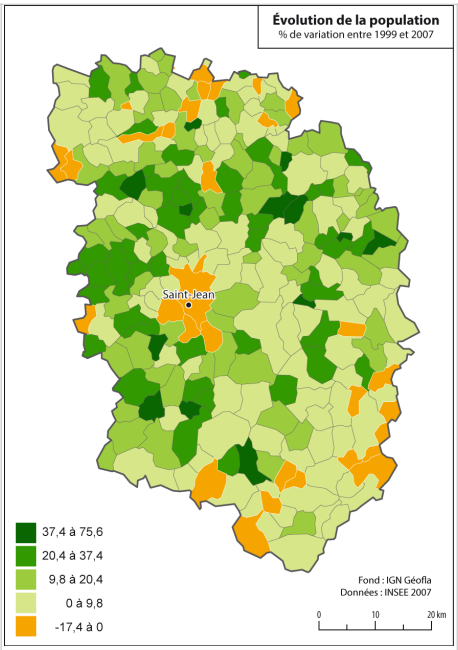




Non réponse

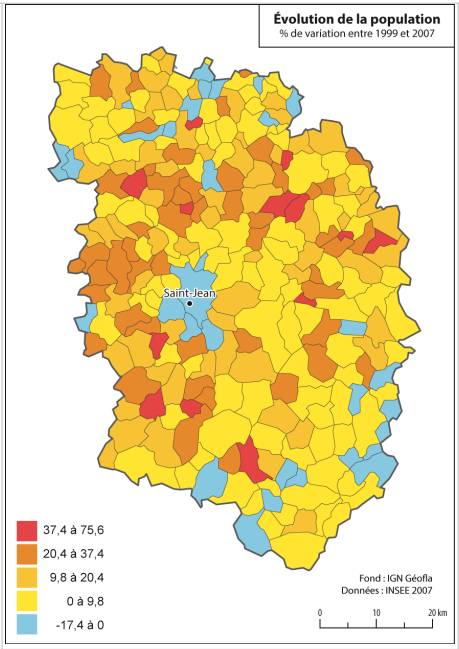
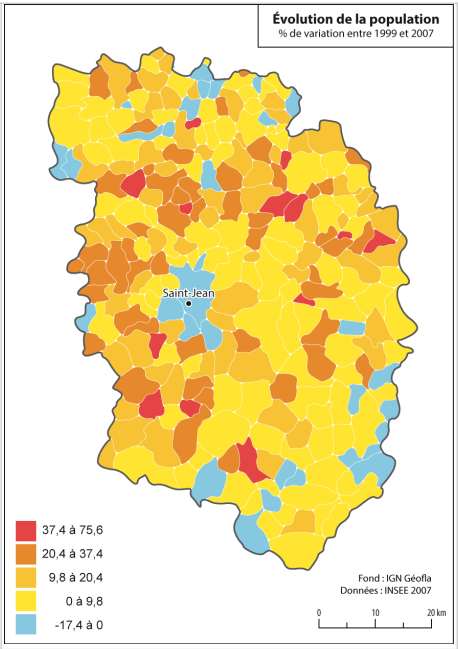
Efficace :	81,4	7,0	11,6
Agréable :	83,0	4,2	12,8

▶ **C9**

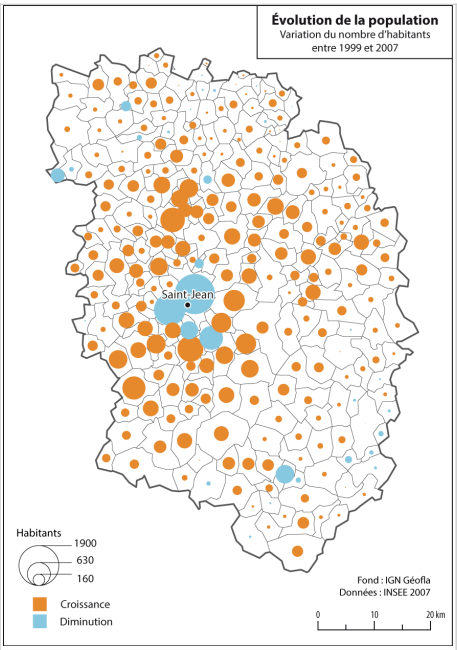
			Non réponse
Efficace :	56,5	27,2	16,3
Agréable :	39,1	44,2	16,7

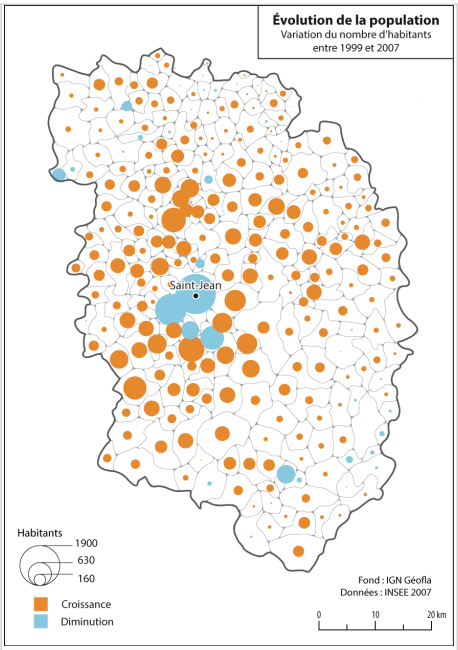
c- Questions sur la variation des formes (facultatives)

▶ **F1**

			Non réponse
Efficace :	67,8	12,7	19,5
Agréable :	58,9	24,3	16,8

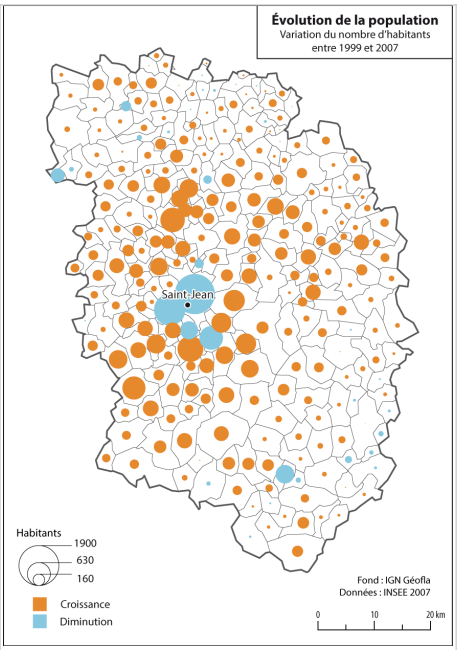
▶ F2

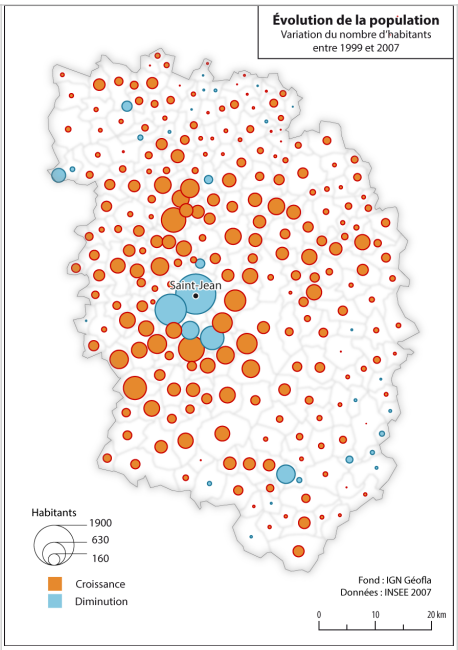




			Non réponse
Efficace :	22,5	14,8	62,7
Agréable :	20,9	18,8	60,3

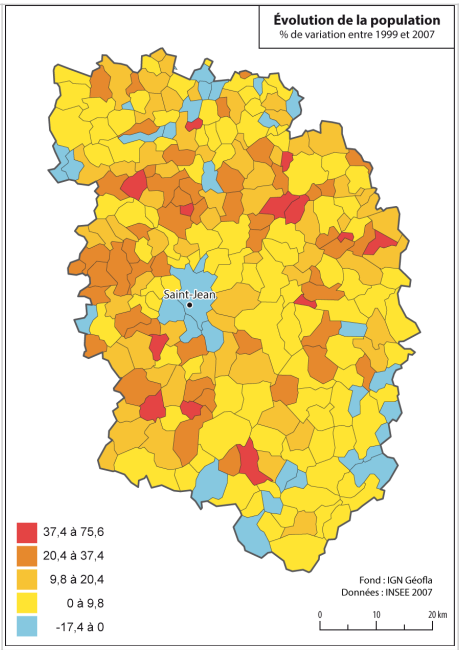
▶ F3

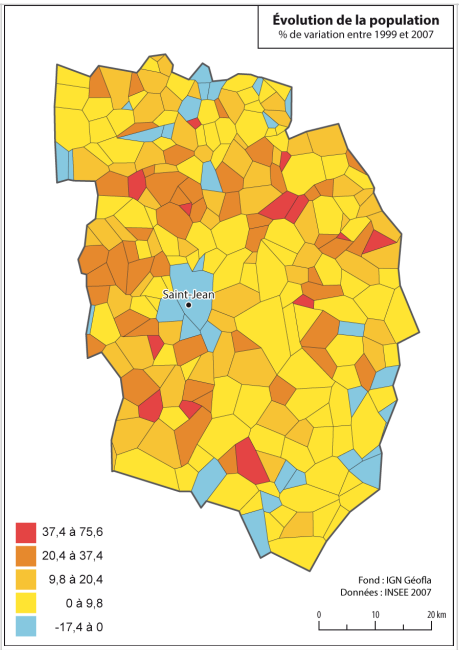




			Non réponse
Efficace :	41,3	39,7	19,0
Agréable :	34,9	48,4	16,7

▶ F4

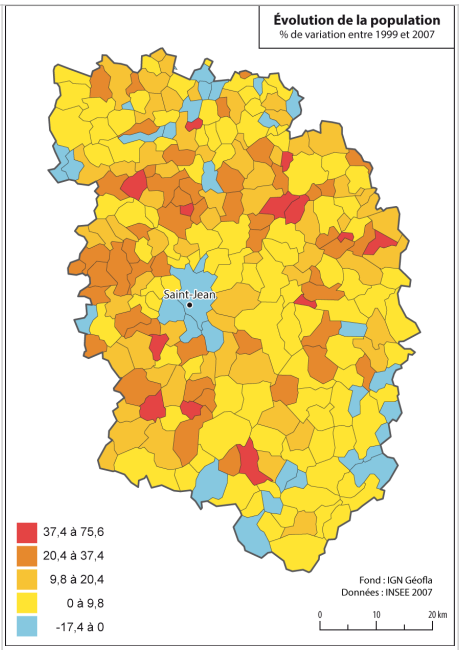


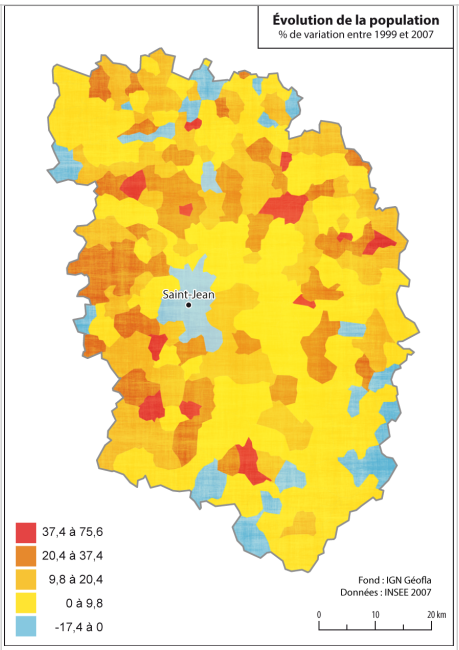


Efficace :	61,7	15,8	22,5
Agréable :	62,8	16,6	20,7

Non réponse

▶ F5

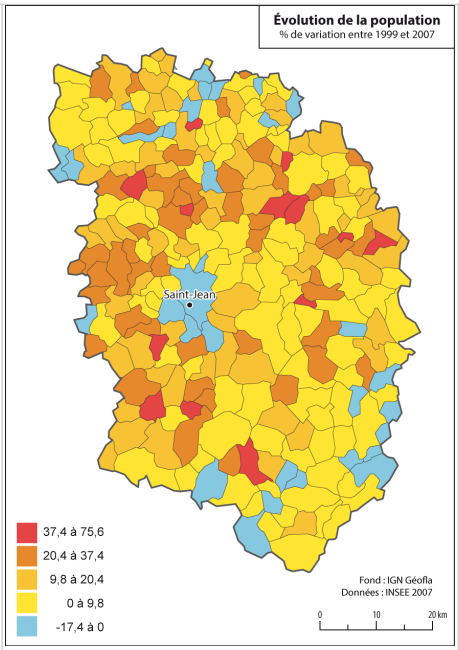


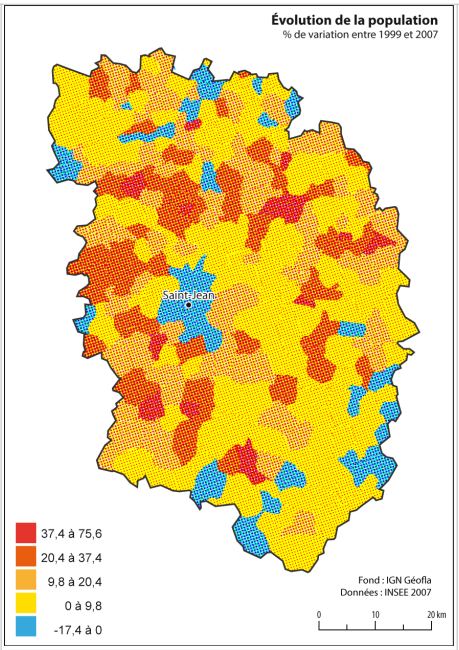


Efficace :	70,8	11,8	17,4
Agréable :	57,5	26,5	16,0

Non réponse

▶ F6

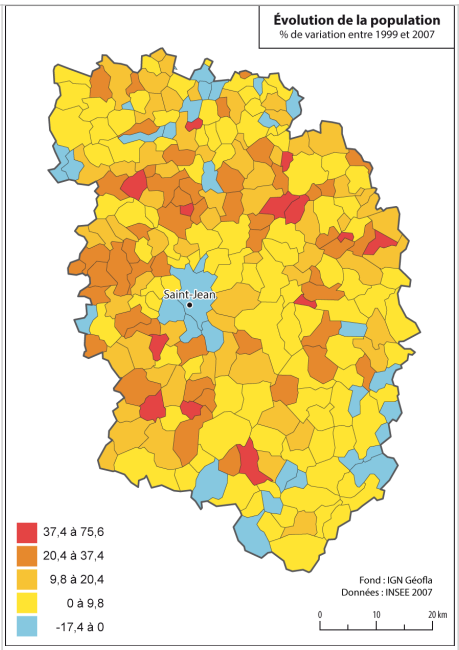


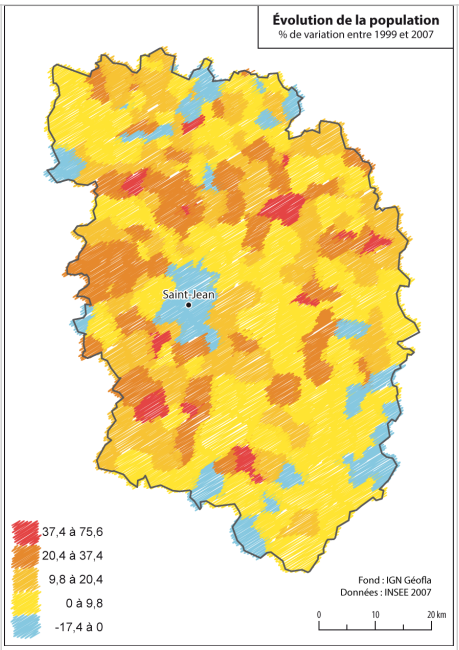


Non réponse

Efficace :	79,9	4,4	15,6
Agréable :	80,6	3,7	15,6

▶ F7

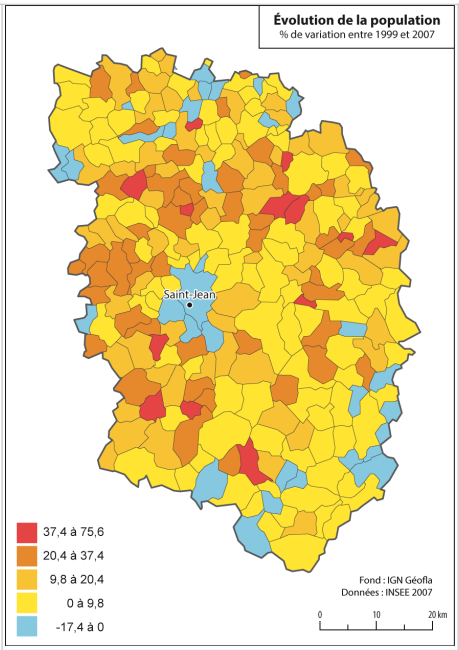


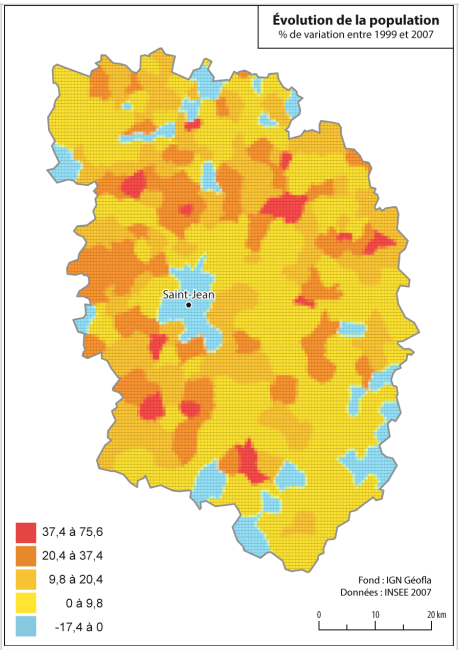


Non réponse

Efficace :	82,1	2,5	15,4
Agréable :	73,4	11,8	14,8

▶ F8

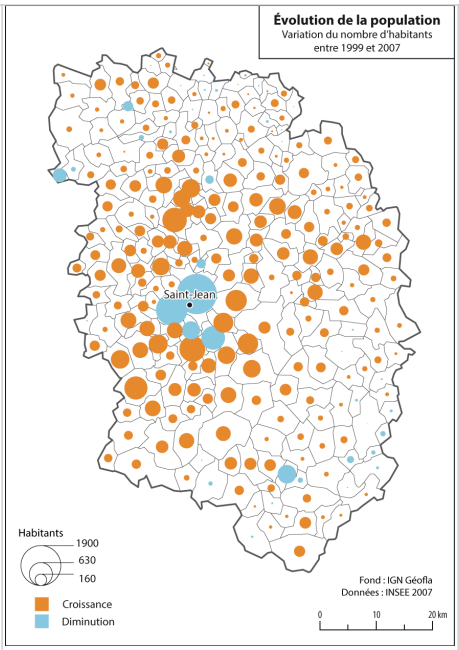


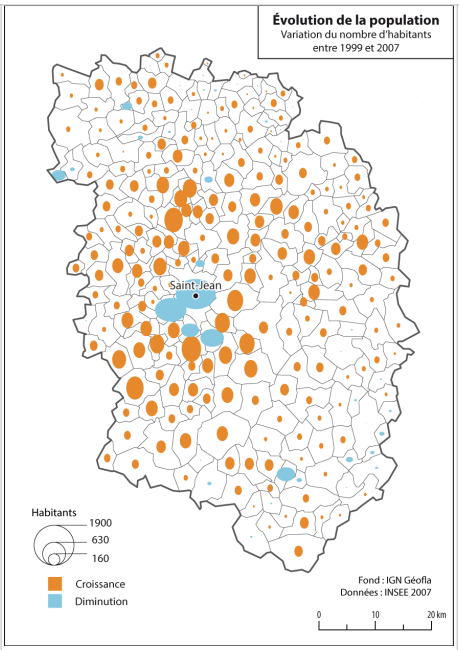


Efficace :	70,4	13,3	16,3
Agréable :	66,6	16,7	16,7

Non réponse

▶ F9

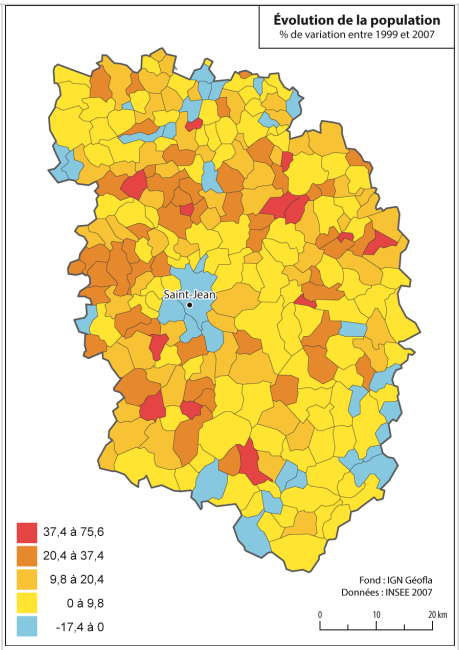


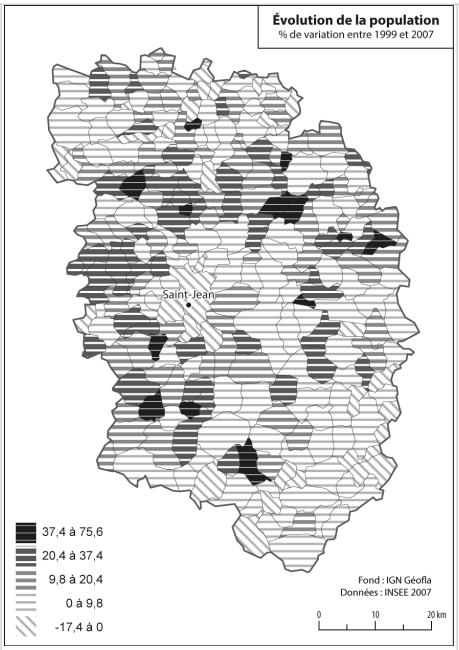


Efficace :	77,5	2,7	19,8
Agréable :	76,7	2,7	20,7

Non réponse

▶ F10

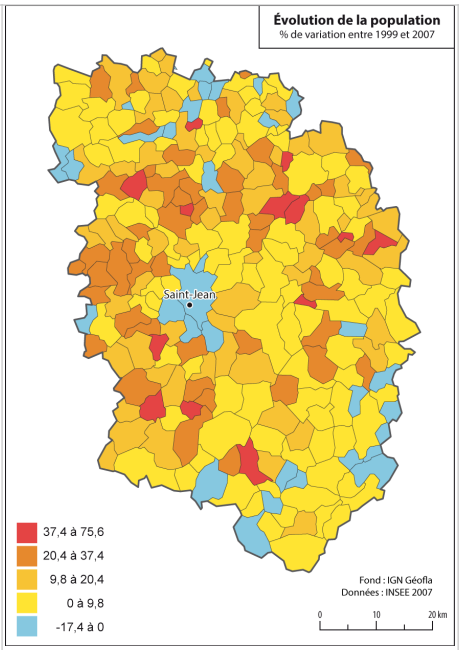


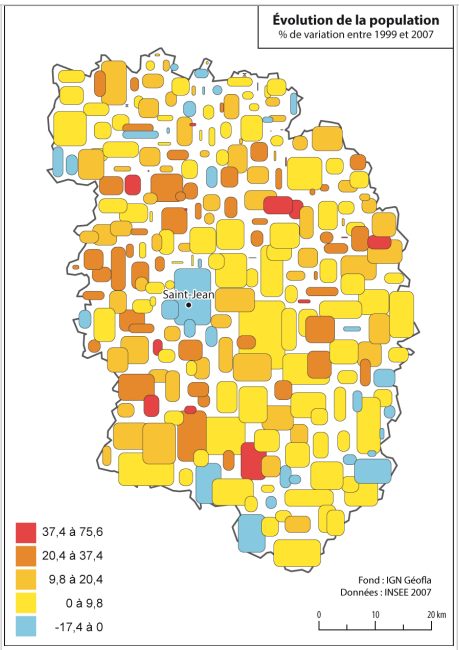


Non réponse

Efficace :	82,7	2,0	15,3
Agréable :	82,4	1,4	16,2

▶ F11



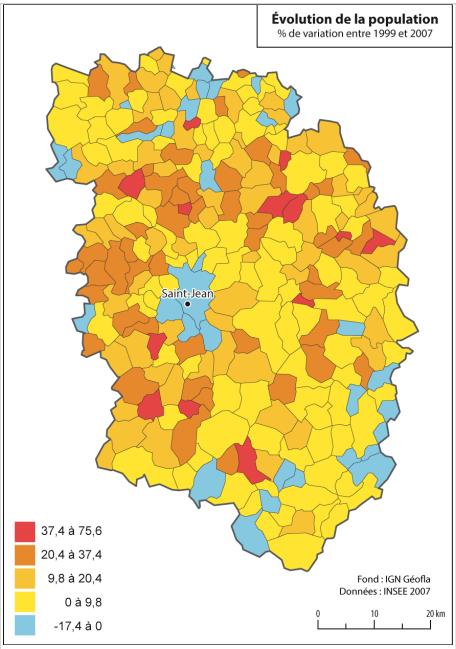
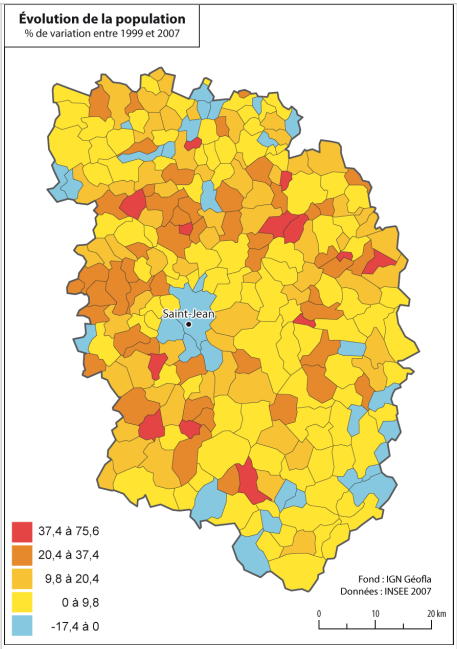


Non réponse

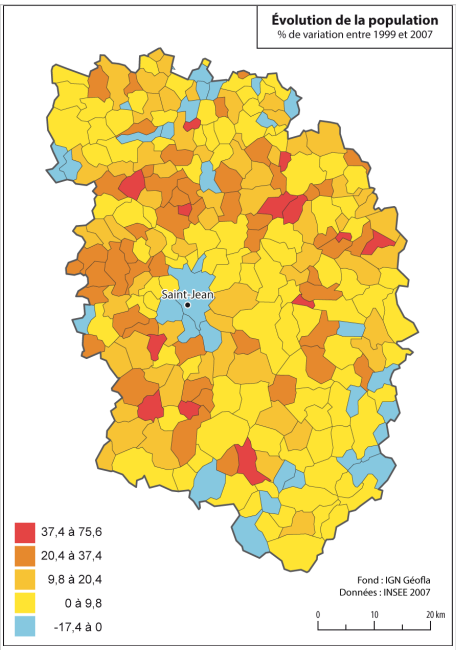
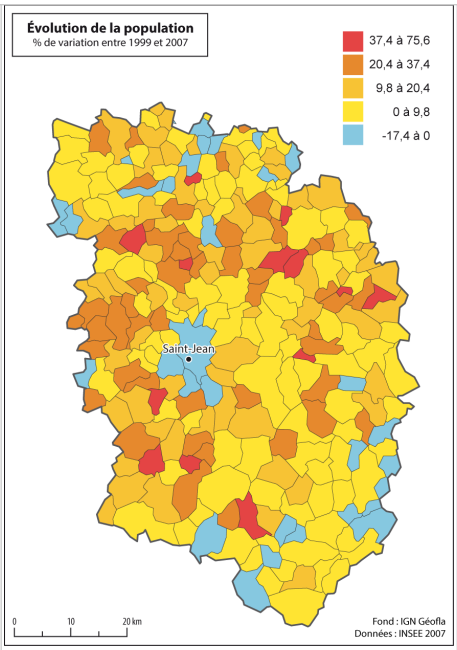
Efficace :	82,6	2,5	14,9
Agréable :	64,1	19,5	16,5

c- Questions sur la mise en page (facultatives)

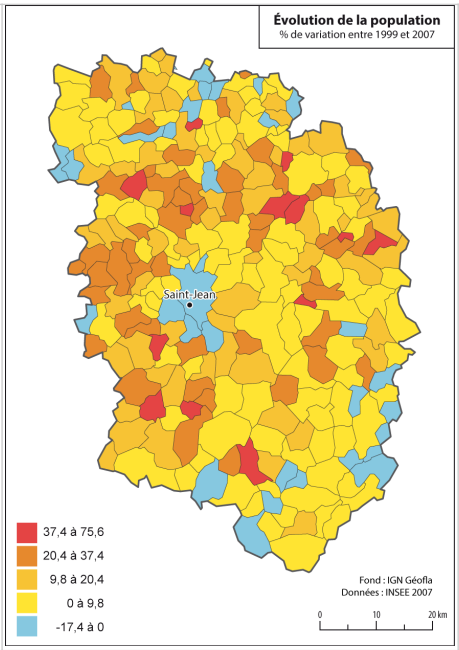
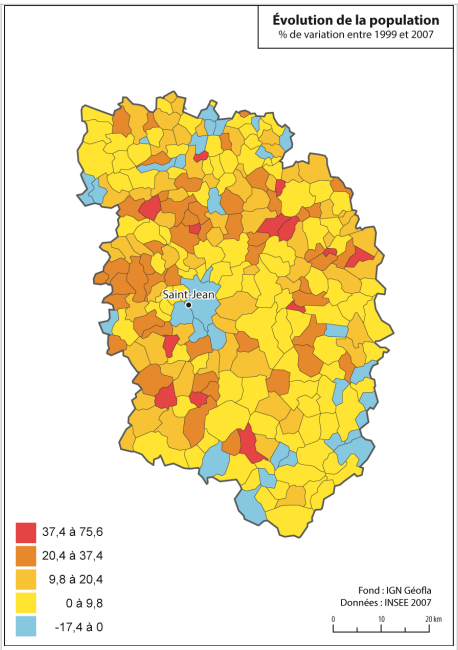
▶ M1

			Non réponse
Efficace :	17,6	12,3	70,1
Agréable :	20,0	13,7	66,4

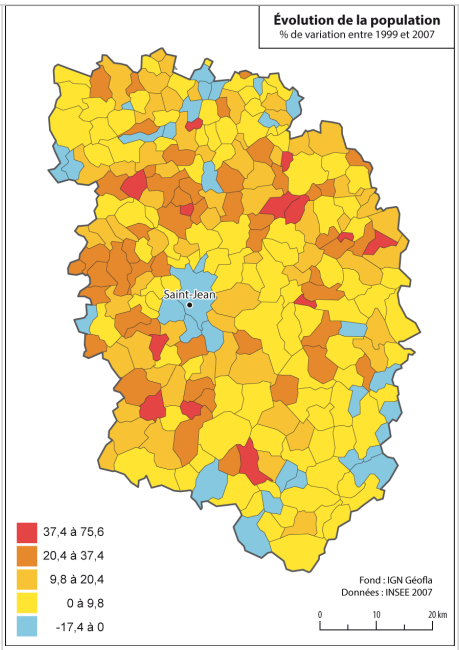
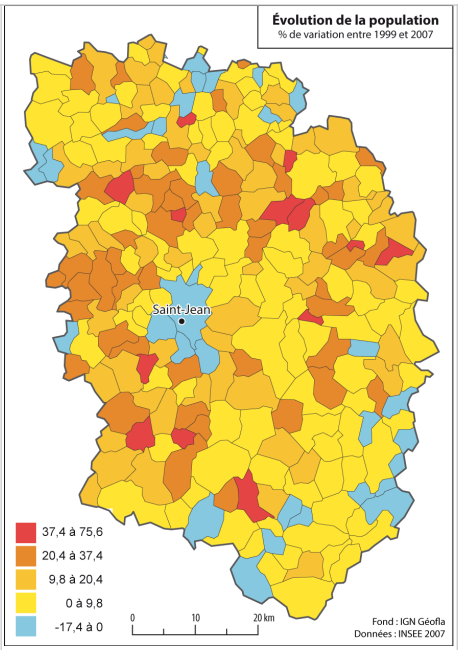
▶ M2

			Non réponse
Efficace :	35,7	24,2	40,1
Agréable :	38,5	23,6	37,9

▶ M3

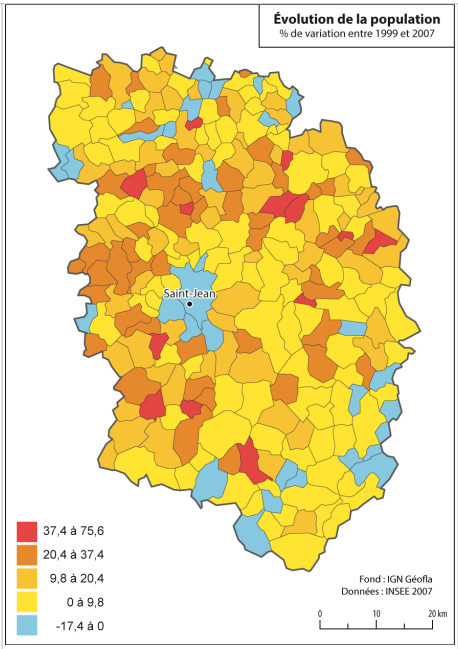
			Non réponse
Efficace :	66,0	6,7	27,3
Agréable :	63,2	11,3	25,4

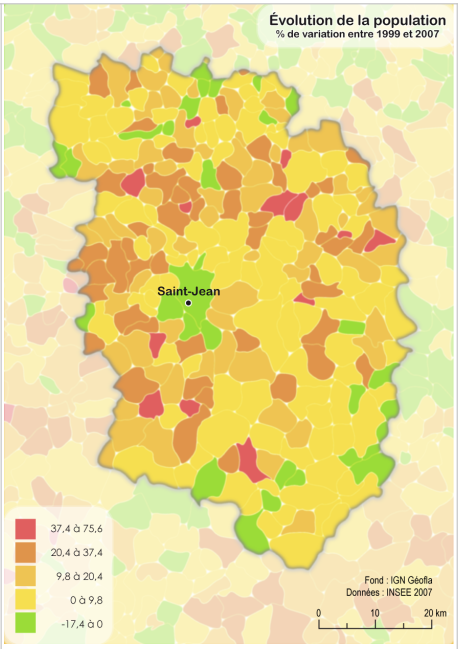
▶ M4

			Non réponse
Efficace :	45,4	26,0	28,6
Agréable :	57,8	18,4	23,8

d- Questions sur la composition, l'aspect général de la carte (facultatives)

▶ A1

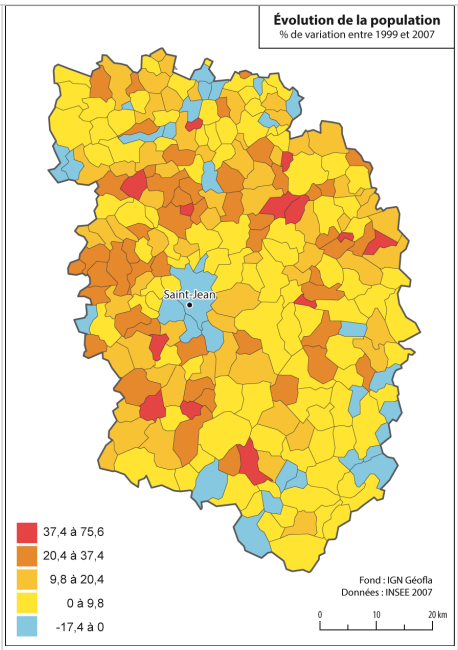


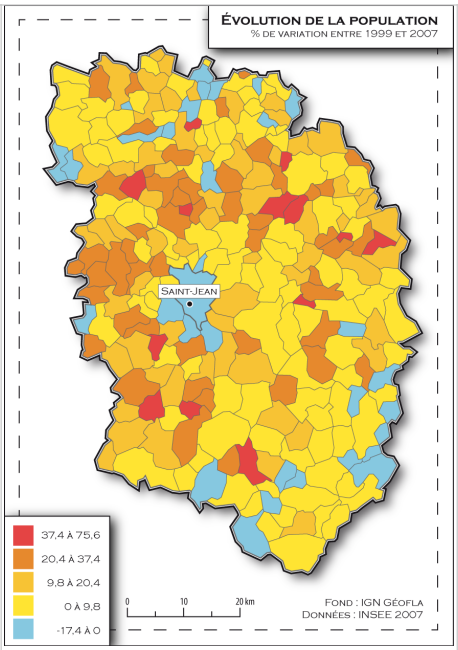


Non réponse

Efficace :	61,7	18,6	19,7
Agréable :	37,5	44,6	18,0

▶ A2

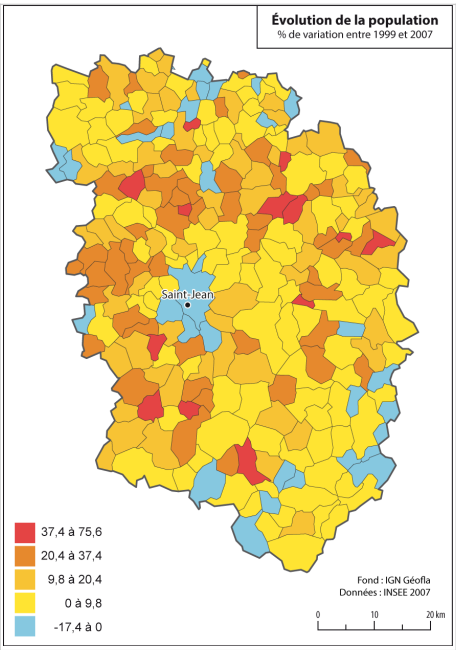


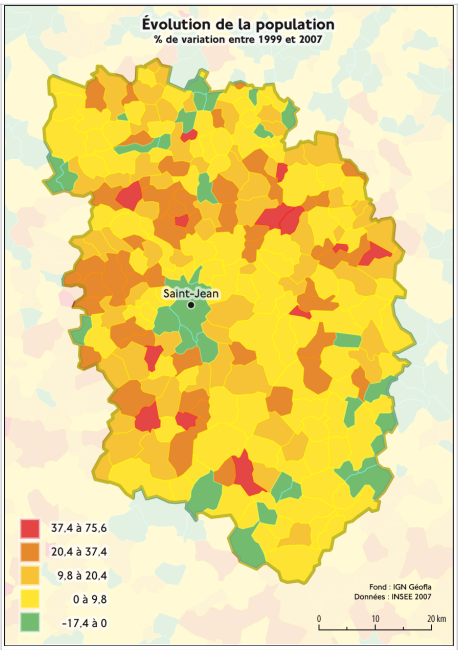


Non réponse

Efficace :	51,3	17,9	30,8
Agréable :	47,5	30,8	21,7

▶ A3

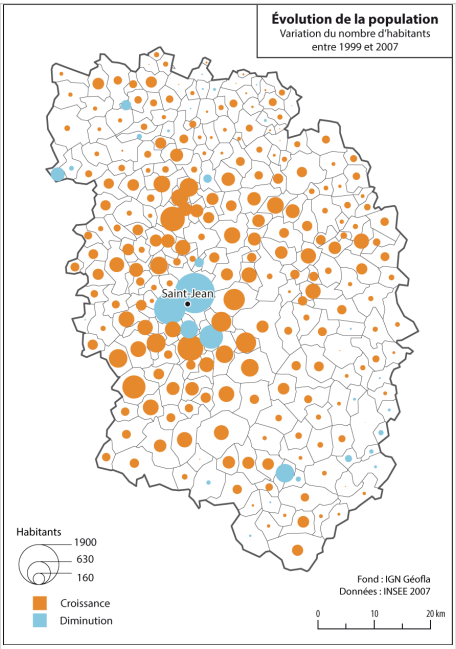


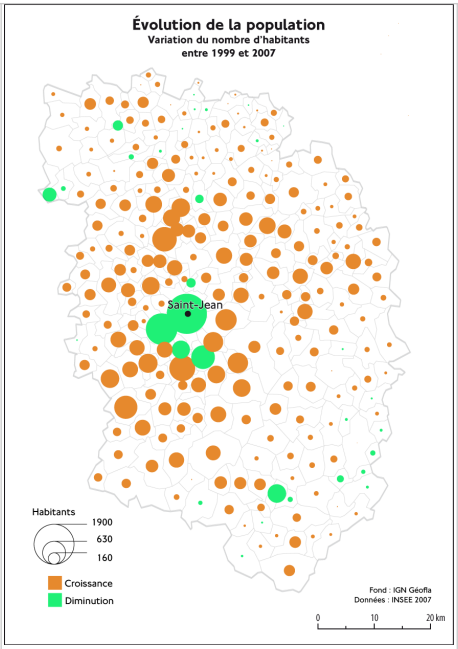


Efficace :	47,1	29,2	23,7
Agréable :	27,3	54,3	18,4

Non réponse

▶ A4





Efficace :	57,8	19,0	23,2
Agréable :	53,1	24,9	22,1

Non réponse

3- Réponses selon des types, tris croisés

Les tris croisés ont été réalisés en comparant certaines réponses aux questions générales et les réponses aux autres questions. On a ainsi défini des groupes de répondants selon leur type de relation à la carte thématique et on a observé leurs appréciation des variations de couleurs, formes, mise en page et aspect général.

a- Définition des groupes de répondants

1. Étudiants : réalisent des cartes thématiques dans le cadre d'exercices de formation ou pour l'illustration de mémoires. N = 271.
2. Enseignants : enseignent la cartographie et réalisent des cartes pour la production de matériel pédagogique. N = 312.
3. Chercheurs : la cartographie fait partie de leur domaine de recherchent et ils réalisent des cartes thématiques lors de travaux de recherche. N = 471.
4. Chargés d'études : conçoivent et/ou réalisent des cartes dans le cadre d'études (urbanisme, bureaux d'études, collectivités, etc.). N = 333.
5. Cartographes d'édition : Éditent des revues ou des ouvrages comprenant des cartes thématiques. N = 283.
6. Cartographes épisodiques : utilisent de temps en temps les cartes thématiques. N = 266.
7. Cartographes réguliers : utilisent régulièrement les cartes thématiques. N = 476.
8. Sémiologues : Selon eux, la bonne application de la méthode aboutit toujours à une carte agréable à lire. N = 403.
9. Non-sémiologues : Selon eux, la bonne application de la méthode n'aboutit pas toujours à une carte agréable à lire. N = 232.
10. Originaux : Selon eux, une carte peut être originale et efficace, les camaïeux de couleurs novateurs ne gênent pas la lecture et les cartes thématiques courantes (manuels, presse) sont souvent trop fades. N = 252.
11. Classiques : Selon eux, une carte trop originale ne peut être efficace, les camaïeux de couleurs novateurs gênent la lecture et les cartes thématiques courantes (manuels, presse) ne sont pas trop souvent fades. N = 416.
12. Concepteurs non réalisateurs : conçoivent mais ne réalisent pas. N = 82.
13. Réalisateurs non concepteurs : réalisent mais ne conçoivent pas. N = 105.
14. Concepteurs et réalisateurs : conçoivent et réalisent. N = 487.
15. Francophones. N = 819.
16. Anglophones. N = 38.

b- Tableaux synthétiques des résultats

G1 - Langue

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
en	4,4	4,8	5,8	5,1	5,1	7,4	4,1	4,2
fr	95,6	95,2	94,2	94,9	94,9	92,6	95,9	95,8

	Sémiologues	NonSémiologues	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
en	5,0	6,0	5,2	5,8	6,1	7,6	2,9	0,0	100,0
fr	95,0	94,0	94,8	94,2	93,9	92,4	97,1	100,0	0,0

G2 - Votre expérience de la cartographie thématique ?

G2.1 - Utilisation de temps en temps de cartes thématiques.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	69,0	68,3	82,4	74,3	75,7	84,8	0,0	95,2
Oui	31,0	31,7	17,6	25,7	24,3	15,2	100,0	4,8

	Sémiologues	NonSémiologues	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	69,2	74,6	77,0	68,8	65,9	72,4	78,9	68,9	71,1
Oui	30,8	25,4	23,0	31,3	34,1	27,6	21,1	31,1	28,9

G2.2 - Utilisation régulière de cartes thématiques.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	44,5	41,7	28,8	36,5	40,5	28,6	91,4	0,0
Oui	55,5	58,3	71,2	63,5	59,5	71,4	8,6	100,0

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	43,2	41,8	40,1	44,5	39,0	61,0	30,4	44,3	47,4
Oui	56,8	58,2	59,9	55,5	61,0	39,0	69,6	55,7	52,6

G2.3 - Conception de cartes thématiques (préparation, brouillons).

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	33,6	30,3	23,4	26,8	22,5	15,2	50,8	18,3
Oui	66,4	69,7	76,6	73,2	77,5	84,8	49,2	81,7

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	33,3	29,7	31,7	35,3	0,0	100,0	0,0	32,8	50,0
Oui	66,7	70,3	68,3	64,7	100,0	0,0	100,0	67,2	50,0

G2.4 - Réalisation de cartes thématiques (dessin, mise en forme).

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	30,9	27,3	22,1	25,7	21,9	14,8	50,4	20,2
Oui	69,1	72,7	77,9	74,3	78,1	85,2	49,6	79,8

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	29,8	28,9	28,2	32,0	100,0	0,0	0,0	30,4	42,1
Oui	70,2	71,1	71,8	68,0	0,0	100,0	100,0	69,6	57,9

G2.5 - Édition des cartes thématiques (iconographie d'édition).

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	73,6	76,4	68,3	69,6	61,9	20,1	88,3	64,9
Oui	26,4	23,6	31,7	30,4	38,1	79,9	11,7	35,1

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	70,2	75,0	69,8	75,5	85,4	83,8	62,0	74,1	63,2
Oui	29,8	25,0	30,2	24,5	14,6	16,2	38,0	25,9	36,8

G2.6 - Enseignement de la cartographie thématique (tous niveaux).

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	73,2	69,7	26,3	63,3	79,9	62,5	88,3	64,1
Oui	26,8	30,3	73,7	36,7	20,1	37,5	11,7	35,9

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	74,2	66,4	70,2	73,3	84,1	82,9	64,3	73,4	68,4
Oui	25,8	33,6	29,8	26,7	15,9	17,1	35,7	26,6	31,6

G2.7 - Votre domaine de recherche comprend la cartographie.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	63,7	56,8	51,6	34,0	68,5	48,8	75,2	56,1
Oui	36,3	43,2	48,4	66,0	31,5	51,2	24,8	43,9

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	62,5	58,6	56,7	68,3	62,2	71,4	57,1	63,7	63,2
Oui	37,5	41,4	43,3	31,7	37,8	28,6	42,9	36,3	36,8

G2.8 - Autre type de relation à la carte

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	90,1	91,1	91,0	90,0	89,8	89,8	90,2	90,3
Oui	9,9	8,9	9,0	10,0	10,2	10,2	9,8	9,7

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	91,1	90,5	90,1	90,4	84,1	96,2	91,8	89,7	97,4
Oui	8,9	9,5	9,9	9,6	15,9	3,8	8,2	10,3	2,6

G3 - Si vous concevez / réalisez des cartes thématiques, dans quel cadre ?

G 3.1 - Des exercices dans le cadre de votre formation

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	78,3	31,4	78,5	79,0	85,9	82,3	76,3	77,1
Oui	21,7	68,6	21,5	21,0	14,1	17,7	23,7	22,9

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	77,4	78,4	78,2	76,4	80,5	78,1	76,6	77,9	86,8
Oui	22,6	21,6	21,8	23,6	19,5	21,9	23,4	22,1	13,2

G 3.2 - La rédaction d'un rapport de stage ou mémoire universitaire

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	77,5	28,8	78,5	71,8	84,7	79,2	77,1	75,6
Oui	22,5	71,2	21,5	28,2	15,3	20,8	22,9	24,4

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	76,2	78,0	76,2	76,2	85,4	81,0	74,5	77,7	73,7
Oui	23,8	22,0	23,8	23,8	14,6	19,0	25,5	22,3	26,3

G 3.3 - Des travaux de recherche scientifique

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	54,0	51,3	34,3	16,3	72,7	42,8	63,5	46,8
Oui	46,0	48,7	65,7	83,7	27,3	57,2	36,5	53,2

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	55,3	50,0	50,0	57,9	54,9	61,0	47,0	54,6	42,1
Oui	44,7	50,0	50,0	42,1	45,1	39,0	53,0	45,4	57,9

G 3.4 - Une activité d'études (agence d'urbanisme, BE, collectivité...)

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	61,1	74,5	72,4	71,5	0,0	46,6	69,5	58,4
Oui	38,9	25,5	27,6	28,5	100,0	53,4	30,5	41,6

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	60,5	59,1	63,9	60,1	54,9	62,9	54,6	61,4	55,3
Oui	39,5	40,9	36,1	39,9	45,1	37,1	45,4	38,6	44,7

G 3.5 - L'édition de revues ou d'ouvrages

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	84,4	86,3	74,4	77,1	83,2	52,7	92,5	80,0
Oui	15,6	13,7	25,6	22,9	16,8	47,3	7,5	20,0

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	82,4	84,9	79,8	87,0	80,5	89,5	80,9	85,6	57,9
Oui	17,6	15,1	20,2	13,0	19,5	10,5	19,1	14,4	42,1

G 3.6 - La production de matériel pédagogique

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	74,3	74,2	29,5	67,5	84,4	68,9	84,2	66,8
Oui	25,7	25,8	70,5	32,5	15,6	31,1	15,8	33,2

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	74,7	71,6	71,4	74,3	76,8	84,8	69,2	74,8	63,2
Oui	25,3	28,4	28,6	25,7	23,2	15,2	30,8	25,2	36,8

G 3.7 - Autres

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
Non	90,2	96,3	93,3	95,3	95,2	90,1	86,8	92,4
Oui	9,8	3,7	6,7	4,7	4,8	9,9	13,2	7,6

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
Non	90,8	91,4	90,5	89,9	95,1	91,4	91,8	90,1	92,1
Oui	9,2	8,6	9,5	10,1	4,9	8,6	8,2	9,9	7,9

G4 - Votre appréciation de la relation entre cartographie et esthétique ?

G4.1 - Une carte doit avant tout être facilement lisible, compréhensible.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	78,4	76,8	81,1	79,6	78,1	81,6	75,9	79,0
1_tafdac	17,5	18,8	16,3	17,2	18,6	15,2	19,9	17,6
2_dac	2,6	1,8	1,3	2,1	3,0	1,4	2,3	2,5
3_nini	0,7	1,1	0,3	0,4	0,0	1,1	1,1	0,2
4_pasdac	0,8	1,5	1,0	0,6	0,3	0,7	0,8	0,6
5_pdtdac	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	87,1	69,0	77,4	81,0	72,0	81,9	80,1	78,9	68,4
1_tafdac	11,4	23,7	17,1	16,6	20,7	14,3	17,7	17,1	26,3
2_dac	1,2	4,3	3,6	1,2	4,9	3,8	1,4	2,6	2,6
3_nini	0,2	0,9	1,6	1,0	0,0	0,0	0,2	0,6	2,6
4_pasdac	0,0	2,2	0,4	0,2	2,4	0,0	0,6	0,9	0,0
5_pdtdac	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

G4.2 - La bonne application de la méthodologie (sémiologie...) aboutit toujours à une carte agréable à lire.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
1_tafdac	15,3	15,5	17,6	16,6	13,8	18,4	11,7	17,0
2_dac	31,7	32,8	29,5	29,5	33,9	36,0	35,0	31,1
3_nini	25,8	24,7	22,4	23,4	23,7	20,1	30,8	23,5
4_pasdac	24,5	23,6	27,2	26,8	27,6	23,0	19,9	26,1
5_pdtdac	2,6	3,0	3,2	3,8	0,9	2,5	2,3	2,3

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
1_tafdac	32,5	0,0	17,1	14,9	14,6	19,0	14,8	15,5	10,5
2_dac	67,5	0,0	29,8	30,0	25,6	25,7	33,7	31,3	42,1
3_nini	0,0	0,0	20,2	27,6	26,8	27,6	23,6	26,5	10,5
4_pasdac	0,0	90,5	29,4	24,8	30,5	24,8	25,5	24,1	34,2
5_pdtdac	0,0	9,5	3,6	2,6	2,4	2,9	2,5	2,6	2,6

G4.3 - Une carte visuellement simple est plus lisible et plus efficace.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	0,5	0,4	0,0	0,4	0,6	0,4	0,8	0,2
1_tafdac	33,1	29,9	33,7	33,8	31,5	39,2	32,7	33,4
2_dac	46,9	47,2	44,6	46,9	49,2	43,1	48,9	46,8
3_nini	13,0	14,8	14,4	12,1	11,7	11,3	13,2	12,6
4_pasdac	6,0	7,4	7,1	6,2	6,0	5,3	4,1	6,5
5_pdtdac	0,6	0,4	0,3	0,6	0,9	0,7	0,4	0,4

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
1_tafdac	47,6	20,7	34,5	34,9	31,7	36,2	33,9	32,8	39,5
2_dac	37,0	50,4	41,3	46,9	51,2	49,5	44,6	46,9	47,4
3_nini	10,7	15,5	17,1	10,8	11,0	12,4	12,9	13,2	7,9
4_pasdac	3,7	12,1	6,7	7,0	3,7	1,0	8,2	6,0	5,3
5_pdtdac	0,2	1,3	0,4	0,5	2,4	1,0	0,4	0,6	0,0

G4.4 - Une carte esthétiquement recherchée retient mieux l'attention.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	0,5	0,4	0,0	0,4	0,6	0,4	0,8	0,2
1_tafdac	21,5	22,1	22,4	24,0	23,7	26,1	13,9	23,9
2_dac	46,6	47,2	43,6	44,2	44,1	39,6	50,4	45,4
3_nini	21,5	19,9	21,8	20,8	23,4	24,0	24,8	20,8
4_pasdac	9,0	9,6	10,6	9,3	7,2	9,2	9,4	9,0
5_pdtdac	1,1	0,7	1,6	1,3	0,9	0,7	0,8	0,6

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
1_tafdac	25,6	18,5	26,6	19,0	17,1	29,5	22,0	20,9	34,2
2_dac	41,9	50,4	48,8	46,4	48,8	43,8	46,2	46,3	52,6
3_nini	24,6	16,4	15,1	23,3	23,2	17,1	22,0	22,0	10,5
4_pasdac	6,2	13,4	8,3	10,6	8,5	8,6	9,4	9,3	2,6
5_pdtdac	1,0	1,3	1,2	0,7	2,4	1,0	0,4	1,1	0,0

G4.5 - Les cartes trop originales graphiquement sont perturbantes et au final moins efficaces.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	0,6	0,7	0,0	0,4	0,9	0,7	0,8	0,2
1_tafdac	10,0	8,9	10,3	9,3	8,1	9,5	9,0	11,1
2_dac	37,7	39,1	38,8	32,9	38,1	33,9	38,7	36,6
3_nini	31,6	33,6	29,2	34,8	33,6	33,9	35,0	31,9
4_pasdac	17,5	15,5	17,9	19,7	17,1	20,1	13,9	18,5
5_pdtdac	2,6	2,2	3,8	2,8	2,1	1,8	2,6	1,7

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	1,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,0
1_tafdac	12,9	8,2	7,9	6,7	7,3	5,7	10,7	10,3	5,3
2_dac	35,7	38,8	13,9	77,6	41,5	44,8	35,9	37,4	44,7
3_nini	33,3	25,4	13,9	7,7	24,4	24,8	34,3	32,1	21,1
4_pasdac	14,4	25,0	59,5	7,7	23,2	19,0	17,2	17,0	28,9
5_pdtdac	2,7	2,6	4,4	0,2	3,7	5,7	1,6	2,7	0,0

G4.6 - Les camaïeux de couleurs novateurs ne gênent pas la lecture de la carte.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	0,5	0,4	0,0	0,4	0,6	0,4	0,8	0,2
1_tafdac	5,0	6,6	6,7	5,9	3,6	7,1	2,6	5,5
2_dac	25,0	20,3	23,7	22,3	26,1	25,4	23,3	26,5
3_nini	44,6	44,6	41,0	45,0	48,0	44,9	50,0	41,4
4_pasdac	22,1	25,1	24,4	22,5	20,7	20,1	20,7	23,7
5_pdtdac	2,9	3,0	4,2	3,8	0,9	2,1	2,6	2,7

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
1_tafdac	5,5	7,3	13,5	4,1	4,9	5,7	4,9	4,9	7,9
2_dac	22,3	27,6	35,7	21,9	29,3	18,1	24,2	24,8	28,9
3_nini	47,6	34,5	32,1	40,9	41,5	44,8	46,0	45,5	23,7
4_pasdac	21,6	25,0	15,1	31,7	22,0	26,7	22,4	21,4	36,8
5_pdtdac	2,2	5,6	3,6	1,4	2,4	4,8	2,5	2,9	2,6

G4.7 - Les cartes thématiques courantes (manuels, presse) sont souvent trop fades, répétitives dans leur forme.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	0,5	0,4	0,0	0,4	0,6	0,4	0,8	0,2
1_tafdac	12,7	15,1	14,1	14,2	10,8	14,1	8,6	14,3
2_dac	39,3	38,0	40,1	38,4	42,0	37,8	43,2	37,0
3_nini	29,5	24,7	28,5	29,5	30,6	32,5	30,8	30,7
4_pasdac	16,6	19,6	16,0	15,7	15,9	13,8	16,2	16,4
5_pdtdac	1,4	2,2	1,3	1,7	0,0	1,4	0,4	1,5

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
1_tafdac	13,9	14,2	43,3	7,7	11,0	13,3	14,4	13,2	2,6
2_dac	40,4	40,5	28,2	33,9	32,9	47,6	38,6	39,2	42,1
3_nini	29,5	24,1	14,3	23,3	34,1	21,0	30,6	29,7	26,3
4_pasdac	14,9	17,7	13,1	34,1	18,3	15,2	15,4	16,2	23,7
5_pdtdac	0,5	3,4	1,2	1,0	3,7	2,9	1,0	1,2	5,3

G4.8 - Une carte agréable à lire est toujours plus efficace.

	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	0,4	0,4	0,0	0,2	0,6	0,4	0,8	0,2
1_tafdac	47,3	50,2	41,3	45,4	49,5	48,8	46,2	46,2
2_dac	38,6	34,7	42,3	41,4	35,7	38,5	41,0	40,5
3_nini	7,9	8,1	9,6	7,6	9,0	6,4	7,5	8,2
4_pasdac	5,3	6,3	6,1	4,9	4,5	5,3	4,1	4,4
5_pdtdac	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,7	0,4	0,4

	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
1_tafdac	55,3	39,7	51,6	49,3	39,0	55,2	48,9	48,2	26,3
2_dac	35,0	40,9	38,1	35,6	43,9	30,5	39,0	38,1	50,0
3_nini	5,5	8,6	4,8	7,9	11,0	8,6	6,6	7,7	13,2
4_pasdac	3,5	9,1	5,2	6,7	3,7	5,7	5,1	5,0	10,5
5_pdtdac	0,2	1,7	0,4	0,5	2,4	0,0	0,4	0,6	0,0

Choix entre deux cartes, variations de couleur.

C1 (Cf. §b ci-dessus pour les illustrations)

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	10,0	11,1	9,3	10,8	9,0	11,7	10,9	8,2
c1	72,1	69,4	76,3	70,9	73,0	70,7	71,4	74,6
c2	17,9	19,6	14,4	18,3	18,0	17,7	17,7	17,2
Agréable								
nr	13,4	15,1	16,3	15,1	15,0	18,4	11,7	15,1
c1	32,1	32,8	34,0	31,2	30,9	30,7	26,3	35,7
c2	54,5	52,0	49,7	53,7	54,1	50,9	62,0	49,2

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	10,2	7,3	8,3	9,4	7,3	6,7	9,2	10,3	5,3
c1	72,0	73,7	77,4	70,0	76,8	72,4	73,1	72,4	65,8
c2	17,9	19,0	14,3	20,7	15,9	21,0	17,7	17,3	28,9
Agréable									
nr	12,4	12,5	13,5	12,5	17,1	7,6	12,9	13,7	7,9
c1	35,2	27,2	31,3	32,5	23,2	37,1	35,5	32,5	23,7
c2	52,4	60,3	55,2	55,0	59,8	55,2	51,5	53,8	68,4

C2

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	13,0	14,0	13,1	13,0	16,5	16,3	13,2	12,0
c1	69,0	68,3	71,5	68,6	63,4	62,2	64,7	71,8
c2	18,1	17,7	15,4	18,5	20,1	21,6	22,2	16,2
Agréable								
nr	11,6	11,1	11,9	12,5	12,6	15,9	10,2	12,0
c1	62,9	62,7	61,9	61,1	56,5	56,5	63,2	62,2
c2	25,6	26,2	26,3	26,3	30,9	27,6	26,7	25,8

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	13,4	10,3	13,1	9,9	12,2	11,4	12,7	12,8	15,8
c1	68,7	69,8	69,4	71,2	68,3	64,8	69,8	69,2	63,2
c2	17,9	19,8	17,5	19,0	19,5	23,8	17,5	17,9	21,1
Agréable									
nr	11,4	10,8	9,9	10,8	9,8	6,7	11,7	11,6	10,5
c1	66,3	58,2	62,3	63,9	63,4	62,9	62,6	63,0	60,5
c2	22,3	31,0	27,8	25,2	26,8	30,5	25,7	25,4	28,9

C3

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	10,9	11,1	12,8	11,3	12,9	15,2	10,2	10,1
c1	62,5	62,0	64,4	60,9	59,8	56,5	61,7	65,1
c2	26,6	26,9	22,8	27,8	27,3	28,3	28,2	24,8
Agréable								
nr	10,6	10,7	11,5	10,0	12,6	14,8	10,2	9,5
c1	40,4	40,6	40,1	41,4	32,7	36,7	39,1	41,8
c2	49,0	48,7	48,4	48,6	54,7	48,4	50,8	48,7

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	10,9	9,5	10,3	9,4	12,2	7,6	11,9	10,9	10,5
c1	64,0	62,1	65,9	61,3	63,4	66,7	61,2	62,8	57,9
c2	25,1	28,4	23,8	29,3	24,4	25,7	26,9	26,4	31,6
Agréable									
nr	10,2	10,3	9,5	8,7	12,2	8,6	10,7	10,7	7,9
c1	42,9	36,2	40,9	39,9	31,7	41,9	40,2	41,3	21,1
c2	46,9	53,4	49,6	51,4	56,1	49,5	49,1	48,0	71,1

C4

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	17,3	17,3	17,9	16,8	18,0	19,4	15,8	16,2
c1	42,7	39,1	45,5	46,3	38,7	43,8	36,1	46,2
c2	40,0	43,5	36,5	36,9	43,2	36,7	48,1	37,6
Agréable								
nr	14,7	15,1	15,7	15,3	15,3	19,1	13,9	13,7
c1	40,4	37,3	41,0	42,7	42,3	42,4	35,3	42,9
c2	44,9	47,6	43,3	42,0	42,3	38,5	50,8	43,5

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	15,1	17,2	17,5	15,6	13,4	13,3	17,9	17,3	15,8
c1	43,7	45,3	41,3	42,5	43,9	42,9	45,4	43,0	36,8
c2	41,2	37,5	41,3	41,8	42,7	43,8	36,8	39,7	47,4
Agréable									
nr	13,6	13,8	14,3	13,2	14,6	14,3	13,6	14,8	13,2
c1	40,2	39,7	36,1	43,5	43,9	41,9	42,5	40,8	31,6
c2	46,2	46,6	49,6	43,3	41,5	43,8	43,9	44,4	55,3

C5

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	15,6	17,0	15,4	15,9	16,2	17,7	13,5	14,7
c1	32,6	29,5	32,7	33,8	33,9	34,6	30,5	34,0
c2	51,8	53,5	51,9	50,3	49,8	47,7	56,0	51,3
Agréable								
nr	15,2	15,9	14,7	14,6	17,7	17,3	13,5	14,9
c1	43,9	42,4	41,3	45,6	48,3	44,9	43,6	43,7
c2	41,0	41,7	43,9	39,7	33,9	37,8	42,9	41,4

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	16,4	12,1	13,1	13,5	18,3	15,2	15,2	16,0	7,9
c1	32,0	31,9	32,5	35,1	26,8	30,5	36,6	33,0	23,7
c2	51,6	56,0	54,4	51,4	54,9	54,3	48,3	51,0	68,4
Agréable									
nr	13,6	11,6	11,5	15,6	24,4	11,4	14,4	15,5	7,9
c1	42,7	49,1	44,8	45,9	39,0	50,5	46,2	43,3	55,3
c2	43,7	39,2	43,7	38,5	36,6	38,1	39,4	41,1	36,8

C6

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	13,8	14,4	15,1	13,4	14,1	15,5	11,3	13,0
c1	63,4	63,1	62,8	62,4	63,4	61,1	63,9	64,5
c2	22,9	22,5	22,1	24,2	22,5	23,3	24,8	22,5
Agréable								
nr	13,4	14,4	14,7	13,2	14,1	15,5	12,0	13,2
c1	75,5	73,4	73,1	73,0	76,9	73,1	78,2	76,1
c2	11,1	12,2	12,2	13,8	9,0	11,3	9,8	10,7

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	13,4	11,6	13,1	12,5	17,1	18,1	12,7	13,8	13,2
c1	63,0	63,4	66,3	63,5	62,2	61,9	63,0	62,6	78,9
c2	23,6	25,0	20,6	24,0	20,7	20,0	24,2	23,6	7,9
Agréable									
nr	12,2	11,6	13,1	10,6	15,9	11,4	13,3	13,6	10,5
c1	75,2	76,3	73,8	78,4	74,4	73,3	75,8	75,2	81,6
c2	12,7	12,1	13,1	11,1	9,8	15,2	10,9	11,2	7,9

C7

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	14,0	13,3	16,0	14,4	15,9	16,6	11,3	13,2
c1	82,7	81,5	81,4	83,2	81,4	80,9	83,8	85,3
c2	3,3	5,2	2,6	2,3	2,7	2,5	4,9	1,5
Agréable								
nr	13,5	13,3	16,3	14,0	13,8	15,9	10,9	13,7
c1	75,7	76,8	75,6	77,3	72,4	76,7	76,3	77,3
c2	10,7	10,0	8,0	8,7	13,8	7,4	12,8	9,0

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	14,1	10,3	12,7	12,3	15,9	14,3	13,6	14,3	7,9
c1	81,4	87,5	84,1	84,6	81,7	82,9	83,8	82,5	86,8
c2	4,5	2,2	3,2	3,1	2,4	2,9	2,7	3,2	5,3
Agréable									
nr	13,6	11,6	12,7	10,1	17,1	11,4	13,8	13,7	10,5
c1	76,4	76,7	76,6	78,6	67,1	81,9	75,4	75,7	76,3
c2	9,9	11,6	10,7	11,3	15,9	6,7	10,9	10,6	13,2

C8

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	11,6	11,4	13,5	11,3	12,6	13,1	8,6	10,7
c1	81,4	80,4	81,1	81,3	79,9	82,0	83,1	82,8
c2	7,0	8,1	5,4	7,4	7,5	4,9	8,3	6,5
Agréable								
nr	12,8	12,5	14,7	13,2	15,6	15,9	8,6	13,0
c1	83,0	81,5	80,4	82,0	81,1	81,3	86,8	83,0
c2	4,2	5,9	4,8	4,9	3,3	2,8	4,5	4,0

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	13,2	7,8	11,5	9,4	13,4	13,3	10,7	11,7	7,9
c1	80,1	84,5	79,4	82,2	79,3	80,0	83,2	81,1	89,5
c2	6,7	7,8	9,1	8,4	7,3	6,7	6,2	7,2	2,6
Agréable									
nr	13,2	10,3	13,1	10,8	15,9	12,4	12,9	13,1	7,9
c1	83,1	83,2	79,4	85,3	80,5	86,7	82,3	82,7	89,5
c2	3,7	6,5	7,5	3,8	3,7	1,0	4,7	4,3	2,6

C9

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	16,3	15,1	17,9	15,9	16,8	19,4	13,9	14,5
c1	56,5	55,7	59,6	58,6	52,0	53,0	55,3	59,9
c2	27,2	29,2	22,4	25,5	31,2	27,6	30,8	25,6
Agréable								
nr	16,7	15,9	17,9	15,7	17,7	20,1	13,5	15,5
c1	39,1	41,3	40,7	40,6	31,8	35,3	38,3	41,2
c2	44,2	42,8	41,3	43,7	50,5	44,5	48,1	43,3

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	16,9	11,6	16,3	13,7	19,5	18,1	14,4	16,5	13,2
c1	54,8	61,2	56,7	57,0	51,2	54,3	59,5	56,5	55,3
c2	28,3	27,2	27,0	29,3	29,3	27,6	26,1	27,0	31,6
Agréable									
nr	16,1	11,6	16,3	14,9	19,5	17,1	16,2	16,8	13,2
c1	39,5	40,5	37,7	39,4	35,4	42,9	38,0	38,9	42,1
c2	44,4	47,8	46,0	45,7	45,1	40,0	45,8	44,2	44,7

Choix entre deux cartes, variations de forme.

F1

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	19,5	21,0	20,8	19,7	19,5	19,8	16,5	18,3
c1	67,8	67,5	64,7	66,9	65,8	66,4	75,9	67,9
c2	12,7	11,4	14,4	13,4	14,7	13,8	7,5	13,9
Agréable								
nr	16,8	16,6	17,3	16,6	17,4	18,7	14,3	16,4
c1	58,9	57,2	59,3	57,3	55,9	55,1	64,3	59,5
c2	24,3	26,2	23,4	26,1	26,7	26,1	21,4	24,2

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	17,1	17,7	18,3	17,8	20,7	21,9	18,5	20,0	7,9
c1	70,2	67,7	64,7	71,6	67,1	61,9	68,0	67,3	78,9
c2	12,7	14,7	17,1	10,6	12,2	16,2	13,6	12,7	13,2
Agréable									
nr	15,9	13,4	15,9	14,4	22,0	16,2	15,4	17,1	10,5
c1	61,5	54,7	53,6	62,7	52,4	58,1	59,5	58,4	71,1
c2	22,6	31,9	30,6	22,8	25,6	25,7	25,1	24,5	18,4

F2

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	62,7	58,7	62,8	60,5	63,1	63,6	63,9	60,1
c1	22,5	24,0	22,1	25,7	19,5	23,0	22,2	24,6
c2	14,8	17,3	15,1	13,8	17,4	13,4	13,9	15,3
Agréable								
nr	60,3	57,2	60,3	58,6	58,9	62,2	63,9	57,4
c1	20,9	19,2	20,5	22,3	18,9	21,2	20,3	22,9
c2	18,8	23,6	19,2	19,1	22,2	16,6	15,8	19,7

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	59,8	62,1	61,5	65,6	57,3	72,4	61,0	62,6	63,2
c1	24,1	21,6	20,2	22,4	26,8	16,2	22,2	22,3	26,3
c2	16,1	16,4	18,3	12,0	15,9	11,4	16,8	15,0	10,5
Agréable									
nr	59,6	56,0	57,9	62,0	51,2	70,5	58,9	60,6	55,3
c1	20,6	22,0	18,3	21,9	25,6	18,1	19,9	20,4	31,6
c2	19,9	22,0	23,8	16,1	23,2	11,4	21,1	19,0	13,2

F3

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	19,0	18,1	20,8	18,5	21,6	22,3	17,7	17,9
c1	41,3	41,0	37,8	40,3	38,7	35,0	45,5	41,4
c2	39,7	41,0	41,3	41,2	39,6	42,8	36,8	40,8
Agréable								
nr	16,7	15,1	16,7	15,7	18,0	19,4	15,4	15,8
c1	34,9	34,3	32,7	36,1	29,7	31,8	37,2	36,3
c2	48,4	50,6	50,6	48,2	52,3	48,8	47,4	47,9

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	17,9	17,2	19,0	16,6	20,7	21,0	18,9	19,3	13,2
c1	41,2	44,8	32,1	42,3	39,0	43,8	38,6	41,0	47,4
c2	40,9	37,9	48,8	41,1	40,2	35,2	42,5	39,7	39,5
Agréable									
nr	15,9	14,7	16,3	14,2	14,6	15,2	16,2	16,8	13,2
c1	37,2	34,9	27,8	37,0	35,4	39,0	32,4	34,6	42,1
c2	46,9	50,4	56,0	48,8	50,0	45,7	51,3	48,6	44,7

F4

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	22,5	22,5	25,0	22,7	21,6	23,3	21,8	21,0
c1	61,7	60,9	59,9	62,2	64,9	61,5	63,9	62,4
c2	15,8	16,6	15,1	15,1	13,5	15,2	14,3	16,6
Agréable								
nr	20,7	19,9	22,1	20,4	20,4	23,7	19,9	19,7
c1	62,8	62,7	61,2	63,3	64,6	63,3	62,0	64,5
c2	16,6	17,3	16,7	16,3	15,0	13,1	18,0	15,8

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	21,1	20,7	20,6	20,4	24,4	23,8	21,1	23,0	13,2
c1	62,5	61,2	60,3	64,4	63,4	61,0	62,4	61,3	71,1
c2	16,4	18,1	19,0	15,1	12,2	15,2	16,4	15,8	15,8
Agréable									
nr	20,1	19,4	16,7	19,2	20,7	16,2	21,1	20,9	15,8
c1	65,0	60,8	62,3	65,1	62,2	62,9	64,5	62,4	71,1
c2	14,9	19,8	21,0	15,6	17,1	21,0	14,4	16,7	13,2

F5

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	17,4	19,6	18,6	17,8	19,2	19,4	14,7	16,8
c1	70,8	68,3	72,1	71,5	67,3	69,3	77,1	71,4
c2	11,8	12,2	9,3	10,6	13,5	11,3	8,3	11,8
Agréable								
nr	16,0	16,2	16,3	15,7	17,7	18,7	14,7	14,7
c1	57,5	56,1	58,3	56,3	53,5	55,1	62,8	57,8
c2	26,5	27,7	25,3	28,0	28,8	26,1	22,6	27,5

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	16,1	16,4	16,3	14,9	20,7	21,0	16,8	17,7	10,5
c1	74,2	69,4	69,4	74,5	73,2	65,7	69,4	70,2	84,2
c2	9,7	14,2	14,3	10,6	6,1	13,3	13,8	12,1	5,3
Agréable									
nr	15,9	14,7	15,5	14,2	18,3	15,2	15,6	16,0	15,8
c1	62,5	53,9	53,2	60,8	56,1	61,0	55,6	57,1	65,8
c2	21,6	31,5	31,3	25,0	25,6	23,8	28,7	26,9	18,4

F6

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	15,6	15,9	16,3	15,5	17,1	16,6	12,4	15,1
c1	79,9	80,8	80,4	80,3	79,6	78,8	83,1	80,7
c2	4,4	3,3	3,2	4,2	3,3	4,6	4,5	4,2
Agréable								
nr	15,6	17,0	16,7	15,5	16,8	17,3	13,9	14,5
c1	80,6	79,7	80,4	80,9	80,2	80,6	82,0	81,9
c2	3,7	3,3	2,9	3,6	3,0	2,1	4,1	3,6

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	15,4	13,4	14,3	13,0	17,1	18,1	15,0	15,9	10,5
c1	80,4	82,3	80,6	82,9	80,5	77,1	81,5	79,5	89,5
c2	4,2	4,3	5,2	4,1	2,4	4,8	3,5	4,6	0,0
Agréable									
nr	15,6	15,1	14,7	13,0	17,1	16,2	15,4	15,9	10,5
c1	80,9	81,9	82,1	83,9	76,8	79,0	82,1	80,5	84,2
c2	3,5	3,0	3,2	3,1	6,1	4,8	2,5	3,7	5,3

F7

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	15,4	17,0	17,0	15,9	16,8	18,0	13,5	14,3
c1	82,1	80,4	82,1	83,0	79,9	79,2	83,1	84,0
c2	2,5	2,6	1,0	1,1	3,3	2,8	3,4	1,7
Agréable								
nr	14,8	17,0	16,0	14,4	16,8	18,0	13,5	13,9
c1	73,4	71,2	73,4	74,9	67,6	70,0	74,1	74,8
c2	11,8	11,8	10,6	10,6	15,6	12,0	12,4	11,3

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	14,6	13,8	14,3	13,0	15,9	17,1	14,4	15,6	10,5
c1	82,9	83,6	82,1	84,4	82,9	80,0	83,8	82,1	84,2
c2	2,5	2,6	3,6	2,6	1,2	2,9	1,8	2,3	5,3
Agréable									
nr	14,6	12,9	13,9	13,2	17,1	14,3	14,4	14,9	13,2
c1	73,9	75,9	71,4	77,6	76,8	71,4	73,9	73,7	65,8
c2	11,4	11,2	14,7	9,1	6,1	14,3	11,7	11,4	21,1

F8

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	16,3	17,7	18,9	16,8	17,4	17,7	14,3	15,8
c1	70,4	65,7	69,9	69,4	67,9	66,8	74,4	70,6
c2	13,3	16,6	11,2	13,8	14,7	15,5	11,3	13,7
Agréable								
nr	16,7	18,8	17,0	17,6	18,9	19,8	13,5	16,2
c1	66,6	62,0	68,9	65,8	60,4	66,1	68,8	67,6
c2	16,7	19,2	14,1	16,6	20,7	14,1	17,7	16,2

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	15,4	14,2	15,9	14,4	15,9	18,1	15,8	16,6	10,5
c1	72,2	69,8	65,5	72,8	76,8	64,8	70,6	69,8	81,6
c2	12,4	15,9	18,7	12,7	7,3	17,1	13,6	13,6	7,9
Agréable									
nr	15,9	14,7	15,5	14,2	18,3	17,1	16,8	17,0	10,5
c1	68,5	65,9	62,3	70,7	67,1	60,0	68,2	66,4	71,1
c2	15,6	19,4	22,2	15,1	14,6	22,9	15,0	16,6	18,4

F9

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	19,8	19,9	18,6	18,7	22,5	22,3	20,3	17,4
c1	77,5	77,9	78,8	79,8	75,1	75,6	75,9	80,3
c2	2,7	2,2	2,6	1,5	2,4	2,1	3,8	2,3
Agréable								
nr	20,7	21,4	20,5	20,2	22,2	24,0	20,3	18,5
c1	76,7	76,4	76,9	77,9	74,5	73,5	77,4	79,2
c2	2,7	2,2	2,6	1,9	3,3	2,5	2,3	2,3

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	18,1	15,9	18,7	18,0	20,7	23,8	17,2	20,1	13,2
c1	80,1	81,9	79,0	79,6	76,8	73,3	80,9	77,2	84,2
c2	1,7	2,2	2,4	2,4	2,4	2,9	1,8	2,7	2,6
Agréable									
nr	18,1	18,1	18,7	19,5	23,2	21,9	18,5	21,0	13,2
c1	80,4	78,9	79,0	77,2	74,4	77,1	78,9	76,2	86,8
c2	1,5	3,0	2,4	3,4	2,4	1,0	2,7	2,8	0,0

F10

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	15,3	15,9	17,0	14,4	16,8	17,0	12,4	14,5
c1	82,7	83,0	81,1	83,4	81,7	81,3	85,3	83,6
c2	2,0	1,1	1,9	2,1	1,5	1,8	2,3	1,9
Agréable								
nr	16,2	17,3	17,9	15,7	17,7	19,1	13,5	14,9
c1	82,4	81,2	80,8	82,2	81,7	79,9	84,6	84,0
c2	1,4	1,5	1,3	2,1	0,6	1,1	1,9	1,1

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	15,6	12,5	13,5	14,2	15,9	18,1	14,2	15,5	10,5
c1	80,9	87,1	84,5	83,9	81,7	81,9	84,2	82,4	89,5
c2	3,5	0,4	2,0	1,9	2,4	0,0	1,6	2,1	0,0
Agréable									
nr	16,4	13,4	13,9	15,4	15,9	16,2	15,8	16,5	10,5
c1	82,4	83,6	85,7	82,9	82,9	81,9	83,0	82,2	86,8
c2	1,2	3,0	0,4	1,7	1,2	1,9	1,2	1,3	2,6

F11

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	14,9	15,9	16,3	14,4	16,5	17,7	13,2	13,9
c1	82,6	80,1	82,4	83,7	81,7	78,8	85,0	83,8
c2	2,5	4,1	1,3	1,9	1,8	3,5	1,9	2,3
Agréable								
nr	16,5	15,9	17,0	15,3	18,9	18,7	16,2	14,3
c1	64,1	65,3	64,1	66,7	61,0	61,5	62,4	66,4
c2	19,5	18,8	18,9	18,0	20,1	19,8	21,4	19,3

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	14,6	13,8	13,5	13,7	17,1	16,2	14,0	15,1	10,5
c1	82,9	83,2	82,5	83,7	79,3	81,9	84,0	82,4	86,8
c2	2,5	3,0	4,0	2,6	3,7	1,9	2,1	2,4	2,6
Agréable									
nr	16,1	13,8	14,7	15,6	19,5	15,2	15,6	16,7	10,5
c1	70,2	60,8	61,1	68,0	56,1	62,9	65,3	64,2	60,5
c2	13,6	25,4	24,2	16,3	24,4	21,9	19,1	19,0	28,9

Choix entre deux cartes, variations de la mise en page

M1

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	70,1	69,4	70,2	71,8	67,0	66,4	75,9	66,6
c1	17,6	18,5	16,0	17,0	19,5	21,9	13,5	21,2
c2	12,3	12,2	13,8	11,3	13,5	11,7	10,5	12,2
Agréable								
nr	66,4	67,2	67,3	68,2	64,3	65,0	70,3	64,1
c1	20,0	19,2	17,3	19,1	21,0	23,0	17,3	22,3
c2	13,7	13,7	15,4	12,7	14,7	12,0	12,4	13,7

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	69,5	68,1	70,2	68,5	73,2	73,3	67,1	70,5	63,2
c1	17,9	20,3	17,9	17,3	18,3	15,2	19,3	17,3	23,7
c2	12,7	11,6	11,9	14,2	8,5	11,4	13,6	12,2	13,2
Agréable									
nr	65,3	65,1	65,5	66,1	72,0	70,5	63,7	66,7	60,5
c1	19,9	22,4	21,0	17,8	18,3	17,1	22,0	19,8	23,7
c2	14,9	12,5	13,5	16,1	9,8	12,4	14,4	13,6	15,8

M2

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	40,1	35,8	41,0	40,6	37,8	42,8	40,2	38,9
c1	35,7	36,9	36,9	37,2	38,1	35,3	33,1	37,6
c2	24,2	27,3	22,1	22,3	24,0	21,9	26,7	23,5
Agréable								
nr	37,9	36,2	40,7	38,0	35,1	41,7	36,8	37,8
c1	38,5	40,6	37,5	40,1	38,4	37,1	39,1	39,5
c2	23,6	23,2	21,8	21,9	26,4	21,2	24,1	22,7

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	36,5	38,8	37,3	38,5	50,0	40,0	37,2	40,7	28,9
c1	38,2	39,2	37,7	36,1	32,9	41,9	35,5	34,9	52,6
c2	25,3	22,0	25,0	25,5	17,1	18,1	27,3	24,4	18,4
Agréable									
nr	35,2	38,8	38,1	34,4	41,5	37,1	37,2	38,7	21,1
c1	41,4	36,6	37,7	40,1	37,8	44,8	36,1	37,5	60,5
c2	23,3	24,6	24,2	25,5	20,7	18,1	26,7	23,8	18,4

M3

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	27,3	28,0	28,5	27,0	28,2	29,7	29,3	24,4
c1	66,0	62,4	64,4	64,8	66,1	63,6	65,4	68,3
c2	6,7	9,6	7,1	8,3	5,7	6,7	5,3	7,4
Agréable								
nr	25,4	25,1	27,2	24,6	25,2	29,0	25,6	22,9
c1	63,2	61,6	62,5	61,8	63,1	60,4	63,2	65,5
c2	11,3	13,3	10,3	13,6	11,7	10,6	11,3	11,6

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	27,3	23,7	26,2	24,3	30,5	28,6	26,3	27,7	18,4
c1	67,0	68,5	67,1	67,8	64,6	63,8	66,9	65,8	71,1
c2	5,7	7,8	6,7	7,9	4,9	7,6	6,8	6,5	10,5
Agréable									
nr	25,8	24,1	26,6	22,8	25,6	22,9	25,9	25,9	15,8
c1	64,3	65,5	63,1	65,9	58,5	66,7	63,4	63,2	63,2
c2	9,9	10,3	10,3	11,3	15,9	10,5	10,7	10,9	21,1

M4

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	28,6	28,8	28,8	28,0	27,9	30,0	28,6	26,5
c1	45,4	48,7	45,2	46,3	45,9	42,8	48,1	45,4
c2	26,0	22,5	26,0	25,7	26,1	27,2	23,3	28,2
Agréable								
nr	23,8	23,2	24,7	23,4	23,7	26,9	23,7	21,8
c1	57,8	59,4	54,8	59,2	59,8	54,8	60,5	57,8
c2	18,4	17,3	20,5	17,4	16,5	18,4	15,8	20,4

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	26,3	26,7	25,8	27,2	30,5	29,5	27,7	28,8	23,7
c1	44,4	50,4	43,7	44,7	47,6	49,5	47,0	45,1	52,6
c2	29,3	22,8	30,6	28,1	22,0	21,0	25,3	26,1	23,7
Agréable									
nr	23,8	23,7	23,8	23,8	22,0	21,9	23,2	24,1	18,4
c1	54,6	60,8	53,6	57,9	62,2	58,1	60,2	57,3	68,4
c2	21,6	15,5	22,6	18,3	15,9	20,0	16,6	18,7	13,2

Choix entre deux cartes, variations de l'aspect général

A1

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	19,7	22,1	20,8	18,3	21,0	20,8	18,8	17,6
c1	61,7	61,6	62,5	64,1	57,1	59,4	62,8	63,2
c2	18,6	16,2	16,7	17,6	21,9	19,8	18,4	19,1
Agréable								
nr	18,0	20,7	18,6	16,8	19,2	19,4	17,3	16,2
c1	37,5	32,8	41,3	39,5	28,8	37,8	41,0	37,6
c2	44,6	46,5	40,1	43,7	52,0	42,8	41,7	46,2

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	19,6	17,7	18,7	17,1	23,2	21,9	19,3	19,9	15,8
c1	63,3	65,5	60,3	64,9	57,3	58,1	61,4	61,4	68,4
c2	17,1	16,8	21,0	18,0	19,5	20,0	19,3	18,7	15,8
Agréable									
nr	17,9	15,1	14,3	16,6	20,7	20,0	16,2	18,2	13,2
c1	40,0	34,5	35,7	38,2	35,4	35,2	35,9	37,4	39,5
c2	42,2	50,4	50,0	45,2	43,9	44,8	47,8	44,4	47,4

A2

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	30,8	29,2	30,4	29,7	32,4	33,2	30,1	28,6
c1	51,3	50,9	52,9	53,3	45,9	48,4	53,4	52,9
c2	17,9	19,9	16,7	17,0	21,6	18,4	16,5	18,5
Agréable								
nr	21,7	22,5	23,4	22,1	22,8	26,1	21,4	19,1
c1	47,5	46,5	48,4	51,2	41,1	46,6	48,1	49,4
c2	30,8	31,0	28,2	26,8	36,0	27,2	30,5	31,5

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	27,8	29,7	30,6	27,9	26,8	28,6	31,0	31,1	23,7
c1	54,6	53,0	48,4	53,4	57,3	47,6	51,1	51,4	50,0
c2	17,6	17,2	21,0	18,8	15,9	23,8	17,9	17,5	26,3
Agréable									
nr	20,6	19,0	20,2	20,2	18,3	21,9	20,7	22,0	15,8
c1	51,1	50,9	46,4	46,2	53,7	46,7	47,8	47,6	44,7
c2	28,3	30,2	33,3	33,7	28,0	31,4	31,4	30,4	39,5

A3

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	23,7	25,8	24,7	23,4	26,1	27,9	22,2	22,1
c1	47,1	46,5	46,8	49,0	41,4	42,0	47,4	48,7
c2	29,2	27,7	28,5	27,6	32,4	30,0	30,5	29,2
Agréable								
nr	18,4	18,8	19,6	18,7	21,3	23,0	16,2	17,9
c1	27,3	27,7	26,9	29,1	20,4	29,0	30,5	25,8
c2	54,3	53,5	53,5	52,2	58,3	48,1	53,4	56,3

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	22,3	22,8	22,2	23,8	25,6	25,7	22,8	23,8	21,1
c1	47,1	54,7	46,4	47,1	42,7	47,6	45,8	46,9	52,6
c2	30,5	22,4	31,3	29,1	31,7	26,7	31,4	29,3	26,3
Agréable									
nr	17,4	17,2	16,7	18,3	22,0	20,0	17,2	18,7	13,2
c1	28,8	27,6	25,4	26,0	29,3	25,7	26,3	27,0	34,2
c2	53,8	55,2	57,9	55,8	48,8	54,3	56,5	54,3	52,6

A4

Efficace	Total	Étudiants	Enseignants	Chercheurs	Chargés d'études	Édition	Épisodiques	Réguliers
nr	23,2	23,2	24,0	21,4	24,0	24,4	21,4	22,3
c1	57,8	57,9	58,7	60,1	58,3	56,2	57,5	58,8
c2	19,0	18,8	17,3	18,5	17,7	19,4	21,1	18,9
Agréable								
nr	22,1	22,1	21,8	20,2	22,8	23,0	21,1	21,4
c1	53,1	52,4	54,8	56,9	52,0	54,1	54,1	53,8
c2	24,9	25,5	23,4	22,9	25,2	23,0	24,8	24,8

Efficace	Sémio	NonSémio	Originaux	Classiques	Concepteurs	Réalisateurs	C+R	Francophones	Anglophones
nr	22,3	20,3	19,4	21,9	22,0	26,7	21,6	23,6	15,8
c1	57,6	64,2	56,3	60,3	61,0	59,0	59,8	57,1	71,1
c2	20,1	15,5	24,2	17,8	17,1	14,3	18,7	19,3	13,2
Agréable									
nr	21,3	20,7	20,6	20,9	25,6	24,8	19,9	22,5	13,2
c1	52,9	57,3	50,0	54,1	51,2	55,2	55,6	52,6	63,2
c2	25,8	22,0	29,4	25,0	23,2	20,0	24,4	24,9	23,7

4- Commentaires

a- Réponses totales

Questions générales

L'enquête a été menée grâce à un questionnaire en ligne non supervisé. Étant donné qu'aucune information d'identification des personnes interrogées n'était requise, il n'est pas possible d'estimer la valeur de l'échantillon par rapport à une population d'utilisateurs de cartes thématiques qui est elle-même assez vaste. Cependant, les réponses ont été assez nombreuses pour qu'on puisse considérer qu'elles ont une valeur informative sur le sentiment des enquêtés vis-à-vis de la présentation visuelle des cartes thématiques. De même, on a pu procéder à une subdivision des réponses selon des types d'enquêtés caractérisés par une certaine position vis à vis de la relation à la carte à son aspect esthétique.

Le mode de diffusion de l'enquête, par Internet et sur des réseaux professionnels d'enseignement et de pratique de la cartographie ajoute un certain biais technophile aux résultats. Les autres biais évidents sont la taille des images proposées et le fait d'avoir présenté la carte de référence à gauche et la variation de couleur/forme/mise en page/ aspect en opposition à droite. Cette répétition de la présentation a pu induire un effet d'habitude renforçant la réponse pour la carte de référence. Cependant, ce mode de présentation a été préféré à une répartition droite / gauche au hasard, pour ne pas lasser l'enquêté trop vite.

La question G1 correspond au choix de la langue du formulaire. Seuls 38 personnes ont choisi le formulaire en anglais (contre 819 celui en français). Les réponses à la question G2 permettent de qualifier les répondants d'utilisateurs réguliers de la carte thématique, et, pour presque les deux tiers, cette utilisation recouvre conception et réalisation concrète. Les enseignants, les chargés d'étude et les chercheurs composent des parties significatives de l'échantillon, ce qui les qualifie en tant que groupe pour les tris croisés qui seront analysés par la suite. La question G3 a permis d'affiner cette utilisation de la carte thématique pour préciser la composition des groupes précités.

La question G4, enfin, nous donne une vision plus fine de l'appréciation par les enquêtés de certains points de vue concernant l'aspect esthétique des cartes thématiques. Cette question proposait cinq réponses possibles hiérarchisées, ainsi que la possibilité ne ne pas répondre. Le fait d'avoir placé cette question en tout début de questionnaire, sans illustration des sous-questions, explique peut-être le décalage que l'on peut noter parfois entre ces réponses et celles qui forment le corps principal de l'enquête, comparant des cartes deux à deux. Les réponses à cette question G4 semblent indiquer une appréciation tout d'abord assez classique de la relation à l'aspect visuel des cartes thématiques. Une large part de répondants déclare faire confiance à la méthodologie (notamment la sémiologie) pour produire une carte agréable (47% contre 25%), et est d'avis qu'une carte doit être visuellement simple pour être efficace (80% contre 6%). Mais on note aussi que

l'aspect visuel n'est pas du tout inactif : d'une part une majorité déclare qu'une carte esthétiquement recherchée retient mieux l'attention (68% contre 10%), d'autre part l'aspect agréable d'une carte est considéré comme important pour son efficacité (86% contre 6%). Par ailleurs, la première sous-question concernant la lisibilité comme étant la caractéristique principale de la carte thématique recueille un nombre étonnamment important de non-réponses (78%), indicateur d'un doute.

Au final, l'enquête semble justifiée par ces réponses contrastées et qui nuancent l'idée que l'on peut se faire de l'appréciation de l'aspect esthétique des cartes thématiques. Il est intéressant d'approfondir la question et de proposer aux enquêtés des illustrations concrètes de différentes variations de l'aspect visuel de cartes thématiques.

Variations de la couleur

La première question « colorée » est intéressante car elle marque bien le décalage entre efficacité et aspect agréable. Si le bleu utilisé pour représenter la variation négative de la population est plus classique et considéré comme plus efficace (72% contre 32%) il est cependant perçu comme largement moins agréable (18% contre 56%). Dans ce cas, l'aspect agréable de la carte ne participe pas à son efficacité perçue.

Les questions suivantes utilisent des variations de couleurs en allant emprunter des combinaisons colorées tirées d'œuvres picturales dont l'utilisation de la couleur reste dichotomique, adaptée à la représentation de la variable. Les teintes moins saturées et un peu moins lumineuses d'André Lhote ne plaisent pas (C2) alors que les teintes tirées d'un tableau de Cézanne, plus claires et utilisant le vert, sont au contraire appréciées (C3). Les teintes plus contrastées de R. Delaunay sont quant à elles perçues comme presque aussi efficaces que celles de la carte de référence, tout en étant à peine plus agréables (C4). L'appréciation de ces variations semble dont corrélée au contraste général de l'image et à celui plus spécifique opposant les deux signes de la variable représentée. Les écarts entre questions ne sont pas très importants et le taux de non-réponse reste faible.

A partir de la question C5 des variations colorées plus franches sont expérimentées. Les réponses aux questions C5 et C7 indiquent une nette préférence pour les cartes saturées et contrastées, où le dégradé de couleurs est clairement lisible. La question C6 montre un fort rejet du noir et blanc, malgré une simplicité de lecture théoriquement plus grande. L'effet visuel de la couleur, bien connu, est vérifié. La carte proposée en C8 utilise les variables visuelles de grain et de couleur. Cette combinaison est largement rejetée par les personnes enquêtées, notamment pour la sous-question de l'aspect agréable.

Enfin, de façon assez étonnante, la carte proposée en C9, dont les couleurs expriment une relation inverse à l'habitude (teintes chaudes / froides), est considérée comme étant plus agréable que la carte de référence, tout en étant dotée d'un score d'efficacité assez important par rapport aux autres propositions (27%). Le dégradé de vert qui est utilisé ici semble apprécié, malgré sa relation inverse à la valeur de la variable représentée (valeurs positives d'évolution de la population).

Variations de forme

Les questions suivantes explorent des variations de la forme des éléments graphiques utilisés par la carte. En général, ces variations ont été largement perçues comme inefficaces et perturbantes (taux de non-réponse élevé), à quelques très intéressantes exceptions près.

Les deux premières questions utilisent une légère variation du fond de carte, qui est lissé. Les polygones des communes sont ainsi replacés par des formes plus souples. Malheureusement, cette variation est passée en grande partie inaperçue, peut-être à cause de la taille des images utilisées, trop petite, et du mode de diffusion du questionnaire qui ne contrôlait pas très précisément la façon dont il était affiché sur les écrans des personnes interrogées.

La question F3 met en œuvre une variation de forme plus extensive en jouant sur une hiérarchisation de la netteté des éléments de la carte. Les symboles voient ainsi leur contours épaissis, alors que les communes du fond de carte sont estompées tout en ajoutant une légère ombre l'ensemble qu'elle forment. Cette carte a connu un succès important, elle est considérée comme aussi efficace que la carte de référence mais bien plus agréable (48% contre 35%). Le renforcement des contrastes de forme provoqué par cette variation, malgré la complexification informative qui en découle (dégradé de gris de l'ombre, variation des épaisseurs), a été apprécié. Il semble que l'on touche ici à une complexification visuelle qui ne provoque pas une complexification de perception ou de compréhension, au contraire.

A l'inverse, la question F4 utilise une simplification des formes du fond de carte qui le rend plus géométrique, anguleux. Cette transformation trop importante réduit la reconnaissance des formes et les rend plus abstraites, elle est nettement désapprouvée par les enquêtés.

De F5 à F8, on expérimente avec des variations de forme qui vont cette fois changer l'aspect de la surface des communes, les plages colorées supportant la représentation de l'information. Les variations testées sont des textures, ce qui a pour résultat de complexifier visuellement l'image, mais cette complexification est uniforme. Cependant, elles ont toutes été largement rejetées, tant pour l'efficacité que pour le caractère agréable. On peut poser l'hypothèse que la transformation de la représentation s'éloigne un peu trop de l'habitude pour être efficace, et ne touche qu'une partie seulement de l'aspect général de la carte.

C'est aussi le cas pour les trois dernières variations de formes. En F9, on teste une variation de la forme des symboles pour utiliser une impression esthétique de progrès potentiellement exprimée par l'étirement vertical, et, à l'inverse, la stagnation exprimée par un aplatissement. Ce test a un résultat fortement négatif (77% contre 3%, avec 20% de non-réponses). Trop original ?
La question F10 utilise à nouveau le noir et blanc, avec une variation de grain et d'orientation. Ses résultats sont très négatifs, comme pour la question C6, confirmant le rejet du noir et blanc.

Enfin la question F11 représente la volonté de pousser volontairement très loin la déformation et l'originalité de la représentation, en remplaçant les polygones des communes par des rectangles arrondis de surface approximativement équivalente. Le résultat est un ensemble de formes semblables mais disjointes, dont l'aspect est très éloigné des cartes habituelles. Cette variation a été jugée très peu efficace par les enquêtés, mais avec un taux de non-réponses a relativement important (15%). Le jugement sur l'aspect agréable approche les 20%, ce qui n'est pas négligeable, comparé aux autres questions de cette rubrique.

Variations de mise en page

Les quatre questions concernant des variations de la mise en page des éléments de la carte ont laissé les personnes enquêtées assez perplexes, avec des taux de non-réponses importants. L'effet mémoire de la présentation répétée de la carte « de référence » en première carte à gauche a du jouer sur sa légère prédominance dans les réponses à la question M1.

La question M2 propose une mise en page avec le titre à gauche et la légende en haut de la page. L'objectif assigné à cette question était de tester l'expression de l'idée d'équilibre et de tension due à un rééquilibrage vertical des éléments, les plus petits étant considérés comme plus légers et pouvant se positionner en haut de l'image. Le fort taux de non-réponse à cette question (40%) ne permet pas de conclure, la carte de référence ayant été légèrement préférée à celle présentant la variation.

Les questions M3 et M4 explorent l'effet de la variation de la taille globale du fond de carte dans la mise en page de la carte. Les taux de non-réponse sont élevés (25%), cependant la variante utilisant un fond de carte de plus grande taille est nettement moins rejetée que la variante inverse.

Variations de l'aspect général

La dernière série de questions se voulait un test d'images plus complexes, au sens où l'on a combiné plusieurs variantes simples de couleur et de forme. Les questions A1 et A2 testent la mise en application d'aspects décrits par H. Wölfflin sous le nom de formes ouvertes et fermées. L'hypothèse était que des formes ouvertes pouvaient paraître plus lisses, plus agréables, et ainsi mieux communiquer les informations que les formes fermées qui, au contraire, ajoutent des contours et des angles en renforçant la visibilité de toutes les formes de l'image sans distinction.

La carte de la question A1 présente ainsi des contours souples, des coins arrondis (par exemple dans la police de caractères choisie), ainsi qu'un fond de carte continu dans toute l'image, affadi en-dehors de la zone étudiée. L'efficacité de cette composition est jugée comme largement moindre que celle de la carte de référence par les enquêtés, cependant son caractère agréable, lui, est jugé supérieur (45% contre 38%). La variante A2, elle, emploie des formes fermées : les contours sont renforcés, on a ajouté des cadres et des

ombres. Le jugement est cette fois largement défavorable sur les deux plans, de l'efficacité et du caractère agréable.

Pour aller plus loin dans cette expérimentation de compositions de formes, les questions A3 et A4 proposent des applications plus mesurées des principes de composition évoqués ci-dessus. La variante A3 a rencontré un certain succès avec 29% contre 47% pour le jugement d'efficacité et surtout une majorité de 54% contre 27% pour l'aspect agréable. Le fait d'utiliser du vert à la place du bleu, ce qui a été jugé comme inadapté par une majorité d'enquêtés (question C1) peut en partie expliquer ce résultat défavorable en efficacité. La variante A4 a rencontré moins de succès, peut-être là encore en partie à cause de l'utilisation du vert. Selon quelques explications récoltées dans la question subsidiaire prévue en fin de questionnaire, il semble que les modifications apportées sur la lisibilité des contours du fond de carte n'ont pas bien été perçues à cause de la petite taille des images, et potentiellement des écrans des personnes enquêtées.

En conclusion, on peut retenir de cette analyse des réponses totales (sans croisement), quelques enseignements simples :

- D'une manière générale, les représentations « classiques », relativement simples, proposées comme référence ont toujours été considérées comme plus efficaces que les variantes formelles proposées. Cependant l'appréciation de l'aspect esthétique varie beaucoup plus selon les questions et une partie non négligeable des variantes a été considérée comme étant plus agréable (6 cas sur 27 questions). Ce constat se nuance bien sur lorsque l'on subdivise les enquêtés en groupes selon leurs réponses aux questions générales (partie suivante).
- La relation entre le respect de la méthodologie et le caractère agréable du résultat ne fait pas l'unanimité : si 46% des enquêtés la considère comme logique, 25% la réfute.
- Une carte agréable à lire est toujours considérée comme plus efficace, à une large majorité (plus de 80% de réponses positives).
- Les choroplèthes peuvent supporter des camaïeux de couleurs originaux, si le contraste général de l'image ainsi que l'opposition entre les deux situations de la variable représentées (négatif / positif) sont préservés. Il existe une marge de manœuvre pour le choix des combinaisons de couleurs.
- Cette originalité dans le choix des couleurs peut même aller jusqu'à l'inversion de la relation classique couleurs froides / couleurs chaudes, lorsque les oppositions sont préservées et que les relations colorées restent lisibles à l'intérieur d'une gamme de teintes.
- Le noir et blanc est fortement rejeté, en efficacité comme en aspect esthétique.
- La variable visuelle de grain est de même assez rejetée, même en la combinant à la couleur. Est-elle trop visuellement complexe ?
- Les variations de forme ne sont pas pertinentes lorsqu'elles s'appliquent seules. Lorsqu'on les combine, elles peuvent produire des images plus contrastées mais aussi plus lisibles et plus agréables. Le jeu sur la netteté et son utilisation pour renforcer la hiérarchie visuelle de l'image semble spécialement efficace (question F3).

- Lorsque l'on exagère franchement la variation de forme dans les propositions, l'efficacité est clairement mise en défaut mais il se produit un effet de seuil à propos de l'aspect esthétique, car la proposition en arrive à ne plus vraiment ressembler à une carte.

b- Commentaires des tris croisés par groupes

La répartition des répondants en groupes selon leurs réponses aux questions générales permet de nuancer les commentaires précédents. Les groupes ont été réalisés tout d'abord selon la fréquence d'utilisation de la carte thématique, puis selon la profession ou plus exactement le contexte et l'objectif de conception / réalisation, le degré de tolérance à l'originalité et enfin selon la langue.

- **Utilisateurs épisodiques / réguliers.**
  - □ Les épisodiques font un peu moins confiance à la méthodologie pour produire un résultat agréable.
  - □ Ils considèrent un peu plus qu'une carte esthétiquement plus fouillée retiendra mieux l'attention.
  - □ Ils estiment les cartes courantes (presse, manuels) trop souvent fades.
  - □ Il semble que les répondants qui déclarent n'utiliser la carte thématique que de temps en temps soient un peu moins rigides dans leur vision de la méthodologie.
  - □ Cette idée se vérifie aussi sur les questions comparant deux cartes. Dans la partie sur la couleur, les « épisodiques » ont toujours un taux de réponse pour la carte n°2 supérieur à celui des « réguliers » pour la sous-question concernant l'aspect agréable.
  - □ Dans les autres groupes de questions (formes, mise en page, aspect général), les avis de ces deux groupes sont très proches.

- **Professions / usages de la carte thématique**
  - □ Les enseignants sont les plus dubitatifs quant à la capacité de la méthodologie à produire un résultat agréable (27% contre).
  - □ A la question sur l'inefficacité des cartes ou des camaïeux trop originaux, les étudiants, les enseignants et les chargés d'études sont plutôt d'accord, alors que les chercheurs et les cartographes d'édition expriment plus de doutes.
  - □ Les chargés d'étude expriment un avis souvent plus appuyé que les autres professions, notamment sur les questions concernant la couleur et la forme. Ces personnes ont le même avis que les autres « professions » en moyenne mais elles ont tendance à valoriser un peu plus que les autres les variations proposées en regard des cartes de référence.
  - □ Les réponses des étudiants aux questions générales ressemblent assez à celles des enseignants, avec par exemple une confiance encore plus grande en la capacité de la méthodologie à produire des résultats agréables. On note aussi leur très grande approbation de l'idée qu'une carte agréable soit toujours plus efficace. En ce qui concerne les questions comparant deux cartes, les étudiants montrent une tolérance aux variantes originales plus grandes que les enseignants.

- **Capacité de la méthode à produire des cartes d'aspect agréable**
  - La deuxième sous-question de la question générale n°2 permet de distinguer deux groupes selon ce qu'on peut appeler la confiance de l'enquêté dans la qualité de l'aspect d'une carte produite en appliquant la méthodologie. Ce terme n'était volontairement pas mieux défini qu'en ajoutant le mot « sémiologie » entre parenthèses, pour évoquer la sémiologie graphique.
  - Le groupe des « confiants » se distingue notamment par un soutien largement plus grand à l'idée qu'une carte visuellement simple sera plus lisible et plus efficace. Cela semble logique si l'on ne retient qu'une version réduite, simplifiée de la méthodologie de la cartographie thématique. Cependant on remarque aussi une nette sur-valorisation de l'idée qu'une carte agréable sera toujours plus efficace. On peut donc faire l'hypothèse que pour beaucoup de ces personnes, une carte visuellement simple sera agréable car lisible, ce qui correspond à l'avis de certains cartographes dans l'épistémologie de la discipline[1].
  - Dans le cadre des questions comparatives sur la couleur et la forme, les « confiants » se distinguent assez logiquement par des réponses plus conservatrices (notamment sur l'inversion de couleur à la question C10). Cependant cette tendance s'inverse pour les questions A1, A3 et A4 de la série sur l'aspect général, où ce groupe montre une préférence plus marquée pour l'efficacité et l'aspect esthétique des cartes proposées en regard des cartes de référence.

- **Personnes ouvertes à l'originalité ou plus classiques**
  - Nous avons cherché à cerner plus finement le groupe des personnes ouvertes à des représentations plus originales, au travers des sous-questions 5, 6 et 7 de la question générale n°3.
  - On note que cette distinction en deux groupes n'a pas d'effet sur la question concernant la capacité de la méthode à produire des cartes agréables. Les deux groupes font confiance à la méthodologie pour produire un résultat agréable à plus de 40%. Les répondants « originaux » estiment donc que la méthodologie peut laisser assez de liberté dans ses règles pour aboutir à un résultat esthétique.
  - Les deux groupes ne se distinguent pas vraiment dans leurs réponses aux questions sur les variations de couleur, sauf la question C10 utilisant le noir et blanc ou la question C8 proposant une utilisation colorée du grain.
  - La différenciation des réponses de ces deux groupes est nettement plus visible sur les questions concernant la forme : les « originaux » ont plus tendance à accepter les cartes proposant des variations inhabituelles de la représentation.
  - La partie du questionnaire concernant les variations de la mise en page montre des réponses assez proches pour les deux groupes.
  - La dernière partie, sur l'aspect général, est un peu plus contrastée avec une sur-représentation des réponses notamment pour la carte proposée en carte n°2 à la dernière question (A4), où les « originaux » sont à plus de quatre points au-dessus des « classiques ».

1. Notamment Max Eckert et Arthur Robinson.

- **Anglophones / francophones**
  - Le faible nombre de répondant ayant choisi la version en anglais du questionnaire (38 contre 819) ne permet pas de considérer ce regroupement comme très représentatif, mais on peut noter quelques différences sensibles sur certaines questions. Les anglophones ayant répondu au questionnaire se caractérisent par une sur-représentation des chercheurs et des cartographes d'édition.
  - Ils sont bien plus nombreux à répondre qu'une carte esthétiquement recherchée retient mieux l'attention.
  - Le rejet du noir et blanc est bien plus franc chez les anglophones. La méthodologie et les usages des francophones sont-ils encore trop marqués par le noir et blanc ?
  - Dans la partie concernant la couleur, les anglophones sont bien plus intéressés par les variations proposées face à la carte de référence, sauf pour la proposition utilisant du noir et blanc.
  - Cette situation s'inverse, mais dans des proportions plus faibles, en ce qui concerne les propositions de variations de forme, qui les font moins réagir.
  - Dans les deux dernières parties du questionnaire, les réponses sont sensiblement les mêmes que pour les francophones, avec souvent une opinion plus fortement exprimée.

Pour finir, si l'on observe les différences entre les réponses de chaque groupe par rapport au total, on peut relever quelques points intéressants :

- Sur la question C5, à l'inverse de la majorité, quelques groupes préfèrent la carte de référence à la variation proposée, qui présente des couleurs plus contrastées issues d'une œuvre de Robert Delaunay (chercheurs, chargées d'études, éditeurs, classiques et concepteurs seuls).
- Les réalisateurs seuls sont l'unique groupe à ne pas trouver l'inversion de la gamme de couleurs à la question C10 plus agréable que la carte de référence.
- Sur la question F2 (symboles, fond de carte assoupli), si la majorité considère la carte de référence plus agréable, on trouve quelques groupes d'opinion inverse (étudiants, chargés d'études, originaux et, plus intéressants, les concepteurs-réalisateurs).
- Les enseignants sont le seul groupe à ne pas trouver la variation proposée en question A1 plus agréable (formes ouvertes).