HAL
open science

Pour une grammaire des ineffables : introduction et prolongement de la théorie de Riegl, une histoire de l'esprit par l'étude de la reconnaissance des formes et de ses outils

Thomas Gouin

To cite this version:

Thomas Gouin. Pour une grammaire des ineffables : introduction et prolongement de la théorie de Riegl, une histoire de l'esprit par l'étude de la reconnaissance des formes et de ses outils. Architecture, aménagement de l'espace. 2016. dumas-01499468

HAL Id: dumas-01499468

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01499468

Submitted on 31 Mar 2017

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.

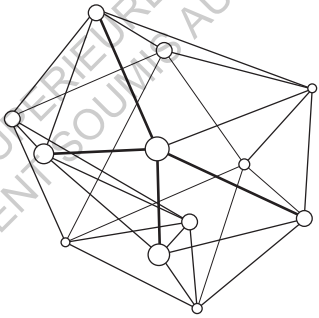
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

THOMAS GOUIN

POUR UNE GRAMMAIRE DES INEFFABLES

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



Séminaire «Morphologie ou l'art de la description»
Encadré par Toufik Hammoudi & Jean Lévêque
Mémoire // ENSANantes // 2016

Nous avons arraché,
volé au réel des extraits de
sensations visuelles, sonores,
tactiles, pour en créer des
images intemporelles,
symboliques, des isolats
perdus dans une galaxie de
représentations que contient
le cerveau de chacun d'entre
nous. Nous avons construit
un empire de formes
qui nous évitent de faire
face systématiquement à
l'ineffable, à l'informe, et ce
fantôme, par notre cause, reste
intangible.
Il existe donc quelque
part pour chaque forme, un
espace de transformation qui
nous permet d'accepter leurs
variations que la nature nous
donne à voir. Mais un espace
qui leur conférerait en plus,
une illusion de stabilité, les
rendant idéales, indépendantes
du temps. Car nous souhaitons
la nature cohérente à nos
yeux, nous nous attendons
à rencontrer ses traits,
bien qu'ils soient des traits
uniques, relatifs à chaque
situation. Nous cherchons
donc dans ces formes, des
images intemporelles, quelque
chose qui puisse les contenir
et les faire varier, comme des
peaux de forme, épongeant
leurs transformations,
une surface recouvrant la
complexité du monde.

MÉMOIRE DE MASTER

thomasGouin

POUR UNE GRAMMAIRE DES INEFFABLES

Introduction et prolongement de la théorie de Riegl,
"une histoire de l'esprit" par l'étude de la reconnaissance des
formes et de ses outils.

2016

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Je remercie chaque personne s'étant déjà aventurée jusqu'ici pour son soutien passé, ou présent (de par cette lecture que je souhaite la plus agréable possible) et en particulier mes correcteurs.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

“Poser une question et que la question persiste, c’est le travail d’écriture”
Jean Lévêque

Pavillons d'architecture : De gauche à droite et de bas en haut, figures 1, 2, 3, 4, 5, 6

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Tous ces projets ont un point en commun, ils ne se laissent pas facilement inviter à l'art de la description ou bien, on les qualifiera vulgairement d'architecture "objet" à défaut de reconnaître leur qualité dans la différence qu'ils entretiennent avec les œuvres qui les entourent. Bien sûr on peut les décrire, la critique esthétique, appréciative ou dépréciative se prête facilement à ce genre de jeu, et bien qu'elle reste un terrain d'études intéressant, ce ne sera pas le propos de cet écrit. Bien au contraire, je te propose d'aller chercher ce que sont ces formes en décrivant les relations qu'elles entretiennent avec un ensemble plus large de formes, et nous verrons là, tout l'enjeu de ce contrepoint à la description subjective du monde qui nous entoure.

Toute notre vie nous allons à la rencontre d'objets nouveaux mais la plupart nous sont en fait déjà familiers. Parfois cependant la nature nous invite à porter notre regard sur des "objets" que nous trouvons - à l'instar de ces architectures contemporaines - bizarres, inconnus, curieux, mystérieux, inclassables.

Comme ces quelques petites choses ramassées sur un sentier

Tu vois ces choses, ces trucs, ces machins là, ils me posent problème. Ils m'ennuient ces...indescriptibles! Ils prétendent exister, se tenants là devant moi, dans le sac, je les touche, les prend dans ma main mais je ne peux les nommer. Cela ressemble à une pierre, un bout de métal, et encore, comment m'en assurer? Pourquoi? Pourquoi vois-je donc ces trucs, se détachant du fond, se détachant du pur espace, se séparant des autres objets qui les entourent? Pourquoi puis-je me les représenter déplaçables, voir me les imaginer dans ma main et non glués dans l'espace devant moi? Et surtout, pourquoi semblent-ils former un ensemble d'objets qui ont à faire à être entre eux...Ces choses, je ne puis en donner une explication, un nom, mais, je les reconnais en tant qu'individualités et c'est comme si ça s'arrêtait là…comment aller un peu plus loin?

Jetons les idées, reçues ou intuitives, elles seront toujours matière à penser.

1 J'entrevois le monde par la fenêtre de mes sens. Ceux qui me sont propres, dont j'ai hérité, génétiquement, de mon espèce. Ce n'est donc pas "le" monde que je vois mais "mon" monde. Ça veut dire qu'il peut y en avoir d'autres suivant d'autres sens mais aussi qu'il en existe un encore plus grand que le mien, englobant tous les autres. Car, lorsque je vit une expérience avec quelqu'un, je partage sa réalité, ce qui se passe apparaît dans mon monde mais aussi dans le sien. Ce point que j'ai en commun avec elle valide l'existence d'une réalité englobant les mondes perçus par tous les êtres vivants. "*La réalité est ce dont on peut être témoin : elle repose donc sur la connaissance qui peut être*

Figure 7 : choses ramassées sur un sentier

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

partagée : la connaissance-ensemble ou con-scientia"[1]. D'où l'idée d'une fenêtre des sens par laquelle on accède à la réalité. Autrement dit, je ne peux pas dire la réalité, mais je sais qu'elle existe et puis j'ai mon monde qui en est un fragment.

2 Les expériences. Je ne peut donc faire part aux autres que de ce ténu fragment limité au domaine de mes sensations. Si nous entreprenions maintenant de lire le monde d'une personne sur l'axe du temps, nous pourrions le découper en séquences que nous appellerions expériences. Des expériences de cette personne face aux choses et de sa naissance à sa mort se sont et se succéderont des expériences uniques contenant chacune des choses. Comme des choses dans des sachets et tous les sachets dans un grand sac. Appelons pour le moment ces choses, des formes.

Tu l'auras bien compris, mais je souhaite être clair, une forme, je veux bien dire une forme, ce n'est pas forcément un carré, un rond ou un triangle! C'est peut-être bien, une force de la nature, un relief, un lieu, que sais-je encore : bref toute chose.

3 Familiarités. Observons donc maintenant le contenu de ce sac d'un peu plus près. Nous pouvons remarquer plusieurs faits, qui dans le cas de notre étude, sont remarquables.

Imaginons que nous ne disposions d'aucun vocabulaire. Il n'y a que des formes indescriptibles. En piochant certaines formes provenant des expériences, nous pourrions tout de même commencer à en faire des groupes. Ou bien, nous pourrions classer un ensemble de formes par rapport à l'une d'entre elles.

Autrement dit, comme nous n'avons pas de langage, nous ne pouvons décrire une forme isolée, seule, mais cependant nous pouvons évaluer des rapports entre elles en faisant ces

1 Heinz Von Foerster, Du simulus au Symbole, l'économie du calcul biologique, dans Signe, image, symbole, sous la direction de Gyorgy Kepes, p.47

groupements.

Nous serions capables de dire lesquelles se ressemblent plus ou moins et établir ainsi des rapports de similarité, jusqu'à ce que certaines soient tellement similaires qu'on ne puisse plus les différencier. Elles apparaîtraient donc comme identiques. Ainsi pourrait naître l'identité d'une forme dans ce qu'elle a de similaire avec celles qui l'entourent.

Au contraire, si l'on pioche les formes dans les sachets (les expériences), en prenant la plus vieille jusqu'à la plus récente, à chaque fois que nous trouverons une forme encore jamais rencontrée, nous pourrons lui donner le caractère de forme inédite.

Toute forme apparaît donc soit INÉDITE, soit SIMILAIRE, soit IDENTIQUE. INÉDITE et IDENTIQUE pouvant être vus comme des limites entre lesquelles se définissent toutes les formes que l'on peut percevoir.

INÉDITE <----------o----------> IDENTIQUE

degré du rapport de similarité entre deux formes

Et si l'on va un peu plus loin, on peut alors dire que la plupart des formes que nous trouverons dans cette somme d'expériences auront le caractère de SIMILAIRE, plus ou moins proches d'un SIMILAIRE-IDENTIQUE (comme une chose qu'on dira standard, commune, connue, familière) ou d'un SIMILAIRE-INÉDIT (comme une chose qu'on dira plutôt bizarre, inattendue, extraordinaire, rare).

4 Classer. Attention! Ne nous hâtons pas en voyant ces rapports comme fixes et non cumulables! En effet chaque forme d'un sachet peut incarner une infinité de rapports de similarité différents avec d'autres formes. Cela dépend du caractère auquel

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

le rapport de similarité fait référence.

La similarité entre les formes est une histoire de groupes.

A et B peuvent être peu similaires du point de vue de leur contour et très similaires du point de vue de leur matière.

C'est donc une question stratégique (une question qui à un but particulier) que la tâche de regrouper les formes de cette gigantesque somme d'expériences.

Faire des groupes permet des avantages considérables aux quotidien car la nature nous apprend qu'en règle générale, les formes qui sont très similaires ont aussi un comportement très similaire. Ce n'est pas du jour au lendemain que la pierre se mettra à bondir, ou encore couler comme un liquide! Si deux formes sont similaires, certaines lois sous-jacentes à la mise en forme des choses se retrouveront en elles et on pourra donc en déduire des comportements similaires. Par exemple, l'eau et l'huile sont deux formes qui ne sont pas identiques mais similaires. En effet, leur composition moléculaire est complètement différente cependant elles sont toutes les deux contraintes par la mécanique des fluides liquides (à des degrés différents). Dès lors, quelqu'un qui n'aurait jamais vu d'huile de sa vie pourrait tout de même imaginer sont comportement en en voyant simplement une petite quantité dans un bocal. En faisant référence à nos expériences passées - les groupes de formes- nous anticipons sur ce qui peut advenir des suites d'un moment. C'est ce que je souhaite définir dans ce texte comme la reconnaissance d'une forme.

Pour mieux comprendre cette tâche, il nous faudra nous renseigner sur les possibilités du cerveau car c'est le lieu où se concentrent les signaux provenant de nos sens. Alain Berthoz, neuroscientifique et professeur au collège de France, ainsi que d'autres spécialistes de la question seront à nos côtés pour appuyer ma réflexion par des propos scientifiques de pointe et récents.

5 Le rapporté. Cependant, nous oublions là une chose importante. Si nous nous concentrons sur le caractère des expériences, nous pouvons constater ce fait : nous connaissons plus d'expériences que nous n'en avons réellement vécu. Autrement dit, mon monde vécu est plus petit que mon monde connu. Ceci est rendu possible grâce à l'expérience rapportée. L'expérience est soit vécue soit rapportée.

Prenons le premier cas d'une expérience vécue. L'entièreté de nos sens est mise à contribution et des formes inédites peuvent apparaître. C'est à dire qu'il est possible que je vive des sensations auxquelles je n'ai encore jamais eu à faire.

Là se pose alors la question suivante : pourquoi est-il possible de reconnaître une chose innommable, inédite?

Dans le cas d'une expérience rapportée, soit c'est une représentation, comme une photographie, un film, un son dans laquelle les sens sont filtrés par le médium, soit c'est une transmission orale ou écrite faisant directement appel au langage des mots. Dans ce dernier cas (La transmission orale ou écrite), les sens sont appelés par l'intermédiaire du langage et aucune forme inédite ne peut donc apparaître dans l'expérience du destinataire puisque cette expérience sera constituée uniquement de formes déjà rencontrées par le sujet, choisies pour leur similarité aux mots décrivant l'expérience rapportée. Tout au mieux, nous aurons alors à faire à un inédit subjectif : par exemple, si je te dis : Imagines toi, hier au soir, plein phare sur la route, un sanglier à traversé à pleine vitesse!

Admettons que tu n'as jamais eu a faire à un sanglier traversant la route alors que tu es au volant, roulant plein phares, je te propose une expérience inédite mais que tu ne peux recréer qu'avec les formes de routes, de sanglier, de lumière que tu as déjà rencontré. C'est pourquoi cette vision est subjective, elle est propre à toi. Là se pose donc la question du vocabulaire utilisé par celui qui décrit et le vocabulaire connu de celui qui écoute

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ou lit pour reconnaître. Ainsi suivant un autre langage, un autre vocabulaire, comment peut apparaître à nouveau une forme?

Concluons. Pour le moment, le monde des ineffables est une somme de formes qui s'expriment par leur degré de similarité avec d'autres. Ces liens de similarité en seraient les mots. Les mots de notre langue. Ainsi lorsque je décrit un objet comme noir, c'est parce qu'une de ses caractéristiques (sa couleur) fait partie d'un groupe plus large d'objets propre à ma culture possédant cette même caractéristique. Pour exprimer une expérience rapportée, nous utilisons ces mots car nous les partageons entre individus d'une même culture. L'ensemble des mots affiliés à ces relations de similarité forme notre culture. Ainsi nous pouvons transmettre clairement une expérience vécue à quelqu'un d'autre car nous conservons les même relations de similarité entre les formes de l'expérience vécue et de l'expérience rapportée par le choix pertinent des mots. Si je te dis "j'ai vu un chat noir'', ''noir'' fera pour toi référence à un ensemble d'objets plus large qui partagera avec mon ensemble d'objets certains éléments (la nuit par exemple).

Au contraire de la transmission orale ou écrite, la représentation peut faire apparaître des formes inédites objectives. Car elle n'est pas propre au destinataire, mais proposée par l'émissaire, la représentation peut produire l'émergence de formes inédites au travers de l'acte de création. Or, en créant nous déposons des formes de notre esprit sur un support. Contraintes, déformées elles deviennent formes inédites, et nous devenons donc destinataire de notre propre message. C'est la que notre faculté de reconnaître ces formes inédites, ces ineffables, prend toute son importance.

Ainsi selon Henri Focillon, les formes ont une vie dont il nous faut raconter les étapes : "*si il y a une vie des formes c'est qu'il y a une succession d'étapes par laquelle passent ces formes.*"[2]

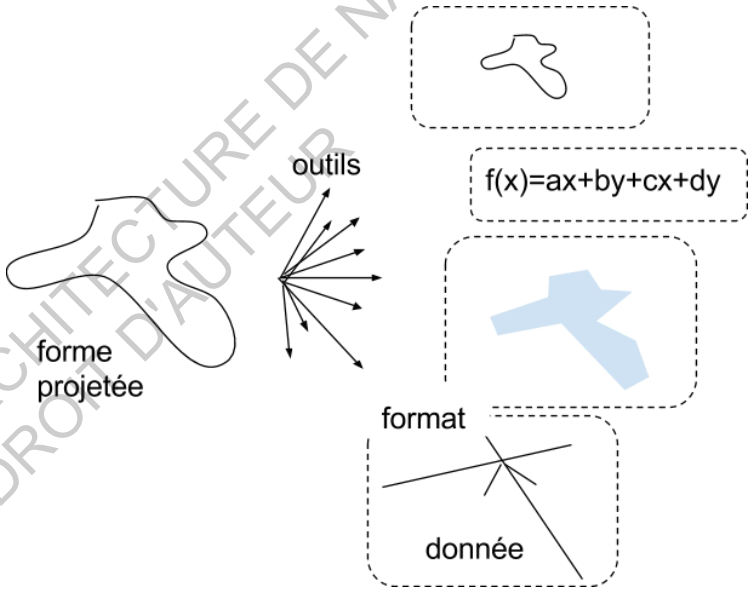
En effet, portons notre regard sur l'expérience de l'architecte: la lente ascension que l'espace projeté subit pour s'extraire de la pensée des hommes afin de se loger dans la matière est une trajectoire sans arrêt interrompue de moments, d'événements, d'étapes au cours desquelles l'espace projeté oriente sa direction en se décrivant, il "passe" l'étape. L'espace doit se décrire, se dessiner, se mouvoir pour naître. Envisageons maintenant cette description en tant que relation, en tant que lien, connexion : lorsque nous décrivons un espace projeté, nous créons de l'information, nous laissons l'espace s'organiser. Autrement dit, nous lions les formes qui le constituent à des données soit consistantes (de la matière) soit immatérielles (des mathématiques), mais aussi soit relatives ou absolues. Tout l'enjeu étant de décrire cet espace de telle manière qu'il soit compatible au format de la donnée qui l'accueille. Par exemple je ne peux pas laisser l'espace se décrire en tant que "large" si la donnée est mathématique, je nécessite une valeur absolue. Nous réfléchissons rarement à cette question de compatibilité car nous utilisons toujours une manière plus simple de passer de la description à la donnée : les outils. Les outils conditionnent le format , et par leur usage, nous passons donc directement de la description à la donnée.

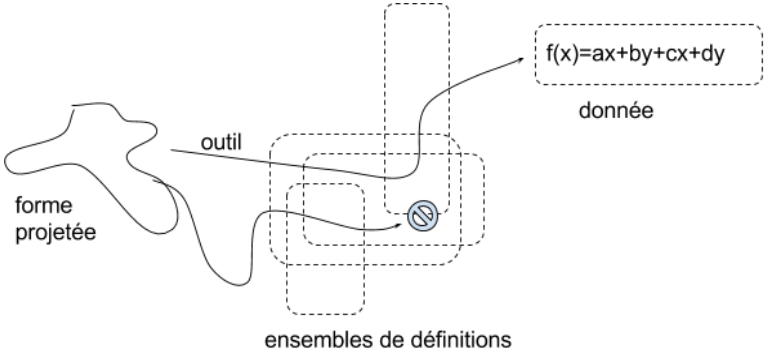
2 Henri Focillon , La vie des formes, p.61

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Rapidement nous pourrions donc conclure en disant que ce sont les outils qui limitent nos possibilités de création en conditionnant les formats de donnée utilisables...Si je n'ai pas l'outil approprié, je ne peut pas rendre compatible la forme projetée aux données, donc la forme ne peut pas exister. Mais, grattons un peu la surface...comment s'exprime la description spatiale, cette relation étroite qui lie l'espace projeté aux outils ? Cylindre, surface minimale, génératrice, simple/double courbure, cube, droite, intersection, limite, proportions, dimensions… ces mots sont finalement des définitions qui déterminent la relation forme projetée/outil. Exemple : si mon espace projeté contient une droite, je pourrait dire que sa relation avec les mathématiques est une équation de type ax+b, si c'est avec une représentation visuelle, la relation pourra être du type "relier un bord à l'autre" etc…Alors que l'outil et la forme restent intègres (il n'y a pas de transformation ni de l'un ni de l'autre), la nature de la relation change et donc le résultat produit aussi. Il existe toujours une manière ou une autre de passer de la forme à l'outil, il suffit d'utiliser le bon vocabulaire, les bonnes définitions.

Mais observons maintenant les relations entre les définitions elles mêmes : un cylindre et une ligne par exemple. Ces deux objets ont une relation d'appartenance commune à l'ensemble de la géométrie spatiale tandis que le cylindre au contraire de la ligne ne peut pas être contenu intégralement dans l'ensemble de la géométrie plane. Contrairement aux relations forme projetée/outil qui coexistent dans des ensembles (les formats) indépendants propres à chaque outil, les relations qu'entretiennent les définitions entre elles coexistent dans des ensembles joints, disjoints, ou qui s'intersectent les uns dans les autres. D'intuition, ce sont donc ces enchevêtrements d'ensembles qui permettent ou non la possibilité d'existence de relation entre une





ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

forme projetée et un outil et, par extrapolation, de la possibilité ou non de décrire un espace projeté. Et plus nous connaîtrons d'ensembles, plus il sera aisé de basculer de l'un à l'autre pour assurer l'existence de la relation entre la forme et l'outil. Ainsi il n'est sûrement pas envisageable de dire au premier abord que ce sont soit les outils ou la pensée qui délimitent le champ de ce qu'on peut créer (puisqu'il existera toujours une relation entre les deux) mais il apparaît plutôt que nous devrions réfléchir aux définitions.

Au regard de l'histoire, les origines écrites des connaissances en géométrie prennent source il y a 2300 ans dans l'ouvrage les Éléments, dans lequel le savant grec Euclide proposa une première approche rationnelle de description de l'espace en se fondant sur l'idée que les distances seraient toujours conservées. La géométrie Euclidienne était pour lui le moyen de passer de la forme projeté à l'outil. Je pense que nous en sommes persuadés, mais cela reste une hypothèse, la géométrie Euclidienne n'a pas été inventée pour elle même, c'est avant tout un ensemble de définitions créé pour décrire l'espace. Pour les architectes, l'utilisation de cet ensemble de définition est une aubaine car dans le domaine de la construction, les distances aussi sont conservées. Autrement dit, il n'y a pas de traduction à faire entre les formes projetées et la construction. Les architectes se seraient donc emparés de ce vocabulaire utilisé maintenant depuis des siècles pour cette facilité d'usage et depuis des siècles nous décrivons donc l'espace en les mêmes termes : Parallèle, Perpendiculaire, Obtus, Aigu, Long, Étroit, Large, Carré, Rond, Haut, Bas…La manière dont on parle des courants architecturaux nous en donne un autre indice : la voûte plein cintre romane, l'ogive gothique, le carré et le cercle des italiens, les rapports de proportions de la renaissance retrouvés, le concave et le convexe baroque, le parallélépipèdisme moderne , l'angle droit de Le Corbusier...Nous laissons là aussi bien l'outil, que la pensée,

c'est le vocabulaire ayant permis de traduire la pensée dans la matière qui nous intéresse. A l'école, dans notre travail quotidien nous nous efforçons de décrire l'espace par l'outil du dessin, la modélisation informatique, l'étude des structures, le travail de la matière en empruntant sans même s'en rendre compte ces notions fondamentales mais surtout finalement basiques de géométrie et parlons peu de ce que représentent ces formes si communes du point, de la ligne, du plan au travers de l'histoire avec lesquelles nous entretenons pourtant un rapport anthropologique fort.

Cependant deux raisons nous poussent aujourd'hui à revoir notre position sur l'utilisation systématique de ces termes pour décrire l'espace : d'une part, à partir du XVIIème siècle, de nouveaux points de vue émergent soit dans une branche de la géométrie classique (géométrie analytique de Descartes et Fermat, Géométrie différentielle introduite par Newton, Géométrie Synthétique d'Euler, ou encore Géométrie descriptive de Monge) soit en remettant en cause les postulats d'Euclide pour découvrir des formes jusqu'alors inconnues des mathématiciens (géométries non euclidienne de Lobatchevski, puis Gauss, incluant l'espace hyperbolique et l'espace elliptique mais aussi les Variétés de Riemann). D'autre part, depuis la seconde moitié du XXème siècle, les modes de conception assistés par l'informatique ont petit à petit pris place dans les agences d'architecture. C'est un fait, l'ordinateur s'immisce dans presque toutes les phases de conception du projet, et même dans les moments les plus précoces. L'outil informatique n'est plus un terminal, il se situe aujourd'hui sur les devants de la scène. Les architectes ont essayé d'apprendre à discuter avec les machines. Il faut bien prendre en compte que cela permettait des perspectives allant à la rencontre d'un nouveau langage, prenant en considération plus que la stricte géométrie euclidienne des anciennes tables à dessin. Cependant ça ne s'est pas passé de la manière la plus évidente : d'une part les agences d'architecture

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ont souvent selon moi apprivoisé l'ordinateur pour en faire une vulgaire copie optimisée de la table à dessin en gardant leur langage limité au dessin de plan et d'autre part, les premières années du style international sont aussi riches (ou pauvres) de formes non conventionnelles qu'aujourd'hui, alors que le dessin informatique en était à peine aux balbutiements et pas utilisé par les agences. Par cet exemple nous voyons que ce n'est ni de l'outil, ni des concepteurs qu'on peut envisager de délimiter les formes qui nous sont accessibles. Car ni le fait de ne pas encore posséder l'outil n'a dérangé Saarinen de construire le TWA terminal airport ni le fait d'avoir déjà une géométrie bien en place n'a retenu les mathématiciens d'aller chercher de nouvelles définitions. Certes, lorsque le projet se rapproche de la concrétisation, de l'acte de construction, la traduction des géométries en géométrie euclidienne est inévitable, certes, les contraintes physiques et économiques pèsent sur le projet et participent aux conditions de compatibilité auxquelles l'espace projeté doit se conformer, mais utiliser le plan dès les premières esquisses nous exclue selon moi d'un champ formidable de possibilités!

Pour appuyer ce propos, nous étudierons la thèse de Riegl, exposée dans "grammaire historique des arts plastiques" qui propose au contraire de la thèse de Semper, historien d'art contemporain de Riegl, que l'outil n'est pas l'objet délimitant le cadre d'une production, mais que c'est bien sur le vocabulaire et la vision du monde qu'il faut nous pencher. Nous tenterons donc d'actualiser dans un cadre expérimental et applicatif, cette thèse qui à toute sa place dans le contexte actuel de la production formelle.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

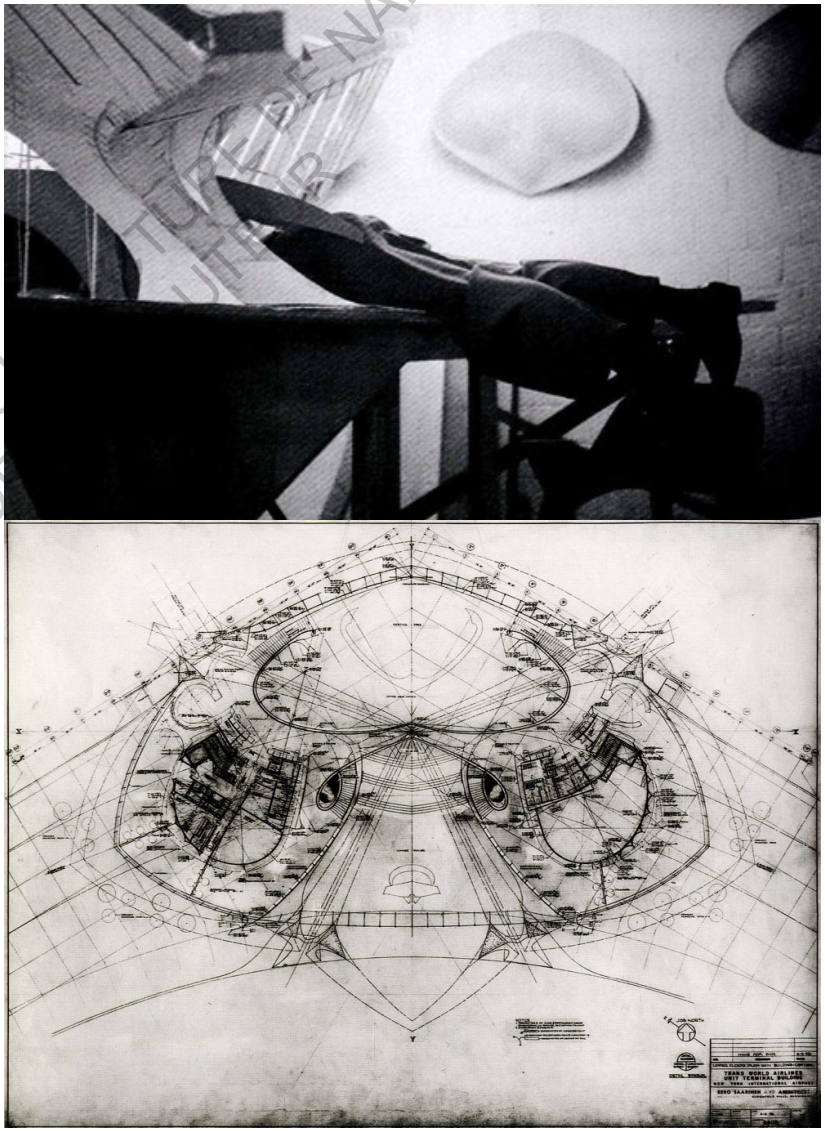


Figure 8 et 9 : Maquette et plan du TWA Airport, Eero Saarinen, Le plan est une traduction de la géométrie de la maquette

Dès lors, en quoi une actualisation de la pensée de Riegl pourrait remettre en cause les architectes face à leur production formelle?

Entre Riegl et Berthoz, ce mémoire espère donc présenter un double visage historico-scientifique, nous plongeant dans l'histoire, éclairés par la science.

Le Plan :

Nous étudierons la théorie sur l'histoire des arts plastiques en lien avec la reconnaissance des formes au travers de deux complexités.

La première traite du continu et du discret. Deux entités d'apparence exclusives mais qui se révéleront plus dépendantes qu'on ne le pense aussi bien l'une de l'autre qu'au traveres du problème de la forme dans l'espace.

La seconde traite de l'idéal et du relatif. Ces concepts n'ont pas l'apparence d'une complexité puisqu'ils ne semblent pas antagonistes mais leur relation n'en est pas moins obscure et nécessite clarification.

Ces deux complexités donneront lieu à une conclusion expérimentale dans laquelle il sera tenté de tracer une trajectoire de l'histoire des arts plastiques à partir des idées de Riegl mais suivant ce qui aura été admis par rapport à la reconnaissance des formes dans les deux parties précédentes montrant qu'il est important aujourd'hui selon moi de penser que l'outil n'est pas le cadre limitant le champ de notre production formelle.

Commençons par une idée simple d'apparence. C'est Aloïs Riegl qui, dans son ouvrage Grammaire Historique des arts plastiques formule ceci : "*toutes les choses de la nature ont une forme, c'est à dire qu'elles s'étendent suivant les trois dimensions : hauteur, largeur et profondeur.*"

D'entrée de jeu nous voilà face à deux réflexions. La première ; la forme appartient à une chose. Qui peut bien la leur donner? Toi? Nous? La nature…? Tout cela te paraît peut-être étrange mais considère l'expérience de pensée suivante :

Imagine un arbre.

Maintenant regarde autour de toi et observe un arbre, ou, si tu n'en trouve pas, imagine que tu en observe un.

Voici mes questions : Est-ce le même arbre ou est-ce que c'est tout différent? Pourtant si c'est différent, il doit bien y avoir quelques ressemblances puisque tu as dirigé ton regard sur la bonne chose…

Et quand tu regardes l'arbre à côté de toi, tu vois une chose arbre ou forme d'arbre ou les deux?

Puisqu'il s'agit là de se questionner sur ce qu'on voit, prenons ensemble ce passage de Richard Held, dans l'article Objet et Effigie :

"*Nous sommes contraints de conclure qu'ayant reçu un échantillon relativement restreint d'exemples, le système [cérébral] peut en reconnaître un ensemble illimité. Et cette faculté constructrice doit entraîner un ensemble de principes de fonctionnement intrinsèques au système nerveux humain. En conséquence, l'identité et la continuité des objets peuvent être considérées comme le résultat de ce traitement plutôt que*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

comme sa cause.”[1]

Nous prendrons cette définition. La forme est logiquement résultante d’un traitement propre au mécanisme de la perception. Il semble que c’est ton cerveau qui donne des formes aux choses. Il les distribue, il recouvre les choses de formes.

Ce n’est pas tout! Deuxième réflexion. Selon l’idée “Avoir” une forme, c’est s’étendre dans les trois dimensions, l’espace devient un prorogatif à l’existence. Il faut s’étendre dans les trois dimensions pour avoir une forme. Donc si il n’y a pas d’espace, il n’y a pas de forme. Mais que donne la réciproque? Pas de formes…pas d’espace? Tu dois bien avoir ton avis sur la question? Toi, l’espace, c’est ton truc, non? Les trajectoires, le haut, le bas, tourner, zoomer, reculer, mesurer…mais comment as-tu appris tout cela ; Je veux dire la spatialité ? Avec de l’espace ou avec des formes?

Maintenant je te propose de lire à voix haute cette citation d’Henri Focillon “*Les trois dimensions ne sont pas seulement le lieu de l’architecture elles en sont la matière.*”[2]

Si tu as joué le jeu, tu auras porté une attention plus particulière sans doute (peut-être inconsciemment) à l’endroit dans lequel tu es installé. Car c’est bien en émettant une vibration sonore que l’espace s’est tout à coup manifesté dans son étroitesse ou sa grandeur, son calme ou son tumulte. Les réverbérations qui ont suivi tes paroles parlent elles-mêmes bien en tant que formes des dimensions de l’espace dans lequel tu te trouve. Elles sont tout autant espace que la distance physique entre ta bouche et

1 Dans, La structure dans les arts et dans les sciences sous la direction de Gyorgy Kepes, p.53

2 La vie des formes, chapitre II : Les formes et l’espace, p.30

les parois qui paraît dans cette exemple presque plus abstraite. Ici déjà, l’espace n’est plus seulement qu’un lieu, qu’un endroit, c’est un ensemble local et organisé de choses, une matière de l’architecture. Il semble qu’il y a de l’espace parce qu’il y a des choses qui ont des formes. Alors peut-être que l’espace sans les formes existe là où les choses sont indifférenciées entre elles, là où on ne sait pas lorsque l’on observe une chose où une autre. Il y a juste une matière épaisse de choses, entremêlées, dont aucun vocabulaire ne nous permette de démêler et où, parfois, les choses qui s’expriment spatialement peuvent se retrouver vêtues, couvertes de formes dans notre esprit, quand on y reconnaît des familiarités. Bien que cet espace ai peu de sens pour nous, force est de constater qu’il est toujours là puisque avant la reconnaissance d’une forme en la chose, il y a forcement cette dite chose. Mais on ne peut pas en parler, ce n’est que des choses dont on ne peut trouver les formes, c’est le là et puis juste après il y a le là qu’on voit. Alors en tant que distributeurs de formes, cherchons comment elles s’éveillent, qu’est ce qui fait figure de familiarité et comment peut-on déconstruire une forme pour mieux la comprendre?

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

I | L'éveil des formes

1 Les surfaces précédant la forme

Pensons assez fort en notre esprit pour qu'en vienne une image mentale du mot :

FORME

Qu'as-tu vu? Peut-être te représente-tu, l'image d'un corps évoluant sur la piste d'une vaste salle de bal? Une entité finie contenue dans un espace aux limites lointaines...

C'est là que je bloque. Les formes, ce sont des concepts finis ; comme un vêtement, ils ont des bords. Même si c'est un nuage, la forme du nuage à ses bordures. Et la prochaine fois que nous passerons dans un nuage, tâchons de noter quand ça commence et quand ça fini. Rien d'évident la dedans. Mais que nous montre la forme du nuage? Peut-être bien que les choses ne se différencient pas d'elles mêmes, elles ont beau s'étendre dans les trois dimensions, il n'y a rien dans cette expression spatiale qui définisse par lui-même les frontières de ces parures (les formes) que notre cerveau dépose sur les choses. Par conséquent, il y a bien une action de notre part, une entreprise, une idée d'arracher

à la nature dimensions, fragments d'espace qu'expriment les choses pour en faire des formes.

Arracher!

Bien que la vision soit indéniablement la fonction sensorielle prépondérante en matière de reconnaissance de formes, il va falloir élargir le problème. On imagine souvent la forme comme provenant d'un matériau visuel : Cube, Sphère, Angle, Tasse, Drapé, Immeuble, Pont, Montagne, sont des choses que l'on saisit du regard mais leurs caractéristiques font appel à d'autres organes sensoriels.

Ainsi selon Heinrich Wölfflin : *«la vision est conditionnée par le sens plastique. L'opération accomplie par l'œil ressemble à celle de la main qui palpe l'objet selon ses contours ; et le modelé, en reproduisant la gradation de la lumière telle qu'elle existe dans la réalité, s'adresse lui aussi au sens du touché.»*[1] On constate déjà quelques intrications entre le visuel et le tactile...

Riegl soulève alors un point intéressant : On parle de formes, donc d'espace mais comment voir des formes alors que chacun de nos yeux ne capte qu'une surface de lumière. Ils ne voient qu'en deux dimensions. Riegl pense que si nous voyons des formes, "*Seul le toucher nous permet cependant de nous assurer directement de cet état de fait.*"[2] Il pense que le toucher nous a permis de comprendre que les objets que nos yeux voient sont des formes (comprenons des volumes). Il continue :

"Par contre celui des cinq sens qui sert à l'homme

1 Principes fondamentaux de l'histoire de l'art, p.21

2 Grammaire Historique des Arts Plastiques, à propos du chapitre forme/surfaces.

pour recevoir les impressions que lui donnent les choses extérieures - la vue - est plutôt propre à nous induire en erreur sur les trois dimensions de ce que nous voyons. Car notre œil n'est pas en mesure de pénétrer les corps et n'en voit donc toujours qu'un côté qui se présente à lui comme une surface à deux dimensions. Ce n'est que lorsque nous avons recours aux expériences du toucher que nous complétons en esprit la surface à deux dimensions perçue par les yeux pour en faire une forme à trois dimensions."[3]

Tu auras peut-être souri à la lecture de cet extrait dont les avancées scientifiques montrent qu'il est un peu obsolète mais accordons-nous tout de même cette danse. Cette danse entre notre corps et le monde où les choses se déguisent, tantôt formes, tantôt surfaces, faisant naître et mourir l'espace au gré de nos regards tactiles et de nos palpations visuelles.

3 Les citations de Riegl qui suivront dans ce chapitre proviennent de la même introduction par l'auteur sur le rapport entre forme et surface

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Du diffus à l'ombré
De la teinte au modelé
De l'aplat à la texture
Du bas-relief à la sculpture
Du flou au net

Du lisse à la rugosité
Du poli à l'aspérité
Du défini au chaotique
Du régulier au saccadé
Du modèle à la réalité

Allers incessants
Retours inconscients
Innocents mais essentiels,
Passages furtifs et
Trajectoires consciencieuses

Si c'est de vue que
Vont ces vingt vers
C'est tactile que j'erre
Hésitant me poser peut-être
Sur une nouvelle question

Voici le pas de danse : "*Suivant la distance à laquelle nous nous positionnons pour observer un objet, nous faisons appel à des sens différents pour en avoir la meilleure perception possible.*

,

Ce processus s'effectuera d'autant plus aisément et rapidement que l'objet contemplé présentera des aspects susceptibles de rappeler à la mémoire les expériences du toucher. Ce qui, vu de loin, ressemble à une simple tâche de couleur ou de lumière d'une certaine hauteur et d'une certaine largeur peut, une fois que l'on s'est approché, se révéler être une alternance de parcelles de lumières et d'ombre qui nous signalent immédiatement la présence de renflements - d'un modelé - donc de la troisième dimension."

Plus connu : "*la vision est palpation par le regard*"[4]. Merleau-Ponty

Plus récent : "*Avec notre peau on voit à 10 cm, La proximité est déjà contact par anticipation de la zone du corps qui sera touchée*"[5] Alain Berthoz

Résumons : la peau voit aussi bien que l'œil touche.

Si l'on entrevoit déjà qu'en matière de perception il faut absolument séparer les sens des organes sensoriels, on peut dès lors envisager une multitudes de sens possibles. Il ne s'agit plus de comptabiliser les organes sensoriels d'un être pour s'assurer qu'il ai 2, 5, 11 sens mais de considérer que dans chaque situation, un sens, issu d'une combinatoire sensorielle existe. Si Riegl avait déjà l'intuition d'une synthèse spatiale des sens, Alain Berthoz va beaucoup plus loin et, tu l'auras compris, il faut relativiser sur

4 Cité dans le sens du mouvement, Alain Berthoz, chapitre 1

5 Alain Berthoz, le sens du mouvement, p.95

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

le fait que "*seul le toucher*" nous permettrait de nous "*assurer*" de la tridimensionnalité des formes. On voit la profondeur car les muscles qui font bouger nos yeux donnent aussi de l'information[6]. La définition même d'organe sensoriel s'agrandit : la sensibilité n'est pas une fonction exclusive de ce qui est sensoriel ou non. Gibson (1966) remarque pour la première fois que l'ensemble des lignes d'un objet en mouvement vers l'avant par rapport à l'observateur subit une expansion. L'ensemble des vecteurs associés à ces lignes donne le flux optique et son centre invariant, le foyer d'expansion.[7]

Si la surface semble donc jouer un rôle précurseur dans le processus d'éveil de la forme se tenant comme substrat de ce qui nous parvient des choses volumiques (on voit la surface, on touche la surface des choses) elle ne peut se suffire à elle même tant le caractère multisensoriel de la perception (les mouvements caractéristiques de surfaces, qualité de la surface (netteté)) influence notre plongée dans un espace tridimensionnel.

2 Trois espaces de la vision

On peut alors imaginer que suivant la distance à laquelle on se trouve de l'objet, différentes combinaisons de sens vont s'activer de manière plus ou moins importante pour nous restituer une perception de l'objet adéquate.

Riegl lui, eu la bonne intuition[8] d'y voir trois espaces de

6 "*La perception de la distance nous fournira un autre exemple de la nature multisensorielle de la perception, combinant des copies de commandes motrices liées aux muscles des globes oculaires à des messages visuels.*" Alain Berthoz, Le sens du mouvement

7 François Klam, Chapitre 1, Perception du mouvement et mouvement propre, p.20

8 C'est d'ailleurs ce que confirme Alain Berthoz : "Selon Grüsser, il existe trois espaces d'action : espace personnel, espace extra-personnel et espace lointain. Chacun de ces espaces s'articulent en plusieurs sous espaces explorables par des mécanismes différents et fournissant des référentiels distincts. Une preuve nous en est donnée par

perception par la vue faisant naître chacun un rapport particulier entre l'espace-surface et la forme :

Premièrement la vue éloignée dite aussi subjective car elle tient du domaine d'une illusion des sens. Nous percevons une surface qui en réalité est une forme (un volume, un relief) ceci dû à une insuffisance de l'appareil optique humain. En effet lorsque les objets sont situés trop loin, tout ce qui peut nous donner de l'information sur leur profondeur est atténuée. Ils se déplacent moins vite par rapport à nous, la différence de position entre l'image que nous percevons d'eux de l'œil gauche et de l'œil droit est aussi atténuée et la mise au point s'effectue à l'infini pour les percevoir nettement. De surcroît on ne peut pas les toucher. Dès lors on peut avoir cette impression de surfaces qui se collent les unes aux autres. L'espace se meurt au loin et seul la mémoire peut nous persuader qu'il existe bien. D'où l'idée d'une vision subjective des formes, propre à nous.

Rapproches-toi de ces surfaces. Nous avons tous fait un jour l'expérience de rapprocher ses yeux assez proche d'un mur et c'est comme si tout le relief qui le compose, s'éveillait.

La vision normale nous révèle le modelé de l'objet. Les formes s'éveillent dans les surfaces en faisant appel à notre sens tactile subjectif (puisque la distance sépare notre corps de l'objet) et le sens du mouvement qui lui est objectif car on peut se déplacer autour de l'objet pour changer l'angle de vue, accommoder son regard pour voir nettement l'objet. Le drapé, la répartition de la lumière, la transparence, les textures se manifestent. Rien de plus frappant que d'observer un paysage en étant en mouvement

Hyvarinen : Les neurones situés dans le cortex pariétal du singe déchargent seulement lorsque quelqu'un pénètre avec un raisin dans l'espace de saisie du singe et restent inactifs lorsque le raisin est vu mais hors de portée." Le sens du mouvement, chapitre 4.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 10 : Mur

au travers de la fenêtre d'un train par exemple. On imagine bien ce théâtre sans acteurs ou seuls, les décors défilent, d'un bord à l'autre, a des vitesses différentes certes mais de manière plate (surfaces subjectives), tandis que les objets de plan plus rapproché paraissent en volume et semblent tourner tous autour d'eux mêmes le long d'un axe imaginaire perpendiculaire au mouvement. Cet effet est parfois appelé dans une certaine mesure la parallaxe. La présence importante de qualités pour décrire les surfaces nous permet de restituer une forme aux choses.

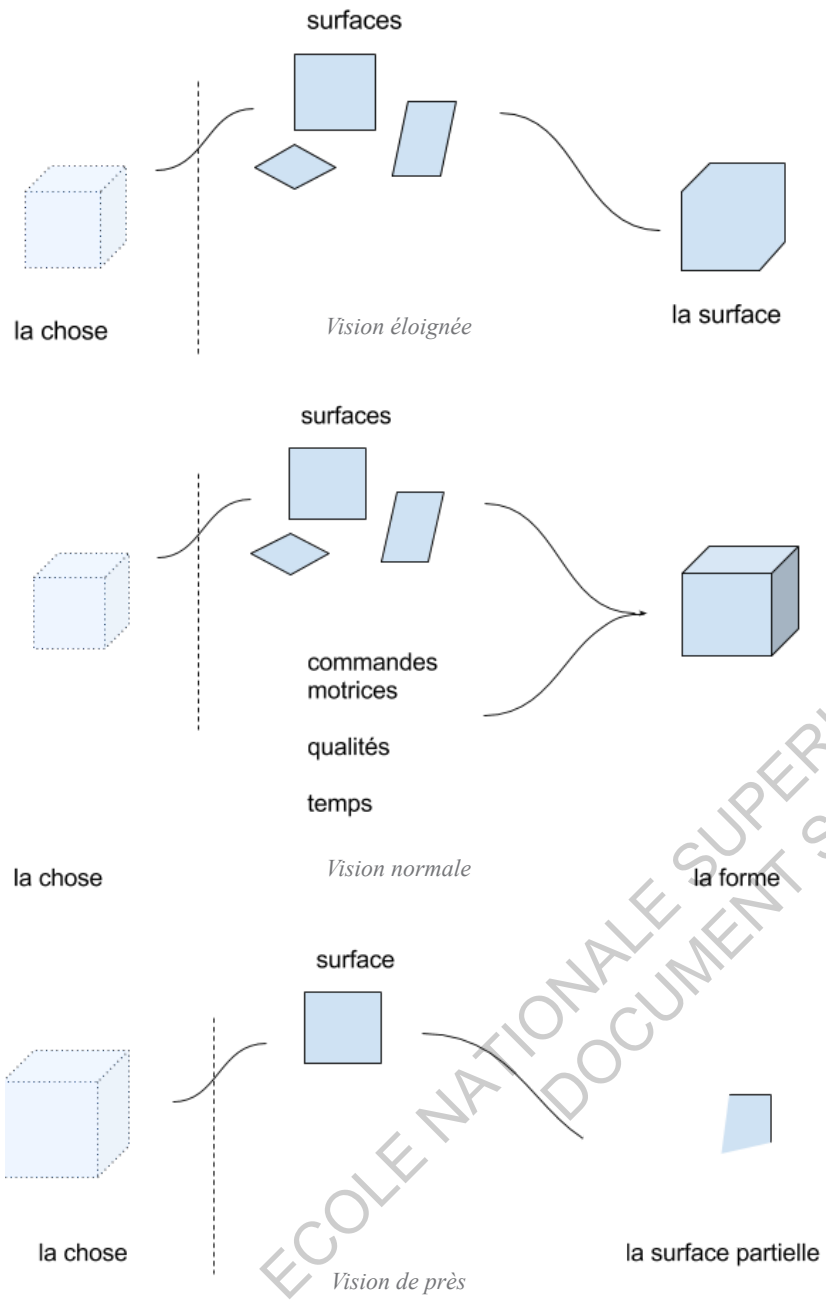
La vision rapprochée, aussi appelée vision objective car elle nous limite à la vision d'un fragment surfacique de l'objet-forme global. Cette surface objective, est une part de forme, donc une part de chose que nous imaginons continuer au delà de notre champ perceptif. Elle même se décompose en surfaces partielles, (En gardant à l'esprit que cette surface peut-être complexe, c'est à dire posséder son propre modelé).

Les surfaces sont donc à prendre en compte sur deux plans. Dans un premier temps, elles renferment une forme qui sommeille en elles et qui s'éveille grâce au caractère multisensoriel de la perception et dans un second temps, elles sont envisagées comme parties de formes, maillons perdus au milieu des échelles qui transcendent les formes "tout" dont elles font parties.

Tu me diras, qu'effectivement, en pratique une surface c'est comme une partie de forme tel une face d'un cube, comme une matière qui grâce à une action particulière prendrait forme, en la pliant ou en l'assemblant avec une autre face. D'un autre côté, si tu regardes d'un œil ce qui se passe devant toi, les surfaces deviennent une matière première tout autre, qui te sert pour reconstruire l'espace dans lequel tu vis.

Si tu as saisi la différence, regardons alors au travers de l'histoire de l'art, comment ont-elles constitué cette sorte de

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE MARNES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



matière première pour fabriquer des formes : plutôt en exprimant des parties de formes, ou en les dissimulant?

3 L'homme et les surfaces du point de vue de la représentation

D'après Riegl, ces trois espaces de la vision ont une importance qui diffère selon les périodes artistiques :

«Lorsque l'on observe avec attention des sculptures Égyptiennes on est obligés de reconnaître qu'elles n'ont été réalisées que pour la vision rapprochée. Dès que le spectateur s'éloigne de l'œuvre, le modelé disparaît et elles n'ont plus l'apparence que de formes assez plates.»

En s'éloignant, n'ayant plus accès a la sensation de toucher, les formes paraîtraient se fondre dans un plan surfacique, ne nous donnant à voir plus qu'une apparence faussée. C'est pourquoi selon Riegl les Égyptiens qui rejetaient l'apparence, car fortuite et momentanée ont plutôt souhaité produire un art où le rapport au touché était primordial. Ils pensaient donc que les surfaces avaient plus de valeur d'existence en tant que parties de formes plutôt qu'en tant que qualité, matière de forme.

"Or, pour représenter cette vision objective des formes, le meilleur moyen est d'employer la sculpture ou ronde-bosse qui semble être le plus en accord avec la représentation d'un volume objectif. Cependant, on trouve dans la production artistique égyptienne aussi des demi-bosses (bas-reliefs)»

Imaginons qu'ils auraient bien souhaité se passer de représenter les choses sur des surfaces (demi-bosse, dessin), qu'ils étaient obligés de faire ainsi car il fallait bien décorer les murs des temples ou que représenter des scènes avec beaucoup d'objets en sculpture contraignait le spectateur à se reculer pour

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

voir la scène d'ensemble, le faisant basculer dans une vision subjective, ce que les artistes redoutaient. Abandonnant la sculpture pour régler ce problème d'aplatissement en vision de loin, les artistes Égyptiens se retrouvent sur une surface qui les met à nouveau dans l'embarra! En effet, en plus du problème de l'aplatissement du à l'éloignement du spectateur, chaque figure doit se présenter aussi isolée que possible dans sa position et son mouvement des autres figures, afin d'être clairement représentée en tant que forme objective car dans la sphère du tactile la notion de premier plan/arrière plan pour la plupart des objets n'existe pas.

> *«En vision rapprochée, La ronde-bosse n'a pas de fond, chaque objet est en lui-même achevé au sein des trois dimensions. Dans la vision normale, l'objet se modèle vers le côté d'où le spectateur le voit et apparaît délimité à droite et à gauche par une surface d'où ressortent d'autres corps unilatéralement et à certains intervalles. En vision de loin, tous les corps et ce qui les entoure se fondent en une surface. En revanche, dans le dessin et la demi-bosse, on est contraint par un fond de matière vierge représentant un environnement plat des corps perçus en vision normale ou éloignée donc dans une vision subjective de l'ordre de l'apparence.»*

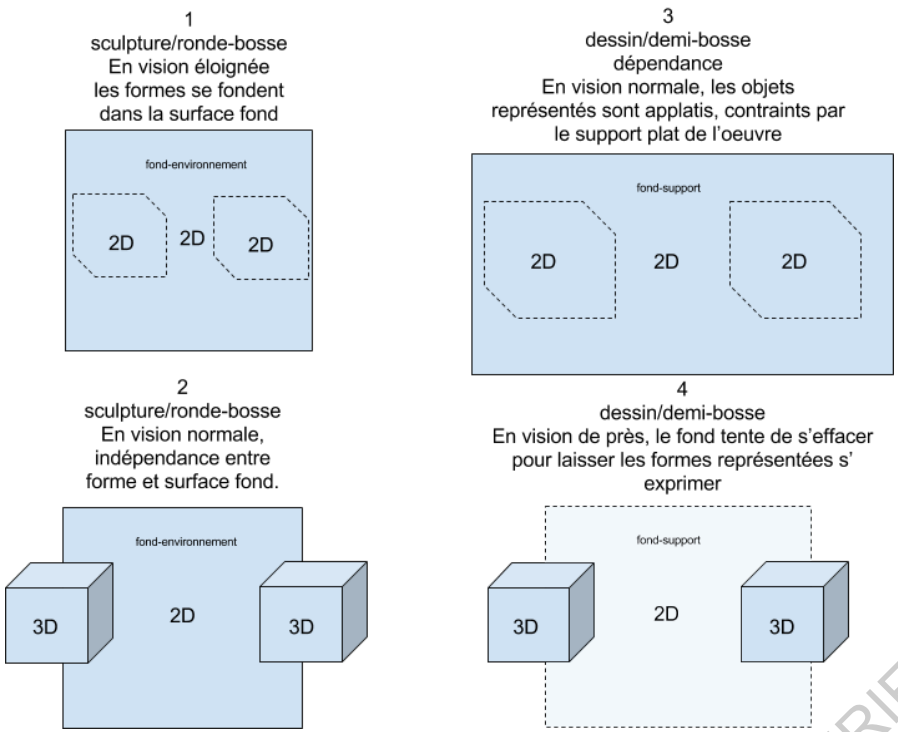
Traiter ce fond devient une contrainte imposée par le matériau utilisé pour l'œuvre, disons le support de l'œuvre. La manière dont on fait "monde" avec ce fond est pour Riegl un caractère déterminant qui situe l'œuvre dans la continuité historique des arts plastiques : c'est une règle de grammaire qui se décline au travers des âges. Par exemple les égyptiens en feront "*Un complément matériel inévitable du motif, séparant les figures les unes des autres mais ne les reliant jamais.*"[9]

9 Aloïs Riegl, Grammaire Historique des Arts Plastiques

L'art égyptien en effet ne souhaite pas représenter les choses de l'ordre de l'apparence. Il souhaite au contraire projeter l'espace des représentations, un ensemble de formes (non pas de choses mais bien de formes) que son peuple se fait de la nature. C'est à dire l'image mentale des objets qu'il connaît. Tant que possible, il préférera exprimer les vraies surfaces qui composent les objets (les membres droits, la mains avec cinq doigts, l'œil en entier sur un profil) plutôt que d'exprimer les surfaces qui évoquent un point de vu situationnel (comme les raccourcis de perspective, le mouvement) que l'on observe en fermant un œil ou en regardant une photo. Deuxièmement, dans les scènes 2D représentant plusieurs objets, on est contraint soit de les superposer, soit de les représenter de manière répartie sur le fond en les isolant les uns des autres. Or, superposer les objets entre eux sur le support, les fonderait inévitablement en surfaces subjectives sur le support-plan, représentant une impression de vision éloignée. Même si dans la réalité tu penses bien qu'on voit rarement les objets en entiers, tant que possible l'art égyptien tentera d'isoler les objets les uns des autres. Ce double choix tend à faire que le fond perd de l'importance.

Dans des périodes suivantes on se permit de représenter le fond quand l'art fut transformé par d'autres visions du monde cependant se pencher sur ces œuvres postérieures ne règle pas la question du fond mais le décline en variantes possibles comme celle du fond perspective pendant la période renaissance où le regard se fait cône de vue sur le monde. Le fond apparaît comme une question qui transcende les périodes artistiques et par la même, témoigne de la manière dont nous appréhendons la réalité. Aussi pouvons nous interpréter cette question du fond comme un éclairage, un début de réponse! Risquons un instant d'entrevoir ici la manière dont notre cerveau interprète le monde qui se déroule sous ses yeux. En effet, si ce problème

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



de fond existe, c'est qu'il y a un besoin quelque part dans l'acte de représenter une scène, disons une expérience vécue, de juxtaposer pour pouvoir être explicite, des objets finis et non pas des morceaux d'objets. De cette observation, on peut penser que la distinction formes/espace doit "passer" à un moment donné par la reconnaissance de formes finies, de formes fermées dans notre espace mental des représentations. Car afin de pouvoir considérer que des objets se juxtaposent, il faut aussi pouvoir considérer leurs frontières, les limites entre eux. Nous interprétons la continuité de l'espace comme un ensemble discontinu d'objets. Les sens questionnent les objets en passant

de l'un à l'autre par "sauts" successifs comme si la réalité perçue nous apparaissait de manière discrète. Pourtant, dès lors que nous basculons dans la représentation, le fond nous contraint à coopérer avec la continuité d'un support.

C'est pourquoi je te propose d'étudier en quoi la notion de continuité dans l'espace et dans le temps (comme suggère Riegl pour l'histoire des arts plastiques) cache une complexité liant le couple monde discret et monde continu.

Mais, qu'est-ce qu'une complexité au juste?

"Au premier abord, la complexité est un tissu (complexus : ce qui est tissé ensemble) de constituants hétérogènes inséparablement associés : elle pose le paradoxe de l'un et du multiple. Au second abord, la complexité est effectivement le tissu d'événements, actions, interactions, rétroactions, déterminations, aléas, qui constituent notre monde phénoménal. Mais alors la complexité se présente avec les traits inquiétants du fouillis, de l'inextricable, du désordre, de l'ambiguïté, de l'incertitude... D'où la nécessité, pour la connaissance, de mettre de l'ordre dans les phénomènes en refoulant le désordre, d'écarter l'incertain, c'est-à-dire de sélectionner les éléments d'ordre et de certitude, de désambiguïser, clarifier, distinguer, hiérarchiser…"

Edgar Morin, Introduction à la pensée complexe, p.18

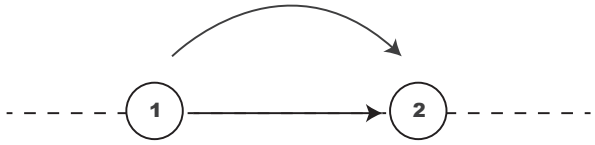
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

COMPLEXITÉ PREMIÈRE : DISCRET/CONTINU

Traiter de la complexité, c'est donc en quelque sorte considérer un phénomène comme étant l'un et son contraire, l'un et le multiple à la fois, de distinguer sans disjoindre. Commençons donc par tenter de clarifier l'un des tenants de cette complexité, en gardant à l'esprit qu'il s'agit toujours d'un rapprochement vers la pensée complexe, non une pensée complexe en tant que telle car il semble d'intuition que les idées quelles qu'elles soient simplifient par nature la réalité.

Discret? Qu'appelons-nous discret?

Par exemple les nombres entiers 1, 2 etc...Dans un univers discret, tu dois admettre qu'il n'y a rien entre le 1 et le 2. Qu'il n'y a pas d'existence raisonnable en dehors des bords de ce qui existe déjà. Comment pourrais-tu aller d'un objet à l'autre? Un monde discret ne se laisse pas traverser. Tu vas devoir "sauter", pour aller d'un chiffre à l'autre.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Les recherches sur l'oculométrie (l'étude du mouvement de l'œil ou eye tracking en anglais), nous montrent que le balayage de l'espace par le regard prend la forme d'une ligne brisée et non d'une trajectoire lisse, que le cerveau en quelque sorte, butine.[1] Dans cette trajectoire il y a les segments de la ligne qui représentent un déplacement de l'œil très rapide (qu'on appelle saccade oculaire)[2] et les points qui représentent des temps où l'œil ne bouge que de manière imperceptible et se focalise sur l'objet visé. Mais de plus selon Berthoz : «*L'invariance perceptive est due à un mécanisme, dit de "suppression saccadique", qui bloque les messages nerveux de la rétine pendant la saccade et évite de percevoir le glissement vu, mais non perçu par la rétine car bloqué dans les premiers relais visuels.*» [3]

Tout se passe donc comme si nous ne prenions en compte que les points qui articulent cette ligne brisée : ses discontinuités. Si la saccade oculaire est si rapide, c'est parce que notre cerveau s'intéresse à l'information recueillie sur les points d'arrêts et pas à l'information captée pendant les saccades. C'est peut-être cette vision que les égyptiens nous livrent en s'efforçant de faire du fond, "un complément matériel inévitable" afin qu'il ne soit que traversé par des segments et qu'aucun point de la trajectoire de nos yeux observant l'œuvre ne s'y arrête. Ainsi pourra-t-il être considéré comme vide, puisque quasiment non perçu lorsqu'on observe l'œuvre.

Rudolph Arnheim nous montre aussi comment la représentation de situations par des enfants commence par le même stade. Au départ, les formes sont jointes entre elles, mais

1 «Comme une abeille, le cerveau butine sans cesse le monde qui est autour de lui pour extraire non pas du pollen mais de l'information» @2.05 « Quand le cerveau butine » YouTube video, 2 : 15. Posted by « Jean Philippe Lachaux», Mai 01, 2014. https://youtu.be/WWpPBoV-PkA.

2 «la saccade oculaire est le mouvement le plus rapide que nous puissions produire. (800 deg/s)», Le sens du mouvement, p.213

3 Le sens du mouvement, p.213

Figure 11 : Trajectoire du regard observant le paysage

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ne s'intersectent pas. Ce n'est que plus tard que l'enfant pourra produire des représentations où les formes se situent dans un espace continu, exerçant des rapports entre elles de proportion, de superposition (objet en arrière plan, caché par objet en premier plan, déformation des formes par l'espace, ébauches de perspective).[4]

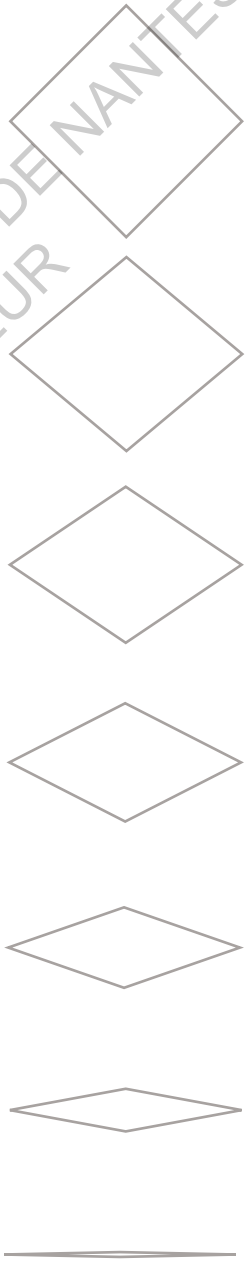
Dans notre manière d'observer le monde ainsi que dans notre façon de le représenter, le traitement discret de l'information semble jouer un rôle dominant...

Cependant cette supposition déduite par certaines représentations visuelles, et quelques preuves que l'on s' aura procuré est bien loin d'être complète et c'est pourquoi cette question de reconnaissance des formes dans l'espace doit être abordée de manière complexe mêlant le discret à son contraire, le continu.

Et le continu?

A l'opposée, dans un ensemble continu, il existe une infinité de nombres entre le 1 et le 2, et le 1 et le 2 ne sont pas plus importants que 1,15687 ou n'importe quel autre nombre entre ces deux là. Tu ne pourras donc sauter d'une chose à l'autre que mentalement mais en réalité, tu auras traversé un univers infini. En effet, dans un ensemble numérique continu, chaque nombre est comme le maillon d'une chaîne fractale permettant de lier le 1 au 2.

4 Rudolph Arnheim, La pensée visuelle, dans Signe, image, symbole, sous la direction de Gyorgy Kepes



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Si l'on étudie plus en détail les parcours rétiniens, on observe que lorsque le monde qui nous environne se met en mouvement, notre œil passe d'un balayage de l'espace aux courbes brisées à une focalisation sur les objets en mouvement prenant des trajectoires aux allures fluides et glissantes. Imagine toi en train de suivre la trajectoire courbe et lisse d'un avion en papier. Bien que la forme se déforme sous tes yeux, elle conserve son intégrité (une feuille de papier qu'on fait pivoter dans l'espace décrit une suite de losanges mais un seul et même objet pour nous). Il y a une continuité, une série de formes différentes qui appartiennent à la même forme, et entre deux formes existe une infinité de formes intermédiaires.

Plus simplement, de nombreuses formes dans la nature manifestent de cette continuité comme les océans, l'air entre les objets, comme si, dès lors qu'un ensemble de matière était constitué à un certain niveau d'échelle de parties similaires (un morceau d'air à un endroit et à un autre sont similaires), il s'exerçait une continuité dans cet ensemble et nous sommes familiers avec cela.

D'une simple somme d'objets distincts, discontinus, séparés de..rien le réel nous donne à voir la continuité d'un mouvement ou d'une évolution identique des parties dans un tout. Pour les représentations, lorsque le spectateur se déplace autour d'une sculpture baroque, la ligne se transforme, disparaît, réapparaît. Ce qui fait que nous considérons la sculpture en tant que telle, n'est donc pas basé sur la forme physique qui s'en dégage matériellement, mais bien sur l'agencement des parties entre elles qui permet de conserver son intégrité lors du déplacement du regard. Ainsi selon Heinrich Wölfflin : *«Dans la sculpture baroque, la ligne de la silhouette jamais ne saisit ni ne fixe la forme.»* Chaque point de vue tend à nous offrir une combinaison de lignes différente. Nous sommes bien dans l'art de faire le lien

entre les choses plus que de présenter les choses comme telles.[5]

Comment alors dans l'observation et la représentation, coexistent ces deux univers compris comme diamétralement opposés?

Du côté de la représentation, on peut y voir en histoire de l'art comment par exemple le passage de l'art classique au baroque à introduit de la continuité.

D'après Heinrich Wölfflin : "*Toutes choses sont vues suivant des lignes tandis qu'elles le sont par leurs masses dans le style pictural. Voir de façon linéaire c'est donc chercher le sens et la beauté des choses en premier lieu dans leurs contours en sorte que l'œil soit guidé vers les limites des objets et soit invité à les appréhender par les bords.* [Les bords priment, il n'y a pas d'importance donnée à ce qui ne fait pas forme] *Voir par masses, en revanche, c'est détourner son attention des limites, les contours étant devenus plus ou moins indifférents, et les objets apparaissent alors comme des taches qui constituent l'élément premier de l'impression. "*[5] Ou selon Riegl, un art «améliorant la nature», projetant nos représentations (les formes telles qu'elles sont) et un art «rivalisant avec la nature pour elle même» (telles qu'elles paraissent). Être faisant référence à la structure des formes tel les 5 doigts toujours présents sur les mains d'un tableau classique alors que paraître fera référence à son comportement, nous livrant un instant, une possibilité d'existence de cette forme.

Nous considérons en effet que certaines formes soient cachées derrières d'autres, quelles entretiennent entre elles des rapports de force (gravité, magnétisme, pression…) qu'elles se transfèrent de la chaleur, qu'elles vibrent ensemble. Parfois pouvons nous même percevoir ces échanges. Il suffit d'un bouton d'or placé au creux du cou pour s'apercevoir que les objets s'éclaboussent

5 Heinrich Wölfflin, Principes fondamentaux de l'histoire de l'art, p.56

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

de couleur entre eux. Est-ce pour autant raisonnable de le représenter?[6] Appeler ce qu'on connaît sans déformer ce qu'on voit vraiment fait preuve d'un effort mental particulier, d'une rigueur d'observation et est en soi un affront au système de connaissances préétabli. De surcroît cet effort semble fortuit et peu utile a côté de l'édification d'un empire qui s'acquiert tout au long de notre apprentissage du langage, de notre éducation à la vision pour arracher à l'espace continu ces formes discrètes. Un empire d'une envergure inégalée…Regardons autour de nous, quelque chose d'extraordinaire, d'inédit, d'émergent se produit en ce moment même. Jamais auparavant, l'humanité ne s'était autant attachée à la culture du digit. Le digital world, l'univers des programmes informatiques auquel nous donnons toute confiance dans des actes parfois d'une intimité extrême, d'une grande gravité, d'une importance majeure, ne considèrent pas le continu pour travailler, mais sont condamnés à ne traiter uniquement que des informations discrètes :

6 *«L.B. Alberti, lui aussi, avait observé qu'une personne s'avançant sur une prairie verte avait le visage coloré en vert ; mais il ne lui parut pas que le fait pouvait avoir quelque rapport avec la peinture."* Principes fondamentaux de l'histoire de l'art, Heinrich Wölfflin, p.56

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

II | INTELLIGENCES ARTIFICIELLES

Les outils de reconnaissance de formes chez les intelligences artificielles.

Pour étudier cette ambivalence continue/discrète qui se présente à nous, commençons donc par observer comment les outils accomplissent de telles tâches de reconnaissance de forme. Rappelle toi, les programmes informatiques ne traiternt uniquement que des informations discrètes. Par conséquent, eux aussi devraient en principe avoir affaire à ce même problème, «arracher des fragments au continu». Soyons clairs, l'information qu'ils reçoivent de leurs capteurs est déjà discrète : Lorsqu'on parle de caméra, de capteurs de pression, de sondes thermiques, ces derniers sont toujours limités par un ordre de grandeur au delà duquel la captation n'est plus précise. Autrement dit une caméra numérique à sa propre résolution, les capteurs de pression ont un seuil de détection au delà duquel ils ne font pas la différence (1000 niveaux 2000 niveaux…).

La continuité est à chercher ailleurs. En effet, lorsqu'une machine reçoit des images prises par une caméra qu'elle doit analyser par exemple, on peut dire, par analogie avec

l'océan, qu'elle peut lui apparaître continue car elle ne peut pas en distinguer sans méthode l'information discrète (disons la forme) contenue dans l'image. C'est un espace contenant des choses indifférenciées. Elle ne "voit" qu'un chaos, qu'un ensemble monolithique, qu'une suite de points possédants la même information mais des valeurs différentes, comme des gouttes d'eau avec des températures différentes mais sans voir les régions de température de cet océan, les courants, les mouvements, les zones isolées, les surfaces...Du point de vu technique, on saute de point en point, de pixel en pixel dans l'image pour la traiter mais du point de vue méthodologique, on a affaire en premier lieu à un véritable océan de pixels structurés par la même information (une valeur de gris par exemple), un ensemble continu. Sans méthode, l'algorithme ne peut "voir" autre chose que des points donnant la même information avec des valeurs différentes. D'où ce questionnement : si le monde capté par les machines est par analogie continu, comment les programmes informatiques réussissent-ils à traiter ce genre d'information pour en faire remonter à un niveau supérieur des extraits d'information discrète. Autrement dit, quelles méthodes pour faire émerger le sens d'une information?

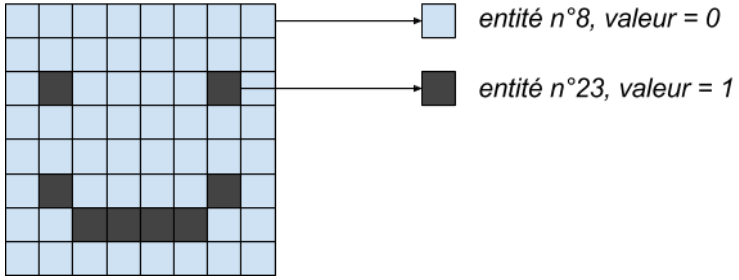
Suivra désormais une partie plus didactique, dédiée au fonctionnement des algorithmes de reconnaissance de forme.

1 De l'environnement à la décision

A Comment se structure la donnée ?

Le flux dans lequel se cache l'objet qui se présente est une donnée. Cette donnée est une suite finie et discrète, d'entités auxquelles on associe *n* dimensions. Par exemple, ce smiley est une donnée constituée de 64 entités (rectangles) pouvant prendre la valeur 0 ou 1. Donc cette donnée est en 1 dimension.

C'est toujours à partir de ce point de départ que commence un programme de reconnaissance de formes : analyser une série d'entités à n dimensions.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

A partir de là, existent plusieurs degrés de complexification du problème. Au plus simple, nous pouvons seulement nous intéresser aux valeurs en elles-mêmes. C'est à dire qu'on observe les valeurs de chaque entité puis, dès que l'une d'entre elles nous paraît pertinente, une information est émise en vue d'une prise de décision. Ce cas de reconnaissance primitive de forme est très courant. Détection de présence par une puce photoréceptrice, infrarouge... On connaît très bien leur application dans la domotique par exemple : ouverture automatique des portes, allumage automatique de l'éclairage au passage... Mais avons-nous pour autant réellement reconnu une forme? Si une perturbation de l'environnement implique la présence d'une forme qui a produit cette perturbation, cela ne qualifie en rien ce qu'est la forme. Il faut bien distinguer la reconnaissance de signal (automatisme) de la reconnaissance de forme.

Si nous résumons, un problème de reconnaissance de forme se distingue d'un problème de reconnaissance de signal par la décision de considérer un objet en tant que cet objet en particulier et pas un autre. Autrement dit, le programme doit étiqueter l'objet qui au départ est comme caché dans le flux de ce qu'il reçoit.

B L'apprentissage automatique : machine learning et réseaux de neurones artificiels récents

Sans rentrer dans des mathématiques complexes nous essaierons de nous pencher sur les stratégies qu'arborent ces programmes pour appréhender la réalité. Dans un degré plus élevé que la simple reconnaissance de signal, l'idée est d'imaginer une machine qui serait capable de reconnaître un objet que nous connaissons déjà, c'est à dire qu'en lui fournissant un ensemble de représentations pré-étiquetées, il ne nous reste plus qu'à construire l'algorithme qui nous mènera de l'objet caché dans la donnée à l'une des représentations de la base de donnée fournie.

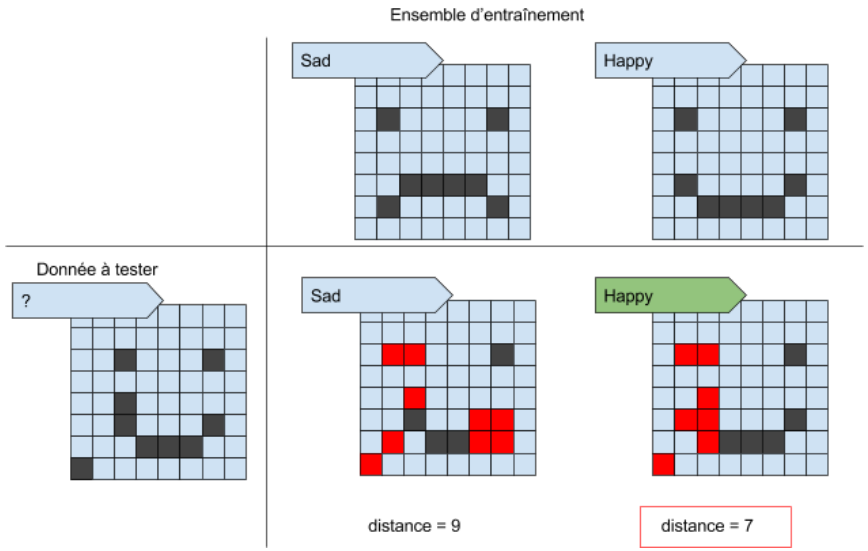
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Quels sont tes K-plus proches voisins?[1]

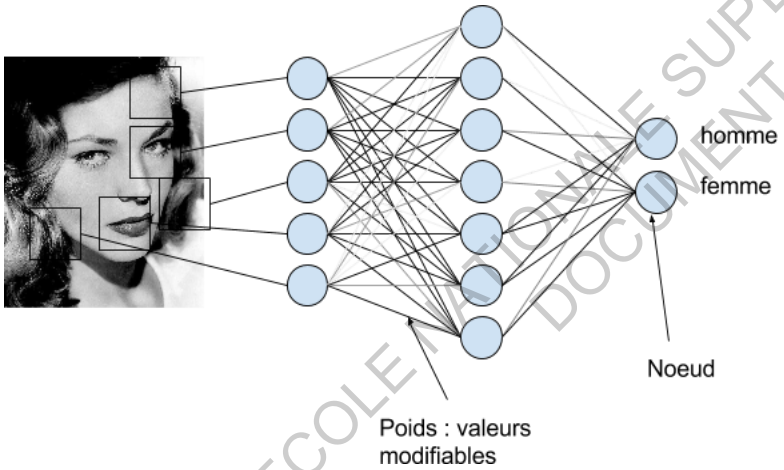
On pourrait donc donner à une machine des exemples étiquetés et lui proposer de mettre en rapport la forme présentée à celle étiquetée qui lui ressemble le plus pour l'identifier. Il s'agit de la méthode des k plus proches voisins (*k-means*). Revenons sur l'exemple du smiley : ces deux données (page ci-contre) font parties de l'ensemble d'entraînement, elles sont étiquetées (la machine connaît à quelle classe elles appartiennent) et elles entretiennent des rapports de similarité plus ou moins distants. Dans cet algorithme on va donc chercher, une distance minimale entre l'objet qui se présente à nous et les voisins les plus proches de notre ensemble d'entraînement. Pour calculer la distance, on calcule la somme de la valeur absolue des différences (distance euclidienne) entre les valeurs respectives de chaque élément (chaque pixel) composant la donnée.

Cet algorithme est employé surtout dans la reconnaissance d'objets particulièrement remarquables comme les caractères, les visages, les feuilles d'arbre, les fruits… Il possède cependant plusieurs désavantages car on doit réinterroger à chaque fois toutes les entités de l'ensemble d'entraînement. Pire, l'apprentissage est rigide ; c'est à dire que si une forme ayant une étiquette se transforme au cours du temps, ce programme n'est pas capable de se

1 La méthode est issue d'un cours en ligne proposé par Hugo Larochelle « Intelligence Artificielle [12.3] : Apprentissage automatique - k plus proches voisins » YouTube video, 10 : 03. Posted by « Hugo Larochelle», Juillet 02, 2013. https://youtu.be/BJvg5o7MSSI. Je recommande pour plus d'informations à propos des techniques d'apprentissage automatique, la chaîne de cours en ligne Youtube «Apprentissage automatique» d' «Hugo Larochelle»



K-Mean Algorythms : Ici le plus proche voisin de ma donnée test est l'entité étiquetée "Happy". Donc j'en déduit que même si ma donnée de départ n'est pas vraiment identique à celles de mon ensemble d'entraînement, elle représente un smiley content. Plus on a de données pour créer notre ensemble d'entraînement, plus on est susceptible de trouver une réponse juste.



Schématisation du principe de fonctionnement du perceptron.

réajuster pour faire correspondre la même étiquette à une nouvelle forme…C'est pourquoi on délaisse aujourd'hui ces techniques pour d'autres, adaptatives et s'enrichissant par l'apprentissage.

Les mathématiciens se sont donc attachés à imaginer une stratégie dans laquelle la méthode se formerait par elle même au fur et à mesure de son entraînement : c'est la notion d'apprentissage. L'ensemble d'entraînement se constitue au fur et à mesure des exemples présentés. Le système va s'ajuster à partir d'un état initial sous la surveillance d'un regard aguerri (un humain) : c'est l'apprentissage supervisé.

L'algorithme du Percpetron Mark I

Les premières applications de ce champ technique remontent a 1957 où Franklyn Roseblett proposa le premier réseau de neurones artificiels ayant vocation à reconnaître automatiquement des formes.[2] Concrètement, on montre au système une série d'images représentant par exemple des hommes et des femmes et le système doit, à terme, pouvoir reconnaître si c'est un homme ou une femme après avoir été entraîné longuement par un humain. Lorsque le système donne un résultat faux, l'humain ajuste le système afin qu'il donne la prochaine fois un résultat plus proche de la vérité. Ce système comporte trois couches de "neurones", une couche de récepteurs qui reçoivent les informations de l'image, une couche finale exprimant la décision prise par la machine : Femme ou Homme et une couche intermédiaire de neurones qui lient les récepteurs aux résultats. Ce qu'il faut bien comprendre, c'est que dans un tel système, les

2 « Perceptron Research from the 50's & 60's, clip » YouTube video, 1 : 11. Posted by « Go Chargers!», October 07, 2008. https://youtu.be/cNxadbrN_aI

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

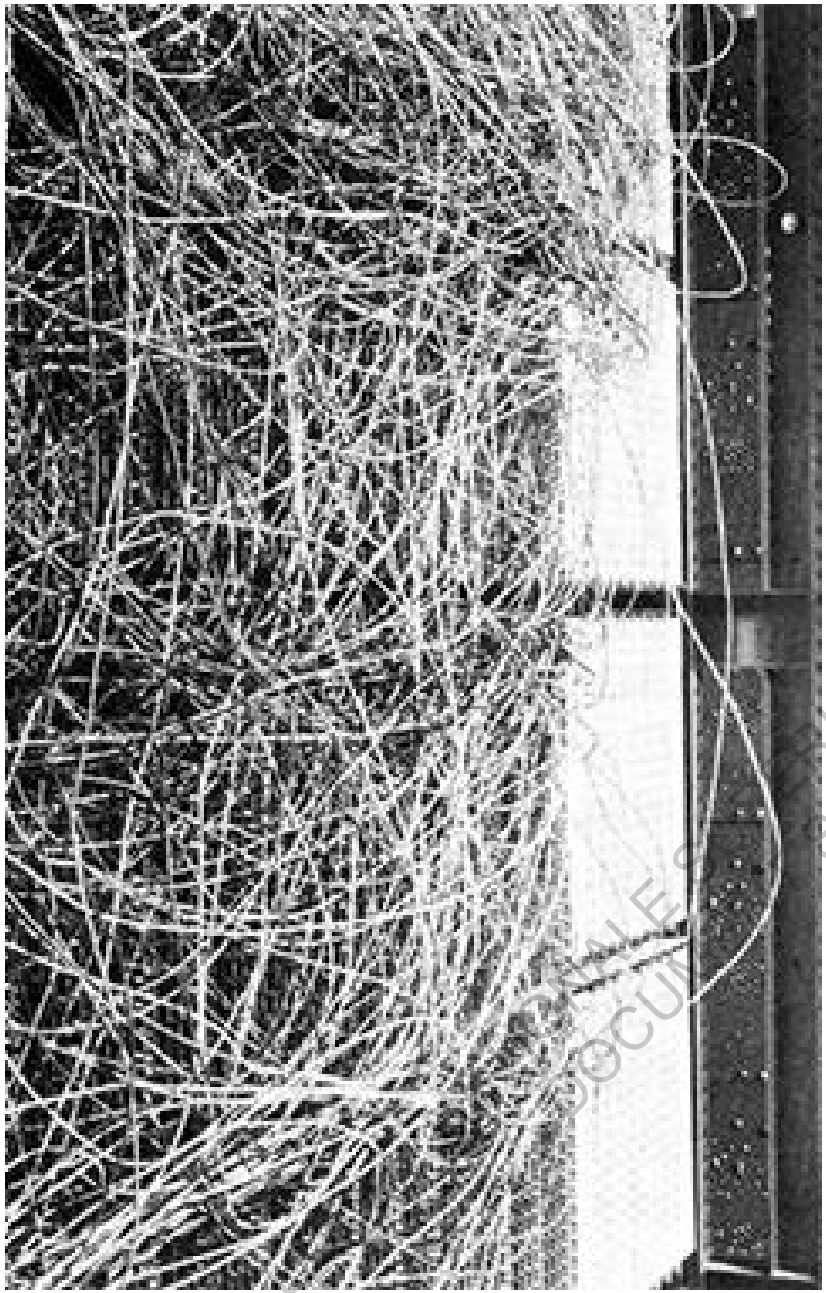


Figure 12 : «Spaghetti» d'un extracteur de caractéristiques (Perceptron Mark I)

neurones ne sont jamais modifiés par l'humain, c'est en revanche le poids (l'intensité des liens qui les relient entre eux) qui est le paramètre ajusté à chaque résultat. Si la réponse donnée dans ce cas (voir illustration page précédente) était : "homme", on ajusterait alors les poids en diminuant ceux qui mènent à la réponse homme et en augmentant ceux qui mènent à la réponse femme, c'est pourquoi on parle ici d'apprentissage supervisé. Il n'y a pas d'auto-apprentissage. La cohérence de l'algorithme est guidée sur la cohérence des formes que nous nous faisont de la réalité. C'est pourquoi, un nombre d'images important est nécessaire pour ne pas se tromper et être bien entraîné.

Ce qui est remarquable, c'est que ce système ne requiert pas de méthode préexistante pour reconnaître la forme présentée mais c'est au contraire la méthode qui prend forme au fur et à mesure qu'on lui présente la donnée. La forme ne décrit pas l'objet mais les caractères qui discriminent l'objet. Le sens de la donnée naît des multiples situations présentées (ici de la forme d'un visage humain) et naît car il est présupposé (on ne présente que des images qui comportent soit des hommes soit des femmes).

Nous l'avons vu, ce champ technique requiert le fait d'avoir recours d'une part à un très grand nombre de données et d'autre part du problème de pouvoir traiter toute cette quantité d'information. A cause de ce frein technologique, cette discipline qu'on peut dater de la fin des années 60 (même si des tentatives plus anciennes existent comme le perceptron) est restée durant très longtemps surtout de la théorie

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(Analyse de la donnée : Où en sommes nous aujourd'hui?

Compte tenu de l'évolution historique de la performance de calcul des microprocesseurs[3], de l'effondrement des coûts[4] ainsi que de l'augmentation effrénée du nombre de données disponibles chaque jour sur internet[5], on ne peut que se persuader de l'imminence de l'investissement humain et financier dans les techniques de reconnaissance de formes et ce dans tous les champs d'application possibles tels que la médecine, la robotique, l'industrie, le service à la personne, la sécurité, les usages domestiques. Effectivement, les perspectives et les champs d'action sont innombrables comme nous le verrons par ces trois exemples qui font parler d'eux depuis peu dans l'actualité :

1 l'Économie : l'exemple du trading à haute fréquence

La réalité des places boursières aujourd'hui, c'est 80% d'échanges de titres réalisés par des automates qui

3 Imagines la population chinoise entière, rentrer dans un théâtre de 2300 places, où toute la population nantaise rentrer chez toi! C'est le matériel que tu achètes aujourd'hui pour équiper ton ordinateur, ton smart-phone, tes objets connectés. Google la loi de Moore pour en savoir plus

4 Les coûts de production de ces tels instruments de calcul n'arrêtent pas de s'effondrer. Or la puissance de calcul est nécessaire pour pouvoir donner résultat au plus d'observations possibles et augmenter la précision des capacité de reconnaissance de formes. Voir AI Impact.org (2015). Trends in the cost of computing. Repéré à http://aiimpacts.org/trends-in-the-cost-of-computing/

5 La quantité d'information présente et disponible par les réseaux de communication installés au travers de la planète, évolue de manière exponentielle : «Every day, we create 2.5 quintillion bytes of data — so much that 90% of the data in the world today has been created in the last two years alone.» IBM (2016). What is big data? Repéré à http://www-01.ibm.com/software/data/bigdata/what-is-big-data.html

doivent prendre des décisions à des vitesses dépassant clairement l'échelle humaine (moins de 1 microseconde contrairement à 20 millisecondes en 2009 (+20 000 %)).[6] Or pour pouvoir prendre des décisions de vente ou d'achat de titres, ces machines doivent analyser les tendances d'un titre de façon réflexe afin d'acheter un titre qui semble être à la hausse le plus vite possible et le vendre en premier pour faire un maximum de profit une microseconde plus tard tant qu'il est encore à la hausse. Peut-on déjà parler ici de reconnaissance de forme? C'est plutôt un signal qui est analysé, puis une action réflexe qui est entreprise. Mais c'est un mécanisme primitif de reconnaissance de forme à prendre en considération.

2 la Médecine et les data sciences : Reconnaissance de pathologie, diagnostiques

La reconnaissance de forme aide dors et déjà les scientifiques à avancer à grande vitesse sur la recherche médicale en utilisant les algorithmes de machine learning sur des data-sets de grande envergure.[7]

6 Ivan Macaux, Ali Baddou, Canal+, (2015). Les nouveaux loups de Wall Street [Documentaire]. France

7 A*Star findings could lead to new ways to diagnose, treat breast cancer «These findings advance our understanding of breast cancer, the most common cancer affecting women in Singapore, and allow us to develop precise, effective treatment strategies,» says Dr Benjamin Seet, Executive Director of A*Star's Biomedical Research Council: Based on the analysis of data from more than 1,200 patients, BII scientists found a 22-gene panel that could be used to classify IDC cases into either Low Genetic Grade or High Genetic Grade classes, reflecting the aggressiveness of the tumours. A*Star, A*Star findings on breast cancer, 29 octobre 2015, repéré sur https://www.a-star.edu.sg/media/news/press-releases/id/4345/astar-findings-on-breast-cancer-hold-potential-for-new-treatments.aspx

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3 les AI: tournant historique imminent

Cette année, IBM à investi 1 milliard de dollars dans sa nouvelle entité dédiée, IBM Watson Group.

Les échos en date du 16 juin 2015 parient sans crainte "*L'intelligence artificielle, futur de l'entreprise*"[8]

Et ici la reconnaissance de formes entretien un lien très étroit avec le développement des intelligences artificielles car elle est nécessaire pour envisager l'autonomie des robots, ou assistants personnels et ce d'une part pour les interfaces homme-machine (reconnaissance vocale, comportementale, traitement du langage naturel) mais aussi pour les mécanismes fonctionnant en boucle fermée de perception-décision-action (c'est à dire que l'action qui pourrait être perçue comme la fin du processus, est en fait le déclencheur d'une mise à jour de la perception du robot. Or ce type de boucle fermée est la clé[9] d'une véritable intelligence artificielle qu'on appelle aussi système expert (pilotage automatique des véhicules, assistant pour personnes en situation de handicap, gestion autonome de mission d'explorations, intervention en milieux à hauts risques)).

On arrive ici dans toute une branche de l'informatique appelée "machine learning" en plein développement aujourd'hui. Toutes ces techniques comportent un point commun : elles sont attachées à un ensemble d'entraînement

8 Benoît Georges. (16 Juin 2015). L'intelligence artificielle, futur de l'entreprise. Les échos

9 Voir «L'action délibérée : planification et apprentissage en robotique», de Jean Malik Ghallab, Directeur de recherche au CNRS dans le cadre du séminaire «Les robots parallèles rapides» par Paul Laumond, Chaire d'innovation technologique Liliane Bettencourt 2011-2012, disponible sur le site du collège de France https://www.college-de-france.fr/site/jean-paul-laumond/

qui correspond à l'ensemble de représentations de la machine. Autrement dit, elles sont plutôt bien adaptées à la reconnaissance de formes récurrentes dans la nature, et s'appuient sur le fait qu'une classe d'objets rassemble les objets qui se ressemblent. Dans l'achèvement de cette tâche, entre eux et nous, c'est surtout la vitesse qui va déterminer la qualité du programme. Le but recherché est que le programme se trompe le moins possible par rapport à une estimation humaine.

)

2 Un problème de classification

En résumé, le perceptron, dans lequel la suite des objets présentés vont former eux mêmes leur propre ensemble d'entraînement, équivaut à la détermination d'une fonction linéaire (ax+b), un axe, un mur, une frontière, déterminant la séparation entre deux classes d'objets à séparer.

A chaque décision (l'objet est d'un côté ou de l'autre de la frontière), le perceptron demande à un humain d'évaluer si cette dernière est correcte. Si elle l'est, il ne modifie pas la fonction, sinon il l'oriente différemment jusqu'à trouver la bonne orientation pour séparer les deux classes d'objet. En effet, cette fonction linéaire est en fait une somme de vecteurs paramètres dont on aura fait le produit scalaire avec leur objet respectif et diminué le poids suivant la marge d'erreur entre la bonne réponse et la prédiction. C'est comme si l'on tentait de chercher la vallée dans un relief montagneux embrumé : a chaque pas, on donnerait plus ou moins d'importance aux directions suivant qu'elles nous mènent vers le bas ou vers le haut du relief sans connaître par avance quel chemin nous devons emprunter...On appel cela la descente de gradient.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Tout se passe comme si les extraits du monde continu captés fussent retournés, démantelés, rassemblés jusqu'à ce que cet entremêlement de fonctions logiques donne un résultat de plus en plus clair, séparable, compréhensible. Comme si cette data se comportait en matière extraite d'un rock massif pour être affinée, au travers de multiples machines qui elles aussi "séparent", affinent le gros du petit, l'intérêt du banal, le rentable de l'encombrant, le nocif du bienfaisant… Dans cette épreuve de donner un statut à l'objet présenté, de le reconnaître, ici non seulement en tant que forme apparente, mais en tant qu'ensemble de propriétés, de statut, d'état, la logique règne en déesse suprême du domaine des domaines. Et c'est bien des efforts pour arriver à un résultat si trivial : YES/NO, IN/OUT, ON/OFF, TRUE/FALSE, GOOD/BAD…

3 Se glisser aujourd'hui dans la peau de la machine

A Reconnaissance des formes/Pattern recognition

Le processus que nous avons décrit peut être aussi vu comme un processus décisionnel ayant pour but un choix qu'on espère être le plus proche possible du correct. Cependant, cette décision logique implique que la donnée entrante ait finalement déjà un sens (des propriétés). Ou alors, comment fonder un raisonnement rationnel sur des données entrantes qui n'ont aucun sens, qui ne sont juste qu'un amas organisé de données, tel cet océan de pixels décrit plus haut? Il semble qu'il n'y ait pas de reconnaissance sans décision, mais encore faut-il du sens pour la nourrir.

En anglais, les méthodes de reconnaissance de formes sont appelées "Pattern Recognition", littéralement reconnaissance des motifs. Qu'est ce que le motif?

Selon Riegl la forme se décompose en surfaces partielles, (En gardant à l'esprit que cette surface peut-être complexe, c'est

à dire posséder son propre modelé). C'est l'idée des surfaces constituant la forme, les surfaces objectives, qu'on peut toucher ou qui forment les faces d'un cube par exemple. Pour Riegl, c'est de ces surfaces partielles que l'homme a puisé les motifs pour créer ses premières œuvres d'art.

Chez Henri Focillon : «*Fond visible ou caché, support qui reste apparent et stable entre les signes ou qui se mêle à leurs échanges, plan qui se maintient dans l'unité et la fixité ou qui ondule sous les figures et se mêle à leur courants, il s'agit toujours d'un espace construit ou détruit par la forme, animé, moulé par elle.*»[10]

Le motif n'est pas présenté comme une entité autonome car il est tributaire de la forme, il apparaît comme une relation qu'entretiennent les fragments de la forme entre eux.

Alors qu'en français le terme reconnaissance de forme relate ce processus de décision qui nous amène au choix, à l'étiquetage, l'anglais nous ramène à la racine du problème, le motif, le constituant, sa raison d'existence et non son apparence. Par ailleurs, tu trouveras en allemand "Mustererkennung" dont Muster signifie motif mais aussi dérive sur la forme verbale Mustern, qui signifie examiner, scruter…

Comment comprendre un motif ? Du point de vue ontologique, la notion de motif en tant que contenu est un sous-espace de la forme qu'on peut retrouver à toutes les échelles. On peut fragmenter de manière extrême et continue la forme pour y voir des motifs la constituant. Vu en tant que contenant, le motif est pur, n'incluant que les caractéristiques intrinsèques de la forme, se qui fait sa permanence. Les propriétés extrinsèques, elles, relèvent de la situation de la forme dans son environnement, de fait, elles sont dépendantes de la situation et indépendantes du motif, elles sont momentanées. Cependant nous ne pouvons

10 Henri Focillon, La vie des formes, p.29

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

percevoir les motifs (propriétés intrinsèques) que grâce aux propriétés extrinsèques de la forme. C'est là que le motif nous apparaît comme la relation qu'entretiennent des surfaces partielles dans le sous-espace d'une forme plus grande.

Mathématiquement parlant, nous allons devoir nous intéresser à tout ce qui peut faire l'objet d'une relation entre deux éléments proches dans le signal (deux pixels côtes à côtes par exemple) afin de déterminer les motifs : un extremum, une inflexion, des rapports de proportion…Ces techniques font souvent l'objet de concours ou différentes équipes s'affrontent pour déterminer le plus rapidement dans quelle classe catégoriser une image, or, une grande part de temps de calcul se joue dans l'extraction des ces caractéristiques par un module appelé le feature extractor.

B Les techniques de deep learning

Nous détaillerons ici sommairement l'approche du "deep learning in convolutional neural networks."

La manière la plus simple d'envisager le problème est l'identification des gradient image. C'est à dire qu'on cherche à représenter par un vecteur, les changements d'intensité lumineuse constatés sur les pixels de l'image, en calculant la différence de luminosité verticalement puis horizontalement d'un pixel p à un pixel p+1. La donnée brute prend alors un "sens" (un vecteur) nécessaire au raisonnement logique qui suivra dans la catégorisation de l'image à posteriori.[11]

Vient ensuite le feature extractor qui en fonction des vecteurs présentés, active certains de ses neurones en sortie. Il en résulte le choix d'un motif représentatif du contour orienté perçu. Ce

11 Voir la chaîne de cours en ligne Youtube «Apprentissage automatique» d' «Hugo Larochelle» en particulier «Intelligence Artificielle [14.3] : Vision par ordinateur - gradients d'images», 19.10, 5 Août 2013, https://youtu.be/dGh1lBQsUT4?list=PL6Xpj9I5qXYGhsvMWM53ZLfwUInzvYWsm

motif choisi est convolué (appliqué) au fragment d'où provient le motif initial avant d'être renvoyé tel un groupe de pixels neuf de l'image à un nouveau module de traitement d'image.

Comme les modules de feature extractor sont aussi entraînés par apprentissage automatique, ils entretiennent eux-mêmes, au fur et à mesure des images qui leurs sont présentées, une base de donnée de motifs à différents niveaux. Cela signifie que les feature extractors ont formé eux-même leur propre méthode d'identification. Ils ont créés leurs motifs préférentiels, et sans qu'on sache vraiment bien comment ni pourquoi…

On a donc un empilement où les feature extractors prennent en sandwich des modules de traitement de l'image.[12]

En empilant ces modules pour remonter la chaîne, du fragment à l'ensemble, on parvient à reconnaître la forme globale à partir de ce qu'elle est en soi. Telle la vision objective, «vue» de près, esquissée par Aloïs Riegl dans l'art Égyptien. C'est de cet empilement de couches qu'on a qualifié ce type d'apprentissage de profond ("deep learning") qui fait l'objet d'une ultra médiatisation et promet un bel avenir à ceux qui s'y sont engagés, tel Yann LeCun, directeur du FAIR "Facebook Artificial Intelligence Research".

Le plus impressionnant est peut-être que rien n'empêche d'exécuter la tâche de reconnaissance là où il n'y a pas de forme (à partir d'un bruit) ! Cela nous donne l'image des représentations internes que la machine se fait des objets. Les résultats lorsqu'on les convolue à des images aléatoires sont fascinants. Ce champ à d'ailleurs donné lieu récemment à un nouveau pseudo-courant

12 Voir la leçon inaugurale de la chaire informatique et sciences numériques (2015-2016), Yann LeCun, «L'apprentissage profond : une révolution en intelligence artificielle», 04 Février 2016, disponible sur le site du collège de france à l'adresse : https://www.college-de-france.fr/site/yann-lecun/inaugural-lecture-2016-02-04-18h00.htm
Le contenu s'adresse aussi à des néophytes contrairement aux cours d'Hugo Larochelle qui sont plus techniques.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

artistique : “l’inceptionism” que je te conseille de googler si tu n’en a pas encore entendu parlé.

L’étude de la reconnaissance des formes chez les intelligences artificielles nous a montré qu’arracher est un terme à la mesure de l’épreuve devant être surmontée par un observateur dans une tâche d’identification de forme. Il y a de la fatigue et de l’effort dans l’action d’extraire une partie d’un tout pour le comprendre en tant que nouveau tout.

Les machines, telles que celles décrites jusqu’ici, calculent une réalité componentielle (faite de composants). Or ces programmes informatiques sont souvent inspirés des théories formelles de reconnaissance en sciences cognitives et neurosciences[13]. Cependant, si, reconnaître, chez l’homme ou la machine peut s’avérer en certains points être équivalent du point de vue mécanique, est-ce pour autant comparable? Alain Berthoz nous met en garde : «*La philosophie moderne fascinée par le langage a oublié que le cerveau doit résoudre majoritairement des problèmes mécaniques. On ne peut pas faire le raccourci entre cerveau et analogie à l’informatique, logique formelle.*»[14]

Il existe cependant un point commun entre homme et machine.

C La relation sujet/objet dans le contexte d’observation

Dans la tâche de reconnaître une forme il y a implicitement une relation entre un sujet et un objet. Un objet qui se présente au sujet et un sujet qui doit présenter cet objet, car dans cette relation

13 C’est ainsi selon Yann LeCun, que la découverte par Hubel & Wiesel des cellules hautement spécialisées à mis sur la bonne voie les programmeurs des premiers réseaux de neurones convolutifs (feature extractors)

14 Alain Berthoz, Le sens du mouvement, p.159

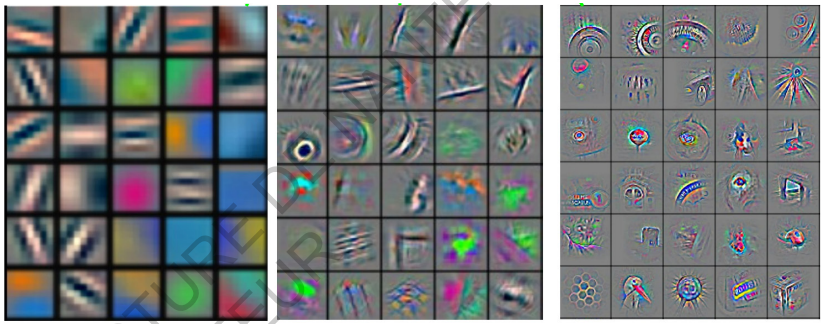


Figure 13 : Low-Mod and High level features. Des motifs de plus en plus complexes vont permettre de reconnaître à terme, l’image de départ

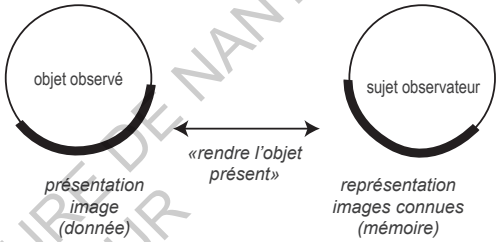
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

d'observant/observé, l'objet observé ne dit pas explicitement au sujet qu'il est observé, c'est pourquoi le sujet doit résoudre par lui-même le fait que l'objet se présente à lui. Si tu te présentes à moi, cette relation n'est effective que dans la mesure où je te reconnais. De plus, je te reconnais grâce à mes sens. Je dois donc inférer ta présence à partir d'un fragment de toi qui me parvient. Par exemple tu peux te présenter à moi derrière mon dos en émettant un son avec ta voix. A partir de ce son je dois inférer (supposer) que tu es présent. Par cette inférence, relativement à moi-même, je te rend présent dans mon espace d'observation (au sens large, pas uniquement au sens visuel). Nous comme les machines, rendons compte de la présence d'une réalité soumise à nos sens. Mais cette réalité est elle partagée?

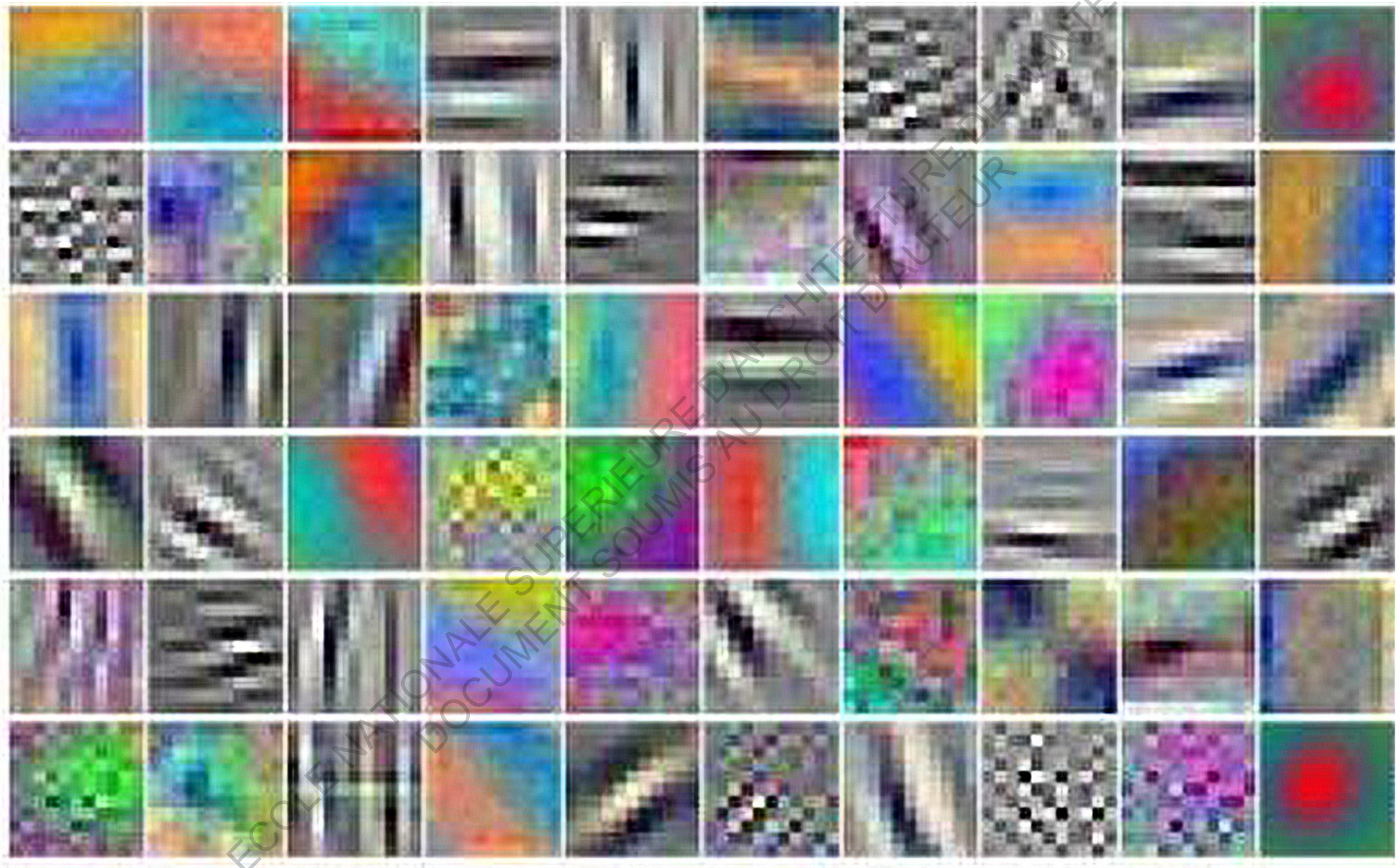
Sans hésitation, Yann LeCun dans une conférence lance alors "Le monde est compositionnel ou dieu existe"[15]. Si cette hypothèse ne laisse que deux alternatives opposées sans que l'une se mélange à l'autre, il se cache sûrement derrière une confusion : en effet les deux propositions s'attachent à des représentations de la réalité qui sont propres à l'observateur et non pas à la réalité qui existe en dehors et indépendamment de lui. L'une propose une réalité compositionnelle réglant l'ordre du monde par les liens qui en unissent ses composantes, l'autre une réalité déifiée, mais peut-être conviendrait-il plutôt ici de s'interroger sur ce qui nous amène à ce conflit de pensée! On apprend pas à reconnaître aux machines le monde dont nous sommes issus mais bien la réalité que nous envisageons de ce monde.[16]

15 «Deep learning - Yann LeCun, à l'USI », 44:12, 13 juillet 2015, https://youtu.be/RgUcQceqC_Y

16 Ainsi ImageNet est une base de donnée d'image labellisée pour la plupart par les employés de mechanical turk (57% Américains et 30% Indiens), une population majoritairement jeune qui est en train de former les représentations internes des forme que pourront reconnaître les futures intelligences artificielles.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 14 : Low level features

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

III La fabrique d'un monde componentiel

Le monde que chacun d'entre nous s'est construit est un Lego géant et nous avons dessiné ces machines pour raisonner de la même manière : Dans toute chose, il y a des parties qui forment des touts et ces touts sont les parties d'un même tout… Comment la perception nous mène à faire des groupes, à envisager le monde de façon compositionnelle? La question de la reconnaissance prise au cœur de la complexité discret/continu s'en retrouve donc décalée d'un statut purement technique à une question d'autant plus portée sur notre rapport au monde et plus particulièrement sur l'idée d'une vision du monde componentielle. Pourquoi la réalité que nous proposons aux machines est elle componentielle? En étudiant les mécanismes de la cognition, nous en chercherons les signes dans ce qui suit.

1 Par ce que nous apprend la structure de l'appareil sensoriel

A Au travers de l'étude des récepteurs sensoriels

Tu peux imaginer le monde de chaque individu comme deux espaces joints par une membrane sensorielle fermée[1]. Cette membrane agit comme une discontinuité pour toutes les ondes et les forces qui la traversent (ondes sonores, lumineuses, pressions, traversent une discontinuité entre la réalité et la représentation interne de l'environnement) Quelle est la nature de cette discontinuité?

Selon Von Foerster : «La sensibilité d'une cellule réceptrice à une perturbation précise est observée par sa réaction sous la forme d'une courte décharge électrique qui, après avoir été provoquée à la surface, pénètre à l'intérieur de l'organisme le long d'une mince fibre, l'axone, qui prolonge la cellule. La durée approximative de cette décharge est de plusieurs millièmes de seconde et sa puissance toujours d'environ un dixième de volt, indépendamment de l'intensité de la perturbation. Une perturbation prolongée produit une suite de décharges dont la fréquence correspond approximativement au logarithme de l'intensité de la perturbation. La codification d'une intensité en fréquence de signal est appelée modulation de fréquence (FM). Toutes les informations sensorielles sont

1-2 "Dispersés sur la surface d'organismes multicellulaires se trouvent des cellules hautement différenciées qui établissent la surface séparant les faits du monde extérieur et les représentations de ces faits dans l'organisme." Heinz Von Foerster, Du stimulus au Symbole, l'économie du calcul biologique, dans Signe, image, symbole, sous la direction de Gyorgy Kepes, p.48

codifiées dans ce langage commun.»[2]

Tout ce qui peut traverser cette discontinuité perd alors sa qualité (sa nature mécanique, électromagnétique, force) pour se retrouver quantifiée de l'autre côté de la surface sensorielle. Ainsi, si tu observais le monde juste de l'autre côté de ta surface sensorielle, il t'apparaîtrait sûrement comme un chaos pour deux raisons : d'une part, rien ne serait différencié (tous les stimuli sont de la même nature, seule leur fréquence diminue au cours du temps) et d'autre part tu devrais faire face à une quantité inimaginable d'information!

Un chaos certes, mais un chaos "riche de sens" (tel que le présupposait Wallace Stevens)[3]

Comment ce sens caché est-il préservé en traversant la membrane sensorielle?

«La nature des systèmes récepteurs visuels et tactiles veut que les informations enregistrées soient parcellaires et successives. Le système nerveux opère des ségrégations dans la réalité dès la prise d'information. Dans le cas du système vestibulaire par exemple, c'est au niveau même des capteurs qu'est dissociée la prise d'information entre rotation et translation.»

Alain Berthoz nous dit ici que les ségrégations s'opèrent dès la prise d'information donc sur notre surface sensorielle. L'image des choses, en traversant la membrane, si elle perd sa qualité pour être quantifiée reste tout de même "étiquetée" par l'organisme grâce à la ségrégation précoce réalisée par les premiers réseaux sensoriels. Ainsi les stimuli dûs à la présence d'un point lumineux et ceux dûs à l'apparition d'un contour par exemple ne se mélangent pas, non pas car ils portent une information de nature différente (les deux sont des décharges

3 Dans, la découverte par les esquimaux de la place de l'homme dans l'univers, dans Signe, image, symbole, sous la direction de Gyorgy Kepes.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

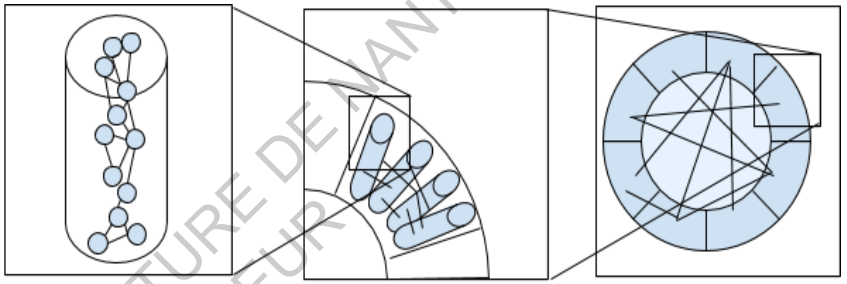
électriques de même tension) mais parce qu'ils ont été séparés très tôt par les cellules sensorielles et vont être dirigés dans des réseaux différenciés. La nature de l'information n'est pas intégrée au stimulus mais est la trajectoire empruntée par le stimulus dans le système nerveux.

Tu noteras donc qu'entre l'espace de la réalité et l'espace de représentation de la réalité, observés à la même échelle, on passe d'un monde supposé continu et qualifié à un chaos quantifié où la perception aura la mission de reconstruire une réalité. Ce processus de "reconstruction" reposant sur un réseau de neurones qui suppose l'assemblage est peut-être donc dû en partie à la ségrégation précoce des stimuli par la membrane sensorielle[4].

B Au travers de la vitesse de transfert de l'information

Le cerveau est une collection anatomiquement organisée de cellules, il y a approximativement 100 milliards de neurones dans le cerveau humain et donc comme un faussé entre le neurone et le cerveau. Il y a différents niveaux d'intégration des neurones. Comme la boîte crânienne est un espace limite, indéformable, l'évolution naturelle de l'anatomie interne du cerveau a joué en la faveur de l'efficacité : les neurones échangeant le plus entre eux ont donc les connexions les plus courtes, gagnant ainsi de l'espace et du temps. C'est un premier niveau d'intégration : réseaux locaux, organisés en colonnes. La colonne corticale

4 "La découverte de neurones "détecteurs de traits" dans le cortex visuel par Hubel et Wiesel a beaucoup accrédité l'hypothèse analytique de décomposition du stimulus visuel en traits élémentaires", La théorie des Geons, Jean-Pierre GAILLARD, Rachel BOULLIOU et Christelle GAUTIER, article paru dans la revue l'année psychologique, 1996



Une colonne corticale
Elle se compose de plusieurs milliers de neurones qui organisent leurs connexion de façon verticale (de l'intérieur de l' écorce vers l'extérieur)

Une aire cérébrale
Elle se compose de plusieurs colonnes corticales

Schéma du cerveau
Topologiquement le cerveau est un oeuf avec une écorce cérébrale et un coeur blanc où s'échangent les différentes informations entre les système cérébraux

en est un prototype. Ici la densité des connexions est très importante. Au niveau suivant, l'aire corticale concerne les connexions horizontales entre les différentes colonnes. Le cortex visuel primaire en est le prototype. Au niveau suivant, les systèmes cérébraux relient les différentes aires corticales. Ici les connexions peuvent aller chercher très loin dans le cerveau pour aller d'une aire à l'autre. Cet ensemble peut former le système visuel par exemple (plusieurs dizaines d'aires corticales). Ces systèmes forment le cerveau.[5]

Le cerveau par son anatomie sous-tend aussi une organisation en ensembles. On peut donc envisager l'hypothèse selon laquelle l'information se constitue en forme au fur et à mesure de son passage depuis le nerf optique jusqu'à circuler entre les différents systèmes cérébraux. Une information issue du nerf

5 "Les évènements ne surviennent pas grâce à l'accumulation d'éléments individuels de données des sens mais grâce au fonctionnement coordonné de réseaux de sensation nettement dessinés, déterminés par des lois structurales." Gyorgy Kepes, La structure dans les arts et dans les sciences, Introduction

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

optique devra donc s'enrichir et se combiner avec d'autres pour passer de sombre/clair à contour à coin à table avant de voyager au travers d'aires sensorielles différentes (langage, aires motrices…).

C Au travers du momentané et du permanent

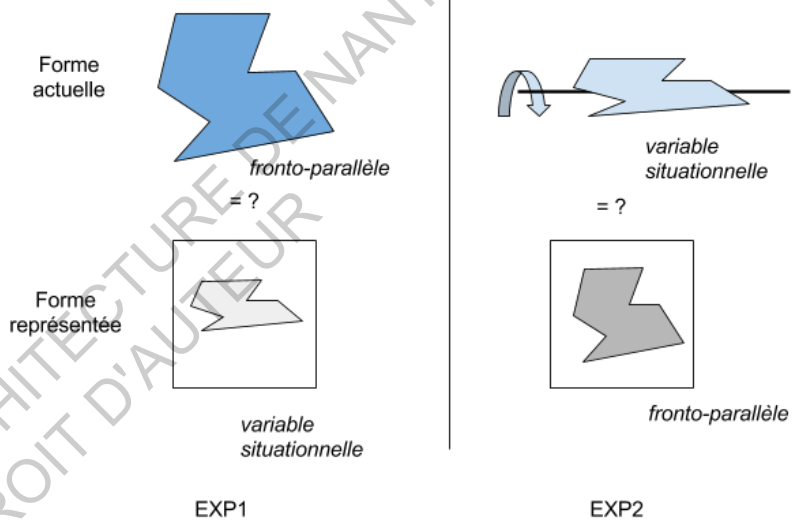
Dans ses travaux sur la perception et la représentation de la constance de la forme, Eliane Vurpillot soumet des enfants de 5 à 12 ans à la tâche d'extraire dans un premier temps la projection d'une forme actuellement présentée et dans un second temps de restituer l'aspect fronto-parallèle d'une forme inclinée.

D'après les conclusion de l'expérience, l'ensemble des résultats met en évidence une dissociation progressive entre le momentané et le permanent, entre la part des qualités invariantes de l'objet et celle de sa situation spatiale dans les stimulations sensorielles qu'il fournit au sujet. «*Les premières années d'existence de l'enfant apparaissent consacrées à deux types d'activité complémentaires : différenciation et organisation, qui aboutissent à la constitution d'invariants de plus en plus abstraits et de systèmes de référence de plus en plus généraux.*»

On dissocie progressivement permanent et momentané.

> *«Nos sens ne connaissent directement de chaque objet, chaque ensemble d'objet, que des aspects momentanés, changeants avec chaque déplacement,* [mais] *Notre connaissance des objets et de leur situation dans l'espace n'est complète que lorsque nous sommes capables d'associer leurs différents aspects momentanés à une transformation dynamique continue.»*[6]

6 Perception et représentation de la constance de la forme, Eliane Vurpillot, l'année psychologique 1964



Expérience d'Eliane Vurpillot, d'après Perception et représentation de la constance de la forme, Eliane Vurpillot, l'année psychologique 1964

L'auteur présente ici à nouveau la distinction entre réalité et espace représentationnel sous l'angle des objets : Ce que nos sens connaissent directement des objets fonde le ressentir et notre connaissance des objets fonde le percevoir.

Tu remarqueras que les deux cas s'accompagnent d'une connaissance qui d'un côté est prise et de l'autre appelée.

On peut alors envisager l'hypothèse suivante : la prise de connaissance de l'objet va mettre en correspondance les variables situationnelles de l'objet (son caractère momentané) avec d'autres dimensions sensorielles (proprioception, son…) tandis que l'appel de connaissance va rapprocher les caractères de permanence de l'objet avec un répertoire de formes connues par l'observateur. Cette hypothèse propose ainsi une reconstruction de la réalité en dissociant le momentané du permanent. Nous nous

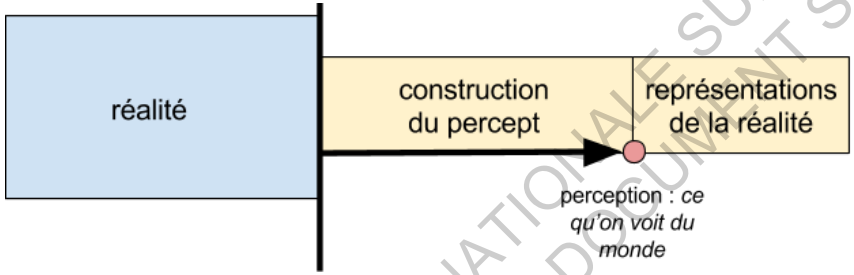
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

intéressons à la structure même de l'objet, comme sa géométrie, ses propriétés surfaciques et kinesthésiques. Cette possibilité fonctionne de manière similaire aux réseaux de neurones convolutifs dont sont munies les machines de reconnaissance de forme basées sur les méthodes de deep learning. (Reconnaissance des visages sur facebook par exemple).

Nous avons donc appris que déjà par la structure anatomique de l'appareil perceptif, le monde semble se reconstruire par assemblage de fragments derrière notre surface sensorielle. Confrontons maintenant notre question à la constitution du percept visuel.

2 Au travers de la constitution du percept visuel

Selon Helmholtz, «*le percevant exécute quelque chose de semblable à ce que les informaticiens appellent "fonction de calcul" (computation), à partir de sensations pour estimer l'identité du stimulus. Mais ni les sensations qu'il a utilisées, ni le calcul qu'il a fait ne sont notés consciemment ; seule, la conclusion perceptive est éprouvée.*» Ce qu'il appelle concept d'"Unbewußter Schluß" (induction inconsciente)[7]



7 F. Molnar, Quoi de nouveau dans la perception visuelle de la forme, L'année psychologique 1980

Si reconstruction, organisation des neurones et ségrégation des caractères formels justifient la raison d'existence d'une pensée componentielle, on ne peut s'arrêter en chemin sans avoir éclairci cette frontière épaisse qui se développe dans notre inconscient depuis la surface sensorielle jusqu'à l'émergence consciente d'une perception de notre environnement : la construction du percept est soumise à de nombreuses hypothèses investies par les sciences cognitives, la psychologie, les mathématiques, l'informatique et les neurosciences. Sans favoriser l'une des nombreuses théories existantes qui explique la construction du percept, il se dégage trois manières de voir les choses : par appariement de gabarit, par analyse de caractères locaux ou globaux. Toutes, en dehors de ces différences, tentent de s'adapter à une configuration multisensorielle et appellent les connaissances, de sorte que reconnaître est bien une action personnelle dans laquelle c'est l'observateur qui connaît à nouveau l'objet et non pas l'objet qui rencontre à nouveau l'observateur. Chose uniquement possible en ayant recours au concept de mémoire de l'expérience.

A L'appariement de gabarit

Dans cette première catégorie, les théories proposent une mise en rapport directe du percept à un patron sans construction préalable.

«La comparaison de gabarit (template matching) représente l'hypothèse la plus ancienne et la plus simple. Elle suppose une comparaison entre l'objet et un modèle de l'objet. Lorsque l'objet est identique ou correspond dans une certaine mesure au modèle en mémoire, l'identification intervient. L'écart éventuel entre le modèle initial et l'objet est la source de l'apprentissage perceptif

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

des objets, de leur généralisation (classes d'objets) comme de leur différentiation perceptive. Si tel était le cas, la capacité à reconnaître un objet dans une orientation quelconque, quelle que soit sa distance et donc sa taille relativement à l'observateur, supposerait une représentation initiale en mémoire de chacune de ses orientations, tailles et positions.»[8]

Il paraît cependant inimaginable que la perception de la forme agisse ainsi. Pensons simplement à l'organisation d'un être vivant, qui va toujours dans l'économie d'énergie ; cette méthode serait très gourmande en calculs, il nous faudrait de plus posséder un cerveau gigantesque pour pouvoir y stocker tous les patrons, et quand bien même cela fusse envisageable, comment pourrions nous faire face à l'inconnu, comment ferions nous face à des formes changeantes suivant le point de vue duquel on les observe? Cette méthode est appliquée en intelligence artificielle sous le nom de la méthode des k plus proches voisins que nous avons décrite plus haut, et nous avons vu combien les nouvelles techniques de reconnaissance de formes sont beaucoup plus efficaces. En effet si on structure la donnée, l'information nécessaire pour la traiter diminue.

+B Caractères locaux

Quelle importance des détails dans la forme? Est-il possible de créer un percept seulement à partir de détails d'une forme, sans avoir recours à la forme dans son ensemble? Autrement dit, est-il concevable d'envisager le tout uniquement comme la somme de ses parties?

Effectivement, d'après F. Molnar, certains de nos neurones s'activent pour de véritables formes spécifiques[9], donc pour de

8 Théorie des GEONS et interprétation quantitative dans une tâche d'identification d'objets. In: L'année psychologique. 1996 vol.96, n°4. pp. 561-586.

9-10 "En 1972, Barlow et Coll. publient un tableau précisant les fonctions

véritables caractéristiques locales. En extrapolant un peu, tu peux imaginer qu'il existe un neurone pour le carré, un neurone pour le triangle, un neurone pour les ovales... «*C'est une idée où finalement, la perception se rapproche plus des mathématiques que de la neuroscience. On est dans un système bottom up où des petits observateurs observent des petits observateurs faisant ainsi remonter une information concaténée (exemple contour vertical + demi cercle orienté droit = "P")»*[10]

Tels les features extractors de Yann LeCun, ces modèles constructifs conservent leurs intérêts depuis les découvertes des cellules spécialisées par Hubel & Wiesel. Comment alors l'information du carré est elle stockée dans le neurone? A-t-elle l'image du carré?

> *«Un autre modèle va mêler les modèles constructifs à la description structurale*[11]*, repoussant l'hypothèse d'une représentation interne de l'environnement isomorphique (conforme à la réalité). Cette hypothèse structurale nous permettrait d'envisager l'appariement de gabarit (présentée ci dessus) grâce à des attributs : l'hypothèse d'un appariement de gabarit reste plausible si l'on admet que l'image de l'objet puisse subir des transformations, rotations mentales, mises à l'échelle, translations.*
>
> *Les attributs de cette théorie sont les GEONS pour*

et l'emplacement anatomique de 43 détecteurs spécifiques différents. Dix ans d'expériences ont ainsi suffi pour démontrer que la sensibilité aux formes est une propriété générale du système nerveux sensoriel, à partir de la périphérie jusqu'au niveau central.» F. Molnar, quoi de nouveau dans la perception visuelle de la forme, L'année psychologique 1980

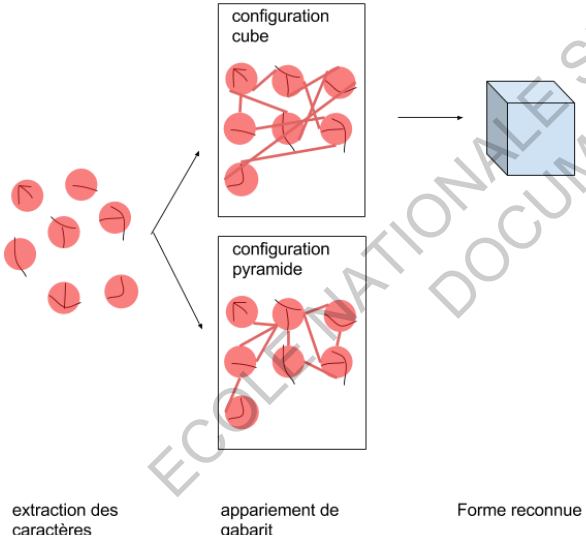
11 "Une description structurale représente explicitement les objets comme des configurations d'attributs (typiquement des parties) selon des relations spécifiées de l'un à l'autre."Hummel et Biederman, 1992.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

geometrics ions. Ils correspondent à des propriétés géométriques non accidentelles structurant notre environnement. Les geons au nombre de 36 sont formés à partir des propriétés de colinéarité, coterminaison de deux segments de droites (jonction en L par exemple), de trois segments (en T) curvilinéarité, courbes parallèles et relation de symétries. Ils représentent donc les éléments primitifs dont la combinaison spatiale formera la syntaxe visuelle de l'objet perçu.»

L'activité de la reconnaissance serait alors fondée sur ce type de représentation par appariement de gabarit entre les Geons et l'objet perçu et ceux caractérisant les objets mémorisés. La théorie de la reconnaissance par composant (RBC) suggère l'extraction des traits visuels composant l'objet, par un processus de segmentation du contour dans les régions de forte concavité et de forte convexité et aboutissant à déterminer les principaux Geons.

(...)



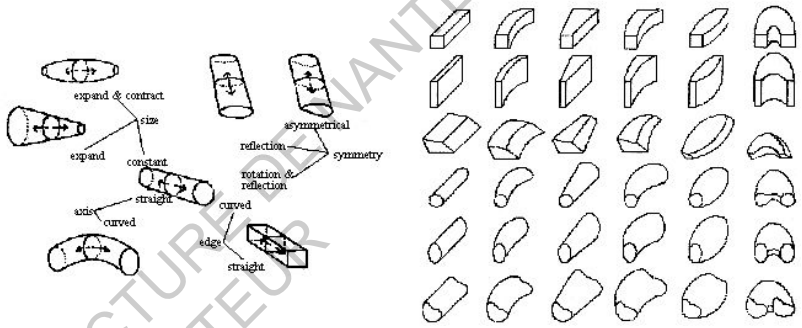
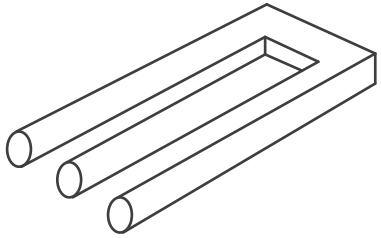


Figure 15 : Principe de fonctionnement des geons

Cependant une analyse globale de la forme rejoignant les théories gestaltistes de la vision semble tout aussi importante voir essentielle pour la mise en cohérence des perceptions multisensorielles.»[12]

Il semble donc que les traitements primitifs de l'image se basent sur une extraction des caractères locaux de l'image pour restituer la perception visuelle après appariement avec une configuration de ces caractères locaux déjà connue. Cependant, cette théorie ne se suffit pas à elle même : si cette fourche est cohérente en chacune de ses parties, tu reconnaîtras bien qu'elle est globalement incohérente!



12 THÉORIE DES «GEONS» ET INTERPRÉTATION QUANTITATIVE DANS UNE TÂCHE D'IDENTIFICATION D'OBJETS par Jean-Pierre GAILLARD, Rachel BOULLIOU et Christelle GAUTIER, L'année Psychologique, 1996, p.561-586

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

C Caractères globaux

Selon F. Molnar *«La gestalt est utilisée généralement pour marquer la différence entre l'effet local de la stimulation et son effet global influencé par la totalité du champ perceptif. Elle postule que les constituants locaux d'une forme ne suffisent pas à le définir. En d'autre termes, le tout est plus important que les parties et s'exprime entre autre par des rapports de proximité, similarité, continuité, fermeture et de clôture. D'autres théories existent permettant notamment d'élaborer une perception de la texture : «La théorie de l'analyse des fréquences spatiales propose de réduire le champ visuel à une fonction de type transformée de fourrier où le temps (la fréquence) est remplacé par une dimension de l'espace (horizontale ou verticale). La perception de la symétrie pourrait être le résultat des effets des fréquences spatiales en deux dimensions.»»*[13]

13 Julesz (1979), d'après F. Molnar, Quoi de nouveau dans la perception visuelle de la forme, L'année psychologique 1980

Figure 16bis : L'information contenue dans l'image est met en évidence l'action des fréquences spatiales sur la reconnaissance de forme

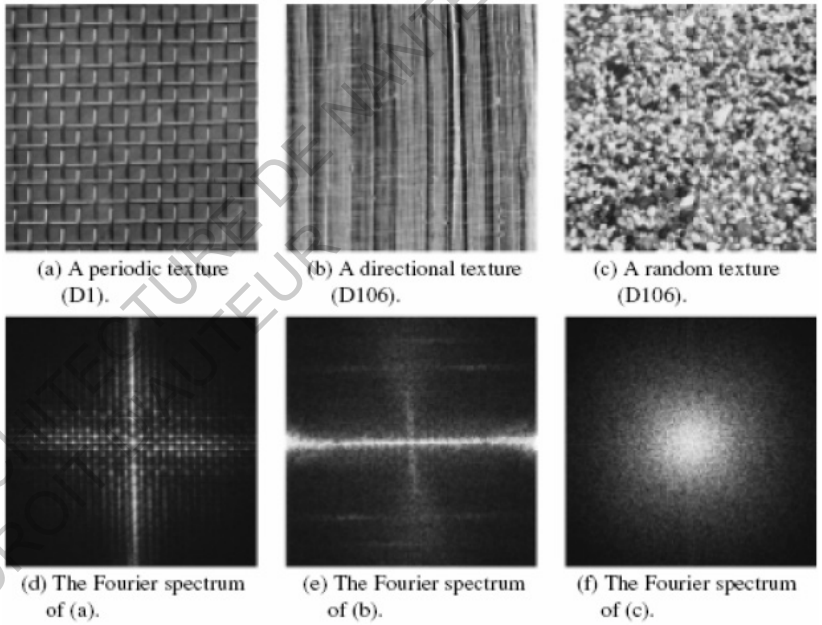


Figure 16 : Transformations de Fourier sur des textures

Pour comprendre les fréquences spatiales, plisse les yeux sur cette composition de volumes ci-contre. Tu devrais pouvoir y lire beaucoup plus facilement le contenu. Le fait est qu'en plissant yeux, les fréquences de noir parasites se sont atténuées et le signal contenant l'information de l'image s'est amélioré.

«Les recherches sur la perception visuelle de la texture se multiplient depuis que Gibson (1950) a attribué un certain rôle au gradient de texture dans la perception de l'espace»[14]. Lorsqu'on est loin de la forme, sa texture ne comporte pas assez de contrastes pour qu'une perturbation soit analysée dans les fréquences spatiales recueillies. Ce problème de seuil dans la détection d'un changement de fréquence pourrait être à

14 F. Molnar, Quoi de nouveau dans la perception visuelle de la forme, L'année psychologique 1980

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

l'origine de la forme sommeillant en la surface chez Riegl. La perturbation de fréquence existe bien mais elle est trop faible pour être reconnue donnant à la forme une apparence surfacique. La notion de subjectivité d'une telle surface par Riegl était alors judicieuse car c'est le sujet qui ne prend pas en compte la perturbation.

D Approche multisensorielle et spécialisation hémisphérique

Si aujourd'hui aucune des théories n'a encore été véritablement écartée, il semblerait même qu'elles puissent coexister dans des modèles plus larges de la cognition. En effet, d'après, Schonen Scania, Deruelle Christine, «*certains auteurs ont proposé qu'au cours de la microgénèse de la perception, un traitement global précède une analyse des aspects plus locaux des patterns (Broadbent 1977, Navon 1981).*»[15] Dans le prolongement de cette théorie, ils ont réalisé des expériences consistant à mesurer le temps d'attention des nourrissons devant l'affichage de motifs componnentiels ou de motif configurationnels. Avant 4 mois, la maturation du corps calleux (Une partie du cerveau qui relie les deux hémisphères) n'est pas encore au point. On peut donc observer si une spécialisation hémisphérique dans le traitement de l'information visuelle existe, car les deux hémisphères ne communiquent pas encore très bien. L'H-Droit serait alors spécialisé dans un mode de traitement global alors que l'H-Gauche disposerait d'un avantage pour le traitement des aspects locaux des motifs.

15 Spécialisation hémisphérique et reconnaissance des formes chez le nourrisson, Schonen Scania, Deruelle Christine, L'année psychologique 1991

discrimination par configuration *discrimination par composants*

Supposons alors tout un art de structure, où les parties (signes locaux) participent aussi bien que les liens qui les unissent (signes globaux) à reconstruire l'image du monde qui nous entoure.

D'autant plus que cette tâche de construction s'effectue de façon multisensorielle. Ainsi la forme du cercle est aussi bien celle qu'on peut reconnaître en regardant la pleine lune que celle de la tension continue qui s'exerce dans le poignet de la main qui dessine la pleine lune. Une expérience rapportée par Alain Berthoz montre[16] combien il faut se garder de réserver les représentations visuelles au sens de la vue et cela est bon pour tout autre fragment de la réalité que l'on connaît du monde.

16 "Des petits vibrateurs ont étés appliqués à des couples de muscles qui commandent normalement les gestes de la main. En faisant vibrer ces muscles suivant un certain ordre d'activation, on active donc les capteurs sensoriels suivant les différentes séquences correspondant aux différentes formes géométriques. On induit ainsi chez le sujet l'illusion qu'il dessine les formes correspondantes. Un aspect important de cette illusion est le fait que les sujets reconnaissent de véritables formes géométriques autrement dit des formes au sens de la Gestalt et non pas simplement des profils de mouvement. Cela veut dire que les séquences kinesthésiques instantanées doivent avoir été mémorisées pour relier des figures géométriques identifiables appartenant à un répertoire possible de formes géométriques. Il émerge, par conséquent, que la proprioception est capable de produire des entrées spatio-temporelles qui peuvent sous-tendre des opérations cognitives complexes comme celles impliquées dans la mémorisation et la reconnaissance de formes motrices, incluant des actions symboliques accomplies avec la main humaine comme l'écriture ou le dessin." Alain Berthoz, Le sens du mouvement, p.270

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3 Pour dépasser l'idée reçue de la fenêtre des sens

"Mon corps, ce génie, il m'a emprisonné."

Alain Berthoz

Envisager la réalité comme componentielle est un concept que nous avons défendu par l'étude du système sensoriel et de la constitution du percept, mais je souhaite qu'on le défende aussi idéologiquement car il nous permet de dépasser l'idée reçue de la fenêtre des sens, montrant que le réel ne se révèle pas en nous de manière directe. La complexité qu'il renferme est donc un problème propre à nous qui ne saurions comment l'interpréter sans les formes et le pouvoir qu'elles nous offrent pour expliquer nos idées.

Comme disait Bergson "*Nous touchons ici du doigt l'erreur de ceux qui font naître la perception de l'ébranlement sensoriel proprement dit, et non d'une espèce de question posée à notre activité motrice.*"

A Car la perception est plutôt une question

A quoi ressemble l'idée de la perception visuelle au regard de l'histoire? Selon Berthoz :

> *«A Babylone, le regard était mâle et se projetait ou femelle et recevait la lumière. Chez les grecs, le regard projetait un feu intérieur sur les objets qui rebondissait et revenait dans la rétine. Alahazen (Xeme siècle), pense que le cerveau produit des stimuli qui pénètrent dans l'œil et interagissent avec les ondes visuelles produites par les objets.*
>
> *Au contraire, l'art de la Renaissance procède sur la découverte de la perspective. Le regard s'anime et devient point de vue sur le monde, déterminant les proportions entre les objets et les rapports en architecture.»*[17]

Finalement, cette idée de fenêtre des sens ne se construit véritablement qu'avec la renaissance, où le regard devient «point de vue sur le monde». C'est la même idée de la Tavola qui subsiste encore aujourd'hui, nourrie par la technique de la photographie et du cinéma entre autres qui nous pousse depuis cinq siècles à percevoir notre regard comme une fenêtre. Topologiquement, un trou par lequel entre la réalité. Nous concevons notre appareil sensoriel de la même manière qu'est conçue la chambre noire d'un appareil d'acquisition d'image. Un trou, un passage, une ouverture, un diaphragme. Or comme nous l'avons vu ce n'est pas un trou mais une épaisse frontière animée d'un mouvement constructif permanent. Finalement, la pensée des Grecs et des Babyloniens, plaçant l'observateur comme véritable acteur de sa propre perception était tout aussi légitime et regagne même aujourd'hui de l'intérêt même si il nous faut construire avec les acquis de l'optique géométrique fondés sur l'idée de la fenêtre.

Certes, les neurones conduisent de l'information en s'excitant de proche en proche. On pourrait donc en déduire que l'information si elle n'est que conduite ne subit pas de transformations et est objective. Témoignage authentique de la réalité? Alain Berthoz complétera :

> *"On imagine volontiers que le cerveau ne contient que des neurones excitateurs. Rarement accorde-t-on d'autre rôle à l'inhibition que la suppression. En témoigne l'expression courante "être inhibé" au sens négatif de "ne pas pouvoir faire quelque chose". Pourtant l'inhibition neuronale est (...) sans doute le principal mécanisme de l'apprentissage sensori-moteur."*[18]

De ce point de vue, la cognition paraît issue d'une série de stades où l'information meurt ou se renforce. Berthoz parle

17 Le sens du mouvement, p198

18 Le sens du mouvement, p.210

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

de composition d'un orchestre d'instruments, transmettant ou inhibant l'information. Mais il va plus loin car c'est selon lui comme si ce qui était joué par l'orchestre et ce qui était écrit sur la partition s'interchangeaient, s'influençaient et se modifiaient réciproquement au fil de la musique.[19]

Si à première vue ce mécanisme permet au cerveau d'éviter un trop-plein d'information, il remet par ailleurs la subjectivité au cœur de la perception impliquant la nécessité de choix et de décision guidés par quelque chose, une expérimentation, un besoin d'éprouver le monde. On utilise souvent «éprouver» au sens de "j'éprouve de l'émotion" ce qui d'un côté peut paraître un défaut de langage (on devrait plutôt dire que les sens m'éprouvent) et d'un autre une confusion de sens. L'épreuve de l'émotion ne devrait pas être vue comme quelque chose d'émergent mais plutôt comme de l'action délibérée de mettre à l'épreuve notre regard sur le monde.[20]

Celui qui éprouve est un acteur et non un agent passif et c'est au cœur d'une action volontaire et délibérée que la reconnaissance des formes doit se situer et non pas dans une posture passive et réceptive[21, 22, 23]. Plutôt que d'archiver chaque instant de notre vie pour faire jurisprudence et savoir comment agir, faire des hypothèses et les éprouver permet au cerveau deux avantages considérables : s'adapter en cas de changements

19 «Cependant imaginé et exécuté n'est pas une dichotomie. Il y a une part d'imaginé dans chaque action. Il y a plusieurs degrés d'implication de l'imagination et de l'exécution.», Le sens du mouvement, p.232

20 «Le cerveau étiquette ses perceptions en fonction de ses intentions et de ses buts.», Le sens du mouvement, p.140

21 Les mouvements oculaires sont des topocinèses : ils sont dirigés vers un but spatial (Paillard, 1974).

22 «La perception est fonction non pas tant de l'intensité d'une stimulation que de la concordance de celle-ci avec une hypothèse faite par le cerveau.» Le sens du mouvement, p.61

23 "On perçoit que ce qui nous intéresse", Le sens du mouvement, p.67

de l'environnement et se référer à une mémoire organisée donc plus légère en quantité d'information à stocker. Il nous paraît évident que la nature aura penché au fur et à mesure de l'évolution des espèces pour cette solution. L'hypothèse que le cerveau fait influence la construction du percept et la reconnaissance des formes au delà même des différences culturelles et de l'espace sémantique propre à chaque individu. D'après Alain Berthoz, *"L'important ce n'est donc pas la liste de capteurs mais les questions que le cerveau curieux pose au monde à partir d'hypothèses qu'il élabore et de tâches qu'il se propose d'accomplir.*"[24] Ce que nous voyons n'est donc pas juste issu d'une somme de capteurs qui nous inondent d'information sensorielle en permanence mais la manière dont nous avons paramétré les composants qui vont inhiber ou renforcer cette information pour lui conférer un statut qualitatif en vue de vérifier nos hypothèses sur le réel.

La fenêtre des sens serait-elle une double idée reçue? Elle nous fait croire que nous voyons les choses telles qu'elles le sont alors que nous reconstruisons la réalité de ce que nous voyons mais en plus elle nous fait croire que nous voyons tout ce que nos yeux voient alors que nous faisons le choix de ce que nous souhaitons voir. Ainsi l'idée que nous pensons un monde componentiel ne naît peut-être pas seulement du fait que c'est en partie la manière dont se construit le percept mais aussi du fait que nous percevons toujours quelques fragments successivement de tout ce qu'on pourrait ressentir d'un seul instant.

24 Le sens du mouvement, p.270

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

B Car il existe autant de mondes que d'êtres mais qu'une seule réalité

«La perception multisensorielle est une preuve que chaque être a son propre monde puisque la distinction ne se fait plus par l'ensemble de l'appareillage de mesure d'un individu mais l'ensemble des combinaisons de sens sélectionnée par l'espèce en fonction de son adaptation à l'environnement.»[25]

Il faut distinguer selon l'auteur, les sens des capteurs sensoriels, vue et yeux n'ont rien d'exclusif, la vue est une combinatoire, un ensemble de combinaisons de sens possibles, et pour chaque individu, une possibilité. Gardes toi de penser que les aveugles ne voient rien!

Cette combinatoire, Jean François Mangin la recherche dans la forme des plissements cérébraux. La forme du cerveau est plastique, ainsi elle dépend autant de notre patrimoine génétique que de l'environnement dans lequel nous évoluons. Deux individus humains qui ont les mêmes gènes ne vont pas développer les mêmes plissements cérébraux. Et cela personne ne sait vraiment pourquoi![26] Or, continue le chercheur, tous les cerveaux de macaques dont le génotype est proche de nous sont plissés de la même façon ce qui fait du plissement différencié une particularité du genre humain. La morphologie des plissements cérébraux des hommes nous montrerait-elle que l'adaptation à l'environnement est double et ne repose pas uniquement sur la combinatoire sensorielle?

De manière un peu décalée, on trouve cette double adaptation à l'environnement dans un ouvrage intitulé "La découverte par

25 Le sens du mouvement, p.76

26 «La forme du cerveau», Jean-François Mangin, CEA, DSV-12BM, Centre NeuroSpin, Saclay, 14 Octobre 2011, dans le cadre du colloque «Vie des formes» sous la direction de J.P. Changeux. Cours en ligne disponible sur le site du collège de france à l'adresse : http://www.college-de-france.fr/site/colloque-2011/symposium-2011-10-14-09h00__1.htm

les esquimaux de la place de l'homme dans l'univers", Paul Riesmann anthropologue (1938-1988) : *"Il n'y a rien dans un caillou se trouvant sur le sol qui vous dise qu'il ne doit pas être jeté ou transformé en pointe de flèche. Le monde créé par l'homme dans ce sens est très différent du monde extérieur en ce que presque toute la matière se trouvant à portée est reconnue comme ayant déjà un but."*

Le monde des buts indique une piste complémentaire à celle de la combinatoire multisensorielle qui propose la notion d'environnement local (en opposition à l'environnement global (l'extérieur). Une adaptation où l'environnement doit être vu comme d'une part l'environnement global naturel (l'espace, le temps, les forces) mais d'autre part comme l'environnement local, le monde créé par l'homme (plus au sens de symbolisé qu'au sens de fabriqué) qui n'est pas dans les objets mais dans la culture. Aucun objet ne possède de but en soi, intrinsèquement. Nous possédons les buts des objets dans un ensemble que nous nommons culture et cette réalité bien qu'elle n'existe pas en dehors de notre espèce est tout de même partagée comme la réalité physique. C'est donc aussi un environnement auquel il faut s'adapter. Tel un double héritage. «*L'héritage de l'homme est de deux types. L'un s'est accumulé à travers peut-être deux milliards d'années d'évolution et est codifié dans la structure moléculaire de sa composition génétique. L'autre a été édifié pendant approximativement un million d'années de communication et est codifié dans la structure symbolique de la connaissance de l'homme.*

Tandis que l'homme évoluait selon un jeu réciproque entre la mutabilité génétique et la sélectivité de l'environnement, ses symboles créés par lui évoluaient selon un jeu réciproque entre sa flexibilité d'expression et sa sensibilité à distinguer.»[27]

27 Heinz Von Foerster, Du stimulus au symbole, l'économie du calcul biologique, dans Signe, image, symbole, sous la direction de Gyorgy Kepes, p.42

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Ainsi la combinatoire sensorielle est double : elle agit, à un premier degré, influencée par l'environnement physique dans lequel évolue chaque individu, pour construire une cohérence de la réalité, mais dans un second degré, cette cohérence influence à son tour l'héritage symbolique porté par une culture, prisme ultime au travers duquel les êtres doués de langage partagent leur expérience du monde,"la con-sciencia"[28] de von foerster, un bien mince et fragile fil sur lequel repose l'idée même de la réalité.

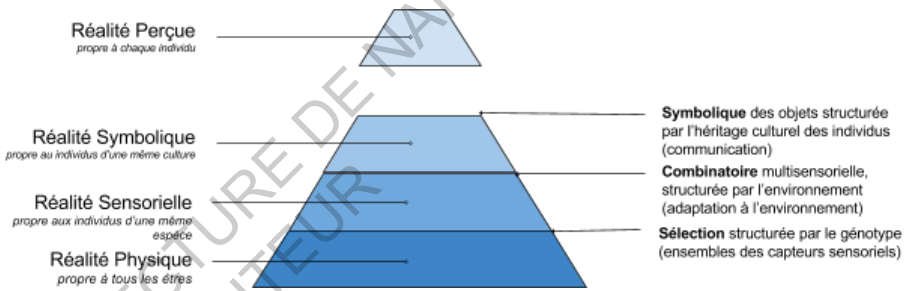
Jusqu'ici le point de vue principal abordé pour expliquer la perception a été celui d'une théorie constructiviste dans laquelle la réalité est reconstruite par la combinatoire de l'information sensorielle transmise de nos capteurs à notre cerveau. Cette combinatoire a lieu dans un réseau de neurones orienté vers la production de sens pour l'observateur. "le monde est un chaos riche de sens"[29] Cette orientation peut avoir plusieurs finalités comme une inscription peut avoir plusieurs sens suivant la culture de l'observateur mais à cela s'ajoute la question du fragment : Selon Alain Berthoz, une sorte de mémoire associative permettrait au cerveau de faire du remplissage. Comme reconstruire des formes partiellement vues, des épisodes, des mots mals entendus à partir d'indices. C'est notamment ce mécanisme qui fonctionne dans la caricature : *"comment pouvons-nous reconnaître un visage dans une simple caricature, un homme dansant, comme l'a montré Johansson, avec seulement cinq ou six points en mouvement?"*[30]

Pour expliquer ce phénomène, il s'appuie sur les propos de Shepard qui suggère une résonance de la mémoire associative avec des indices du réel : *«Au lieu de dire avec Gibson qu'un organisme saisit des faisabilités invariantes complètement*

28 Voir introduction au sujet, 1.j'entrevois le monde par la fenêtre des sens

29 Wallace Stevens, voir note de bas de page n°

30 Le sens du mouvement, p.143



présentes dans les espaces sensoriels, je propose que, par suite de l'évolution biologique et de l'apprentissage individuel, l'organisme est à tout moment accordé pour résonner à des formes (patterns) correspondant aux invariants significatifs pour lui. Un résonateur peut réagir à un signal très légèrement différent de celui auquel il est accordé pourvu qu'il ait une certaine relation -par exemple une harmonique- avec la fréquence de l'accord. C'est par cette capacité de faire résonner des systèmes internes par des stimuli proches des stimuli normaux que Shepard explique certaines propriétés de remplissage perceptuel, c'est à dire la capacité qu'a le cerveau de continuer à voir le monde extérieur même si tous les signaux nécessaires ne sont pas présents.» [31]

Ainsi lors de la production de sens, le cerveau se confronte à devoir prendre une décision non seulement sur le sens symbolique de l'expérience vécue mais aussi sur la manière dont il va faire du remplissage en incorporant des séquences de mémoire dans la perception. Il convient désormais de s'intéresser à ce qui motive le choix de cette décision.

31 Le sens du mouvement, p.143

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Si l'hypothèse, "questionner le monde" paraît être un guide indéniable de notre perception influençant cette production de sens, elle ne fait que décaler ma question, nous voulons ici savoir ce qui nous mène au choix de percevoir. Pourquoi choisir telle hypothèse, telle question sur le monde? Que motive le choix de ce que je veux reconnaître en l'objet devant lequel je me présente?

C Car on a plaisir à reconnaître

"Laissant pourrir là-bas sa dépouille de boue, franc des liens du corps pour n'être qu'UN esprit."

Pierre de Ronsard, Extrait du Sonnet Postume XVIème siècle

Rappelles-toi, l'odeur d'humidité, les larges plages de résonances, le fond sombre de la grotte, une torche à la main, tout s'anime, les formes se mettent à danser...

Berthoz nous invite dans cet extrait, à se glisser dans la peau de l'homme préhistorique, pour entrevoir à quel point reconnaissance et création sont des concepts liés :

> *"Il suffisait que les formes du mur évoquassent une partie de la forme d'un buffle, par exemple, pour que le cerveau du peintre reconstruisît mentalement l'ensemble du corps. Nous avons vu à propos de l'hippocampe que des réseaux neuronaux de type auto-associatifs permettent de construire une représentation interne d'un épisode à partir de quelques indices. (...) Cet homme qui voit les animaux sur le mur de la grotte est en même temps émerveillé par cette existence, en quelque sorte surnaturelle, de l'animal qu'il voit d'habitude dans la nature. (...) Il ne dessinait pas pour de mystérieuses raisons symboliques ; il fixait seulement sur les parois les formes qu'il voyait."*

Les formes résultant d'un acte artistique sont projections de notre espace de représentation interne sur le monde. Une projection de notre propre monde sur la réalité partagée survenant comme d'un "émerveillement", d'un désir de fixer une forme reconstituée de l'évocation de l'un de ses fragments.

Méditant sur son cheval de bois, Zerner raconte "*la représentation n'est pas, en somme, l'imitation d'une apparence visuelle comme on le suppose couramment, mais le substitut de quelque chose dont on a envie ou besoin. Un bâton peut se transformer en cheval de bois parce qu'il est possible de monter à califourchon dessus.*"

Au delà de la perception, la reconnaissance c'est donc déjà faire naître une forme[32] en combinant les mémoires de nos expériences vécues, résonnant en harmonie avec notre perception instantanée du monde. Comme si il existait une forme protoartistique en nous qui s'éveillait à chaque acte de reconnaissance résultant de cette combinatoire. L'exprimer par la peinture ou la posture, l'émotion, la questionner dans un ensemble de connaissances plus large, éveiller cette forme dans la matière, la mettre à l'épreuve de la réalité, devient le propre de l'artiste et ne peut se produire que par le désir car rien de vital ne nous y invite sinon cet "émerveillement", le plaisir et la joie.

32 «La perception n'est pas une représentation : c'est une action simulée et projetée sur le monde. La peinture n'est pas un ensemble de stimuli visuels : c'est une action perceptive du peintre qui à traduit par son geste sur un support contraignant un code qui évoque immédiatement non pas la scène qu'il a représenté mais la scène qu'il a perçue. La peinture nous touche parce qu'elle reproduit à l'envers le miracle des images de Lascaux. Je regarde le tableau à la place du peintre qui y a projeté son activité mentale.» Alain Berthoz, Le sens du mouvement, p.143

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Nous avons arraché, volé au réel des extraits de sensations visuelles, olfactives, tactiles...pour en créer des images intemporelles, symboliques, des isolats perdus dans une galaxie de représentations que contient le cerveau de chacun d'entre nous. Nous avons construit un empire de formes qui nous évitent de faire face systématiquement à l'ineffable, à l'informe, et ce fantôme, par notre cause, reste intangible.

Il existe donc quelque part, pour chaque forme un espace de transformation qui nous permet d'accepter leurs variations que la nature nous donne à voir. Mais un espace qui conférerait en plus, une illusion de stabilité aux formes de la nature, les rendant idéales, indépendantes du temps. Car nous souhaitons la nature cohérente à nos yeux, nous nous attendons à rencontrer ses traits, bien qu'ils soient des traits uniques, relatifs à chaque situation. Nous cherchons donc dans les formes de la nature, des images intemporelles, quelque chose qui puisse contenir des formes et les faire varier, comme des peaux de formes, épongeant leurs transformations, une surface recouvrant la complexité du monde.

De quoi est donc constituée cette surface ?Mais aussi, que donne une forme dénudée? Est-elle surfacique d'apparence, ou n'est-ce là qu'une vue de loin dissimulant une réalité épaisse? C'est au travers d'une seconde complexité, mêlée à la première, que nous tenterons d'explorer ces questions...

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

SECONDE COMPLEXITÉ : IDÉAL/RELATIF

"La reconnaissance vient peut-être par le fait que certaines choses sont récurrentes dans la nature."

Cyril Stanley Smith

En effet, la faculté de reconnaître est indéniablement liée comme nous l'avons vu dans la première partie à des mécanismes qui appellent la mémoire. Mais l'univers ne se répète jamais à l'identique dès lors qu'un nombre assez important de choses entrent en relation : le code du vivant se réplique, mute, évolue, les montagnes s'érodent...On à donc affaire à une répétition de l'expérience vécue ou rapportée, mais jamais tout entière. Aussi bien du côté de l'observateur que du sujet d'observation, dire qu'une forme se répète n'a de place que si on l'idéalise. Au contraire si nous faisons appel à notre mémoire pour rappeler une expérience, l'efficacité d'un système de reconnaissance résidera dans la capacité à admettre ou réfuter les variations de l'expérience rencontrée par rapport aux expériences en mémoire.

C'est à dire que le cerveau doit être fait de telle manière que nous nous intéressons plus à chercher ce qui est différent, plutôt qu'à chercher ce qui est semblable. L'idée qu'une expérience se répète n'est admise que par l'observateur même. Ce doit être un concept intrinsèquement lié au sujet et indépendant de l'objet. Le réel, lui, ne se répète jamais mais nous montre des choses récurrentes.

Et pourtant Gombrich écrit : "*Nous partons du principe que les choses ne changent pas, sauf preuve du contraire. Sans cette foi en la stabilité de notre univers, nous ne pourrions pas survivre. Nos sens ne pourraient surmonter l'épreuve si ils devaient refaire à chaque instant la topographie de notre environnement.*"[1]

La répétition peut se voir comme le résultat d'un mécanisme de la pensée nous permettant d'économiser de l'énergie pour traiter la complexité du réel qui s'offre à nous.

I Les formes du calme

1 Qu'est ce qui légitime la tolérance des variations?

A La répétition, une idéalisation du réel

Un fait remarquable de notre appréhension du monde au travers de la reconnaissance d'objet est la cohérence.[2] Cohérence qu'on construit à partir de la répétition des situations qui se présentent à nous. Cependant, il semble bien que cette cohérence s'établisse par admission des variations plus qu'elle ne se construit sur l'observation d'invariants. Nous n'admettons

1 Le sens du sens, dans Manière d'écrire l'histoire de l'art, Henri Zerner, p.104

2 Voir le chapitre 3 «comment le cerveau construit-il une cohérence entre corps et espace», Alain Berthoz, le sens du mouvement.

pas que les choses soient statiques, nous admettons les caractères momentanés, situationnels des objets que nous observons pour augmenter la cohérence d'un univers que nous présupposons statique. De sorte que nous nous faisons l'idée d'un monde statique sur lequel on s'éprouve à y reconnaître les variations, où reconnaître prendra cette fois-ci le sens d'admettre, de raisonner sur ce que nous voyons. Par exemple, les différentes formes que peut prendre une feuille de papier suivant le point de vue duquel on la regarde doivent être admises par l'observateur, d'une part en présupposant que ce n'est pas la feuille qui change mais sa situation et d'autre part en intégrant ces variations dans un modèle interne de représentation mentale des transformations géométriques (translation, rotation, échelle). L'idéal se construit ainsi sur une somme de situations relatives propres à des contextes uniques, tandis que ces contextes permettent de dégager ce que n'est pas l'idéal (un point de vue peut ainsi être construit à partir d'une forme donnée).

Einstein en fit la belle rencontre en qualifiant vers la fin de sa vie la constante cosmologique qu'il avait ajouté à son modèle décrivant la géométrie d'un univers statique de plus grosse erreur de sa vie.[3] Il ne pouvait se faire à l'idée que l'univers soit dynamique et ajouta donc une constante pour que ses équations conservent un caractère statique. La société du moyen-âge à du admettre que la terre n'était pas le centre de la terre mais se déplaçait autour du soleil, la terre n'était pas statique, elle tournait, sur elle même et autour du soleil! L'introduction du temps comme dimension variable de l'espace n'a guerre plus d'un siècle, les lois de la thermodynamique, deux cents ans[4]. Le

3 Francis Bernardeau, Jean-Philippe Uzan, CNRS, «La constante cosmologique» [Article en ligne], 2016, http://www.cnrs.fr/publications/imagesdelaphysique/couv-PDF/IdP2008/03-Bernardeau.pdf

4 Sadi Carnot est considéré comme le pionnier de la thermodynamique, y énonçant le second principe en 1824 : l'entropie d'un système augmente à travers le temps. Les choses vont en se dégradant

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

fait que l'univers n'a pas toujours été là mais possède sa propre histoire est un concept scientifique seulement récemment adopté (moins d'un siècle!).

D'un côté il doit exister des caractéristiques qui nous poussent à envisager le monde comme statique, de l'autre, ces caractéristiques doivent être indépendantes de l'univers si celui-ci est en mouvement permanent. Elles ne seraient donc que des idéals, propres à nous. Autrement dit, il existe une réalité extérieure, récurrente, qui agit de sorte à ce que l'on y voit comme des pointillés dessinant le caractère permanent des choses, des pointillés sages, dont rien au monde ne viendrait perturber la sérénité. Symétrie parfaite, Répétition, Ordre, Réseaux, Génératrices, Arborescences, Groupes, ces pointillés se répètent dans chaque forme organisée qu'ils articulent. Ainsi nous sommes capables de voir un arbre dans un arbre mais aussi dans une phrase. Ces pointillés silencieux seraient-ils maillage, textile composite adéquat au caprice des formes qui cherchent leur peau?

Riegl à lui même envisagé ces caractéristiques au travers des lois de la cristallisation. Ouvrons à nouveau Grammaire Historique des arts plastiques : "*Ce qui distingue les choses inorganiques des choses organiques, c'est le mouvement qui caractérise les premières -qu'il soit produit par la seule croissance ou par leur volonté de se déplacer.* [La présence de mouvement caractérise chez Riegl les choses organiques et les choses immuables sont inorganiques, inertes.] *Parallèlement à cette différence essentielle on constate également une différence évidente dans leur forme. Si nous regardons un arbre ou un quadrupède de côté, rien - à première vue - ne nous fait penser à la cristallisation* [propre à l'inorganique]. *Nous constatons l'absence de symétrie rigoureuse en même temps que celle de*

surfaces planes délimitant la forme.»[5]

Les symétries et les surfaces planes sont de l'ordre de la cristallisation et de l'ordre d'un caractère statique (mais bien seulement apparent) de l'univers. Cependant la forme du système solaire est aussi considérée comme stable parce qu'a une large approximation, seuls les processus cycliques demeurent. On peut donc distinguer deux caractéristiques de l'univers lui donnant une apparence statique :

La première est celle de l'inorganique formulé par Riegl, la minimisation d'énergie potentielle totale d'une structure. On parlera parfois d'équilibre, de symétrie, d'équivalence. C'est un équilibre provenant de la chose. L'autre est que la première puisse s'exprimer relativement à un observateur donc à une échelle particulière. Autrement dit elle n'est pas fondamentale mais approximative. L'univers doit porter en lui des caractéristique d'équilibre approximatif d'où naissent les formes telles que le cercle qui donne les cycles et la nature ondulatoire des choses ainsi que les symétries qui se soumettent au lois naturelles (par exemple la loi de la gravitation donne aux corps massifs une forme approximativement sphérique et donne aux troncs d'arbre une symétrie approximativement radiale).

Heinrich Wölfflin nous dira : « *Partout le style prend appui sur les éléments solides et durables de la forme. La nature est un cosmos et la beauté en est la loi révélée.»*[6]

Pourrait-on y voir ici un principe de conformité entre les styles des arts plastiques et les mécanismes de la perception? Ce qu'on cherche, c'est un univers "modèle" qui sera et a toujours été lui même (même si il peut évoluer à l'intérieur de lui même).

5 Grammaire Historique des Arts Plastiques, chapitre 3 : les motifs, p.66

6 Principes Fondamentaux de l'Histoire de l'Art, Heinrich Wölfflin, chapitre III : Forme fermée/Forme Ouverte, p.151

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

B Univers, est-tu toujours fidèle à toi-même?

En définitive le cerveau pose inlassablement cette même question au monde. L'hypothèse de la rigidité présupposée des objets (perception kinesthésique) est l'une des plus convaincantes. Le fait que nous soyons dotés de pouces opposables, fait de nos mains des pinces à plusieurs paramètres : serrer, tourner le poignet, soulever...Nous n'attendons pas d'avoir l'objet en main pour ajuster les paramètres, tout est pré-ajusté lors de la saisie et s'adapte en fonction de la sensation reçue. Autrement dit nous faisons bien l'hypothèse que la masse et la rigidité de l'objet qu'on souhaite saisir n'a pas changé depuis la dernière expérience rencontrée avec cet objet pour le saisir.

Selon Berthoz "P*our Poincaré, les organes des sens sont destinés à nous avertir des changements qui se produisent dans le monde extérieur. On ne comprendrait pas pourquoi le créateur nous aurait donné des organes dont la fonction serait de nous crier sans cesse : "souvient toi que l'espace à trois dimensions", puisque le nombre de ces dimensions n'est pas sujet au changement". Ainsi "la géométrie n'est pas vraie, elle est avantageuse."*[7]

Le fonctionnement même des capteurs de notre surface sensorielle s'appuie sur les variations[8] Cette notion de stabilité

7 Le sens du mouvement, p.45

8 Si une perturbation est appliquée de façon permanente, l'intervalle entre les pulsations augmente lentement jusqu'à ce que la cellule sensorielle fonctionne à une basse fréquence appelée rythme de repos, indépendante de l'intensité de la perturbation permanente. Ce phénomène, l'accoutumance, est un exemple de l'économie calculatrice des organismes vivants, car une propriété de l'univers qui ne change pas dans l'espace ou dans le temps peut sans danger être ignorée. C'est au changement des choses qu'un organisme est prêt à répondre. Une perturbation au contraire est appelée stimulus."; Heinz Von Foerster, Du stimulus au Symbole, l'économie du calcul biologique, dans Signe, image, symbole, sous la direction de Gyorgy Kepes.

ambiante, du calme de notre environnement semble propre au sujet. Ce que nous voyons est toujours en mouvement.[9] Les bâtiments des rues que nous parcourons se déplacent dans notre champ visuel, les objets que nous attrapons pivotent devant nous, se laissent voir de part leur multiples angles de vue, ceux qui se rapprochent de nous s'agrandissent, la lumière leur révèle des couleurs inédites ou les voile en les drapant de noir.

Eliane Vurpillot nous éclairera sur ce point en montrant que la perception traite de façon distinguée d'un côté l'information des propriétés intrinsèques de l'objet et de l'autre les propriétés situationnelles[10]. Ainsi la stabilité qu'un observateur se fait depuis son propre point de vue semble se construire à partir des caractères relatifs à la situation d'une chose combinés aux idéals statiques (pointillés) de la forme qui lui correspond.

9 «L'architecture peut nous toucher de deux manières différentes : ou bien sa figure architectonique s'impose à nous comme une réalité définie, stable, permanente ; ou bien comme une réalité constamment habitée par un mouvement apparent, c'est à dire comme une réalité changeante.», Principes Fondamentaux de l'Histoire de l'Art, Heinrich Wölfflin, chapitre I : Linéaire et pictural, p.69

10 «Les messages sensoriels fournissent sur un objet deux catégories d'information: Les unes sont relatives aux propriétés intrinsèques de l'objet : ses dimensions, son pouvoir de réflexion lumineuse, sa couleur, la découpe de son contour, etc… Ces propriétés sont par définition indépendantes de la situation.
Les autres caractérisent précisément la situation actuelle de l'objet : sa position dans l'espace relativement au sujet (éloignement, inclinaison par rapport à des coordonnées de référence), l'intensité et la qualité chromatique de l'éclairement qu'il reçoit, etc..
On peut dire que les premières renseignent sur ce que l'objet a de permanent alors que les autres rendent compte de ses aspects momentanés.» Perception et représentation de la constance de la forme, Eliane Vurpillot, l'année psychologique 1964

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2 Postures à la recherche d'une accalmie

Les formes du calme, si elles sont la construction de notre esprit, mêlent donc notre mémoire, nos présupposés ainsi que nos sens pour nous abriter du monde complèxe qui nous entoure, l'instant vécu est comme une accalmie au milieu d'une tempête de ce même instant à l'extérieur des sens. Rappelons que la stabilité s'observe sur les choses extérieures, mais qu'elle commence surtout en chacun des êtres vivants : que ce soit l'arbre qui se tiendra droit ou penché suivant le relief sur lequel il pousse, que ce soit un cheval au galop qui coordonne son corps pour ne pas trébucher, que ce soit l'enfant qui apprend à marcher, chacun à sa propre description de l'équilibre et cela en fait une définition multiple. [11]

Voici une sorte d'accalmie : «*Pourquoi l'obélisque paraît-elle verticale lorsque j'ai la tête penchée?*»[10]

Effectivement lorsque l'on penche la tête, les lignes qui auparavant étaient verticales dans notre champ de vision sont censées apparaître à l'oblique. Pourtant, nous ne ressentons aucune gêne par rapport à ce fait. En revanche si l'on visionne un court film dans lequel la caméra a été penchée à un moment donné, ce même sentiment devient beaucoup plus désagréable. Les recherches récentes expliquent aujourd'hui ce fait : "*On a*

11 Berthoz nous dira : "Chaque personne résout le problème de l'intégration sensori-moteur à sa façon.", Le sens du mouvement, p.240
Par ailleurs il nous donne ici quelques définitions de la posture :
p.252 «La posture n'est pas seulement maintient de l'équilibre elle est aussi émotion.»
p.242 «Le cerveau reconfigure en fonction du contexte ses entrées sensorielles préférentielles.»
p.186 «On emploi la marge de temps T pour savoir quand freiner, attraper une balle, capturer la donnée d'un objet en mouvement. La distance ne représente plus rien, il n'y a que du temps pur analysé dans le flux optique.»
Une distance devient du temps pur. La posture est un point de vue sur le monde.

récemment découvert une influence vestibulaire sur des aires supposées purement visuelles, comme V2 : 40% des neurones de cette aire sont sensibles aux contours des formes visuelles mais leur activité est influencée par l'inclinaison de la tête. La direction préférentielle du contour auquel est sensible chaque neurone tourne en sens inverse de la tête par rapport à la verticale! Cette influence vestibulaire permettrait de maintenir invariante l'orientation perçue du contour. C'est un mécanisme de rotation mentale des représentations visuelles. (...) Il y a donc une contrainte exercée par la gravité sur la perception des formes visuelles."[12] La direction otolithique de la gravité joue ainsi un rôle sur notre perception des formes visuelles, la posture accompagne donc notre volonté de rendre calme ce que l'on perçoit.

Est-ce qu'un endroit particulier dans le cerveau serait à l'origine de cette sensation que l'espace est extérieur à nous, que nous bougeons dans l'espace plutôt que l'espace ne bouge autour de nous? Selon Berthoz «*il n'y a pas d'espace absolu unique représenté dans un endroit du cerveau, seulement un couplage des espaces sensoriels et moteurs pour produire un mouvement et achever un but.*»[13]

La reconnaissance des formes est alors revue en fonction de la posture qu'on adopte. Nous, comme les animaux, travaillons ce vocabulaire de la posture en nous mettant en mouvement. Paradoxalement, le mouvement est donc une composante essentielle de la stabilité apparente du monde.

La marche par exemple est bien le fait de se mettre en déséquilibre pour avancer, mais c'est la somme de ces déséquilibres qui donne un équilibre global. Ainsi, de la même façon que le mouvement produit en nous un équilibre interne par

12 Alain Berthoz, Le sens du mouvement, p.81

13 Le sens du mouvement, p.121

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

une somme de déséquilibres, il produit un équilibre du monde par une somme de déséquilibres, intégrant les déplacements des choses dues à elles mêmes (indépendamment de l'observateur) et dus à l'observateur. Selon Berthoz «*Pour Poincaré, la géométrie n'est donc que la description des phénomènes que nous appelons les déplacements, c'est à dire des changements externes qui peuvent être compensés par des changements de notre propre corps mesurables par les capteurs vestibulaires. Ainsi un être immobile n'aurait jamais pu acquérir la notion d'espace puisque, ne pouvant corriger par ses mouvements les effets des changements des objets extérieurs, il n'aurait eu aucune raison de les distinguer des changements d'état.»*[14]

«On peut déjà imaginer qu'avoir compris ce qu'est une translation et une rotation c'est en avoir pris la mesure lors d'une correction des effets de ces transformations sur les objets qui nous entourent.»[15]

Notre mouvement nous assure ainsi que ce sont les formes qui subissent des transformations et non les choses.

On voit bien qu'il y a une complexité qui mêle l'invariance des choses, à leur possible variation. Mais cette variation est double : situationelle et temporelle. Les choses adaptent leur forme en fonction de leur comportement dans l'espace temps mais elles mutent aussi elles mêmes dans ce qui fait notre appréhension du temps, cette fois ci non cinématique mais irréversible. Il faut distinguer transformation de formes et mutation de chose (changement d'état, notion de flèche du temps). La forme du liquide est multiple, qu'elle chute, qu'elle repose, frappe, jaillisse, elle change, et, dans chacun de ses visages, elle ne se montre pas de la même façon. Son reflet, sa couleur, sa viscosité peuvent changer de l'angle

14 Le sens du mouvement, p.45

15 Le sens du mouvement, chapitre 2

suivant lequel on la regarde, en fonction de la température du milieu par exemple. C'est pourquoi se pencher sur une épistémologie comparée de la reconnaissance des formes d'un côté chez l'homme, et par les machines, de l'autre, prend sens aujourd'hui dans ce moment particulier où, pour la première fois, la performance des machines computationelles nous permet d'envisager ces techniques dans des domaines d'application allant de notre quotidien à la recherche fondamentale. C'est à dire qu'il va devenir de plus en plus important et fréquent de bien distinguer la différence entre reconnaître une forme perçue, comme on le fait en balayant l'espace et reconnaître une forme par ses apparences sous-jacentes comme nous pourrions le faire en suivant un mouvement, une continuité afin de désorienter la production de formes d'une voie nous menant vers l'apparence des choses vers une production visant à concrétiser des formes synthétiques abstraites. Par analogie, comment distinguer le résultat d'une machine reconnaissant un carré en perspective là où une autre, disons moins performante, y verrait un simple losange mais à l'échelle des données complexes d'un territoire ? Les algorithmes de reconnaissance de forme actuels aident les intelligences artificielles à appréhender notre monde ou nous assistent dans des tâches fastidieuses, de là à ce qu'ils découvrent pour nous des choses inédites, c'est une autre histoire.

Je tenais donc à parler d'accalmie, car il semble que la notion de calme et de stabilité n'existe pas en soi mais que c'est par le questionnement permanent qu'elle naît, surgissant au travers du cycle et des symétries, nous donnant les mêmes réponses. Nous y tendons en permanence sans jamais la fixer : c'est ce que l'observation nous apprend : les cycles sont approximatifs et l'équilibre (symétrie) n'existe pas en soi mais se reconstruit, sans cesse, intérieurement par la posture et extérieurement par la géométrie (cohérence). On a vu combien posture et géométrie

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

sont liés (voir l'obélisque la tête penchée), comment c'est par la posture que naît l'espace et que c'est par les questions qu'on distingue le caractère permanent ou momentané des objets. Un calme donc, propre à nous, qui se dessine en pointillés.

Nous avons ainsi parlé d'approximation du réel par la répétition comme tolérance des variations, comme tendance à l'équilibre, force est de reconnaître que parfois, la variation est telle qu'elle rompt la forme idéale et attire notre attention sur une irrégularité, une curiosité. Quelque chose qui déroge à la règle...

3 La stabilité est présupposée

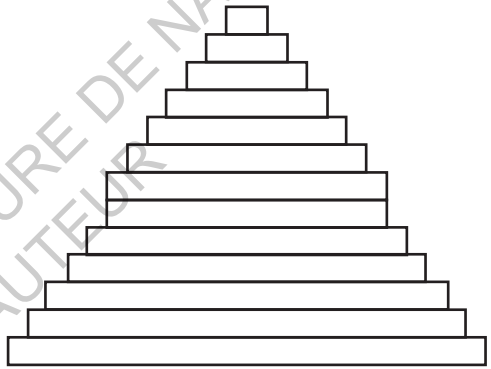
Observons la figure ci-contre.

«On suppose inconsciemment la continuité et la régularité. Ce sont les irrégularités, les ruptures de continuité, qui attirent l'attention et détruisent les présupposés. (...) La diminution progressive de la largeur des degrés est admise à priori. Maintenant c'est l'égalité des deux du milieu qui provoque une interruption et attire l'attention. Un "accent visuel" doit toujours reposer sur ce principe.»[16]

Gombrich résume assez bien la situation dans laquelle nous nous sommes retrouvés précédemment avec l'idée que ce soit le mouvement qui nous permette de percevoir que les choses ne changent pas mais que des changements situationnels leur adviennent. C'est que les ruptures attirent notre attention, nous permettent de percevoir, car nous présupposons la continuité et la régularité.

Nous avons vu des expériences menées sur des sujets

16 Gombrich, Le sens du sens, dans Écrire l'histoire de l'art, Henri Zerner p140



Mise en évidence d'un accent visuel, selon Gombrich, d'après Le sens du sens, dans Écrire l'histoire de l'art, Henri Zerner p106

montrant que cette aptitude (différencier le momentané du permanent) augmentait au fur et à mesure de l'âge et semble être une caractéristique certaine de la continuité historique des arts plastiques entre la représentation inorganique de l'achevé, du parfait, de l'éternel et l'organique du momentané et du fortuit.

Ce qui est intéressant ici c'est la notion de présupposé. Comme si, il était question de pari, de plausibilité. En matière de reconnaissance de forme, ce point est essentiel afin de distinguer l'intelligence humaine de l'intelligence artificielle. Les cognitivistes sont tous d'accord sur le fait qu'on a trop souvent comparé le cerveau humain à un ordinateur alors que son fonctionnement est radicalement différent car les entrées sensorielles qui sont à la base du fonctionnement d'un programme informatique, n'interviennent que de manière secondaire chez le cerveau humain. Plonge toi dans le noir, et tu verras par toi

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

même que le cerveau ne s'arrête pas de réfléchir sur ce qu'il voit. Il fonctionne tout le temps que les sens soient activés ou non, menant parfois jusqu'aux hallucinations qui sont des percepts entièrement construits par le cerveau sans une once de sensation au préalable.

Nous verrons désormais que ces présupposés sont le fruit d'une troisième façon d'approximer le réel par répétition de l'observation. Cette dernière possibilité semble être essentielle pour comprendre le fonctionnement du cerveau humain, terrain d'exploration récent (fin des années 90) qui créé un engouement particulier chez les chercheurs connu sous le nom de "raisonnement bayésien".[17]

Les théories bayésiennes sont en train de gagner de plus en plus de place tant leur capacité à expliquer les phénomènes d'apprentissage de décision et de perception collent aux observations.

17 «bon nombre de neurobiologistes et de psychologues cognitifs estiment qu'il ne saurait y avoir de théorie mathématique universelle du cerveau, mais seulement des modèles restreints de compétences cognitives spécifiques. À l'encontre de cette idée répandue, toutefois, un vaste courant récent des sciences cognitives s'appuie sur la théorie mathématique de l'inférence Bayésienne pour modéliser une très grande diversité de phénomènes psychologiques : perception, inférence statistique, prise de décision, apprentissage, traitement du langage... La rapidité avec laquelle cette théorie envahit et unifie divers domaines de la cognition, la simplicité de ses fondements axiomatiques, et la profondeur de ses conclusions justifient de parler d'une véritable « révolution Bayésienne » en sciences cognitives.» Stanislas Dehaene, Présentation du cours «Le cerveau statisticien : la révolution Bayésienne en sciences cognitives», 2012, disponible sur le site du collège de france à l'adresse : «http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/p1346267510661_content.htm»

Les théories bayésiennes de l'apprentissage

Les probabilités statistiques forment une branche des mathématiques dont les applications résonnent dans notre quotidien tant leur puissance nous permettent d'anticiper sur les conséquences possibles d'une action, de l'évolution des états d'un système ou encore nous guident pour le choix de la finalité la plus heureuse. Elles nous plongent dans le futur. C'est ainsi que pour certains scientifiques, tel que Stanislas Dehaene, elles doivent tenir un rôle essentiel dans les mécanismes de la cognition et, par extension, de la reconnaissance des formes. Car, si les premiers écrits théoriques en la matière ne voient le jour que lors de la correspondance entre Blaise Pascal et Pierre de Fermat en 1654[18], on peut imaginer que la perception du pari, de la prise de risque, de l'espérance de gain est déjà chose commune depuis bien longtemps (on date des jeux de dés de 3000 ans avant J-C[19]).

Mais Stanislas Dehaene, lui, se sert aujourd'hui des lois qui décrivent les raisonnements probabilistes inversés. En effet, nous étudions en général les probabilités qu'un évènement se produise en connaissant tous les états possibles. Exemple simple, je lance une pièce en l'air, quelle est la probabilité que je tombe sur la face pile? Tu répondras aisément 1/2! Tu t'es dit, il y a deux réponses et aucune raison que je tombe plus souvent sur pile que face si je lance la pièce un grand nombre de fois. Tu as présupposé que la pièce possédait un poids équitablement réparti. Mais cette probabilité peut s'établir dans le sens inverse : en testant la pièce de multiples fois et en notant le résultat obtenu à chaque observation. Après avoir réalisé une série

18-21 WikiPedia, Histoire des probabilités, https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_des_probabilit%C3%A9s, 2016

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

massive d'observations, nous serions en mesure de restituer une note continue entre 0 (improbable) et 1 (très probable) pour chacune des issues de l'expérience. Le présupposé est la note de chaque issue déjà observée (plus ou moins improbable) et peut s'ajuster à chaque renouvellement de l'expérience. Ainsi, en prenant en compte les notes de chaque issue présupposée, nous anticipons sur le résultat qui sera obtenu : c'est ce qu'on appel l'inférence bayésienne. Dans ce second cas de figure, la probabilité de chaque événement à l'avantage d'être adaptative et nous permet d'apprendre par nous même (de manière non supervisée).

Selon Stanislas Dehaene, le cerveau peut être vu comme un super ordinateur, très différent des ordinateurs qu'on connaît, un système capable de calculer des statistiques massives sur le monde extérieur.[20]

Ainsi sur cette pyramide (figure précédente), nous avons présupposé la régularité car les traits ayants l'air espacés de manière équitable localement et globalement, il etait fort probable que les gradients soient réguliers. Or le fait que nos sens vinrent contredire ce présupposé statistique, a attiré notre attention. Ce qu'on appella «accent visuel».

C'est de cette manière que Stanislas Dehaene étudie l'apprentissage de la lecture et des nombres chez les enfants. On s'est en effet rendu compte, que le temps d'attention du regard est inversement proportionnel à la probabilité d'apparition de l'événement. Les enfants, dès les premiers mois après la naissance, utilisent les statistiques pour repérer les transitions de syllabes dans une allocution

20 Stanislas Dehaene, «Le cerveau statisticien : la révolution Bayésienne en sciences cognitives», 2012, disponible sur le site du collège de france à l'adresse : «http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/p1346267510661_content.htm»

pour créer des candidats potentiels de mots. Ils utilisent les statistiques pour reconnaître les visages, les formes élémentaires et sont sensibles aux quantités avant d'avoir appris les mathématiques à l'école.[21]

On s'est par exemple rendu compte qu'un enfant en bas âge regardait plus longuement une situation dans laquelle on tirait une balle rouge d'une boîte après y avoir inséré une balle rouge pour trois balles jaunes.

Ce temps de regard est précieux car étant une mesure continue, il décrit un intervalle entre la surprise et le commun. Cet outil expérimental est particulièrement intéressant pour les chercheurs car il rend parfaitement compte du raisonnement Bayésien qui étend un raisonnement probabiliste VRAI ou FAUX à des plausibilités continues (plus ou moins plausible).

Prenons par exemple ce passage de Gombrich :

«L'entrelac est un motif plat parfaitement régulier que l'on ne peut s'empêcher de percevoir en relief, sous la forme de bandes qui passent les unes devant, ou derrière les autres.»

Lorsque nous voyons représenté une ligne épaisse qui en coupe une autre, la situation la plus probable pour cet évènement est que la dite ligne recouvre l'autre alors qu'il est moins probable mais tout autant possible que la ligne recouverte soit en réalité deux segments dont respectivement l'une des extrémités est jointe au bord de la ligne "recouvrante", sur le même plan. Gombrich parlera

21 Stanislas Dehaene, «Les principes Bayésiens de l'apprentissage : sommes-nous des scientifiques dès le berceau ?», 2013, disponible sur le site du collège de france à l'adresse : «http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2013-01-08-09h30.htm»

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

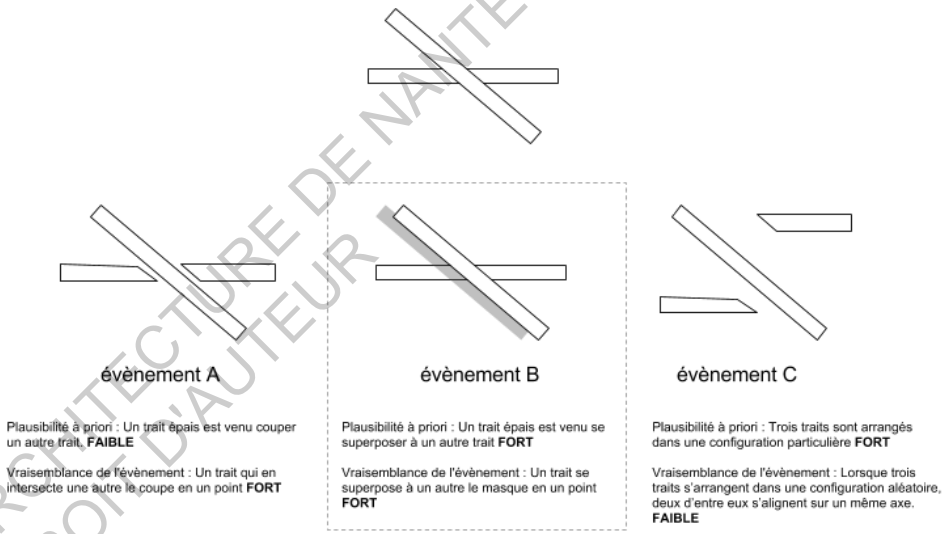
de «tendance naturelle»[22] là où se dissimule un simple raisonnement probabiliste.[23] (Voir figure ci-contre)

On a ainsi remarqué dans le domaine de l'apprentissage du langage oral, que les enfants discriminent d'une meilleure façon un large éventail de phonèmes puis, qu'au cours de l'apprentissage, le répertoire de phonèmes converge vers celui de la mère. C'est un peu comme un éventail d'hypothèses qui se réduirait au fur et à mesure. Cet apprentissage statistique est soutenu par une architecture cérébrale, spécialement taillée pour l'occasion, qui se développe en parallèle. En effet, exposer des enfants prématurés au langage, ne va pas pour autant accélérer le processus. L'exposition ne suffit pas à l'apprentissage, il existe une architecture spéciale qui permet l'apprentissage.[23]

Ainsi, S. Dehaene propose de voir le cerveau comme disposant d'emblée d'un jeu d'hypothèses hiérarchiques qu'il projette sur le monde extérieur et dont certaines sont très abstraites (concept d'objet, de causalité, de rigidité). Les hypothèses qui vont s'imposer et se consolider seront celles dont le retour par expérience se sera répété de manière positive un grand nombre de fois."*le cerveau des enfants est sensible à la nouveauté... puis se stabilise au cours de l'apprentissage*"[23]. La répétition semble bien ici une condition nécessaire à l'apprentissage et à la reconnaissance. La probabilité à priori d'un évènement se consolide lorsqu'une même expérience qui est surprise lorsque inédite puis commune, se répète. En revanche la vraisemblance de l'événement analyse le contexte qui vient s'y corréler. «*Un*

22 «Une tendance NATURELLE nous pousse à plaquer une interprétation sur ce que nous voyons, à déchiffrer dans toute forme l'image d'une autre.» Gombrich, Le sens du sens, dans Écrire l'histoire de l'art, Henri Zerner p106

23 La règle de Bayes étant la suivante : A union B est égal à la probabilité de A multiplié par la probabilité de B sachant A ou à la probabilité de B multiplié par la probabilité de A sachant B. Autrement dit la plausibilité d'un évènement se rapporte à la vraisemblance de l'événement multiplié par la plausibilité à priori de cet évènement.



motif de feuilles peut perdre presque entièrement son apparence naturaliste quand il se répète dans un agencement géométrique.» [24]

Attacher une forme à une chose, reviendrait alors plutôt à ordonner un ensemble de formes dans un intervalle ouvert de la plus probable à la moins probable que de déterminer par vrai ou faux si il convient d'attacher telle forme à telle chose. Laissant ainsi place à la variation, l'intervalle, contient, tel une surface, un ensemble de formes possibles. Et cette question de l'ordonnancement à tout à fait sa place dans la pensée humaine : Effectivement, certains neurones (uniques, pas des groupes de neurones) sont dédiés exclusivement à reconnaître des formes d'ordre comme des structures linguistiques, des quantités d'objets. Préétablis dans le cerveau par le code génétique, ils

24 Gombrich, Le sens du sens, dans Écrire l'histoire de l'art, Henri Zerner p140

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

fondent des systèmes primaires que notre apprentissage avec nos parents ou à l'école va exploiter et étendre (comme si notre expérience du réel musclait certains neurones plus que d'autres)[25]. Ces systèmes de représentations approximatives des nombres, du temps, des probabilités sont hérités de notre évolution (ainsi tous les enfants possèdent des intuitions protomathématiques). Or, il est curieux qu'une inférence bayésienne, qu'une quantité, propriétés si utiles à notre existence même animale sont en apparence inexistantes. La nature ne nous dit jamais combien d'objets se présentent devant nous puisque le concept de dénombrable implique le concept de répétition. Nous construisons ces notions afin d'augmenter les capacités de représentation de notre cerveau. Ces réservoirs de connaissances abstraites sont précieux et nous permettent justement de reconnaître des formes dans les liens qu'entretiennent les choses entre elles. Ces formes invisibles comme la dualité, le quatre, la forme du "cent", sont pourtant tout autant formes que celles qui sont, elles, bien visibles. En effet, si les formes et les choses sont des éléments distincts (l'un interagissant avec l'esprit, l'autre avec la matière), il n'y a pas de raison que les formes soient nécessairement dépendantes d'un objet matériel. Par ailleurs, il nous est familier de passer d'une chose abstraite à une forme ne serait-ce que par la possibilité d'en créer des symboles pour les comprendre. On comprendra très bien la forme que peut prendre une dispersion d'objets semblables en cercle, ligne, amas de points chaotiques ou bien la trajectoire de la lune qui orbite autour de la terre par une ellipse qu'on est tous capable de tracer, de manière approximative, au crayon, ou bien de se représenter mentalement.

25 Stanislas Dehaene, France culture, Continent sciences, «Où vivent les idées mathématiques?», 07.11.2011, 57:00 : «http://www.franceculture.fr/emissions/continent-sciences/ou-vivent-les-idees-mathematiques»

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

II Le sens de la structure

1 Les sources de l'ordre

Menons désormais une petite expérience nommée "application de Poincaré". Soit une image à laquelle on soumet la transformation (x,y) -> (y,x+y) dans un espace torique. L'espace étant torique, les points qui se retrouvent sur le bord droit reviennent sur le bord gauche et ceux du bas arrivent en haut (snake). Chaque point de l'image est conservé avec sa couleur puis transporté ailleurs en respectant la transformation, à chaque itération..[1]

Au bout de quelques itérations, l'image semble ne plus vouloir dire grand chose. Ce n'est qu'un bruit sans signification, on y reconnaît plus rien, même si parfois, des lignes semblent subsister, des quadrillages...

Et alors, il apparaît qu'au bout d'un certain nombre d'itérations,

1 Expérience tirée de la conférence d'Étienne Ghys à l'institut Henri Poincaré. Institut Henri Poincaré, «Le retour de M. Poincaré - Etienne Ghys», Vidéo Youtube, 27 Mai 2013, 1:11:11, «https://youtu.be/21fHNMccrY8».

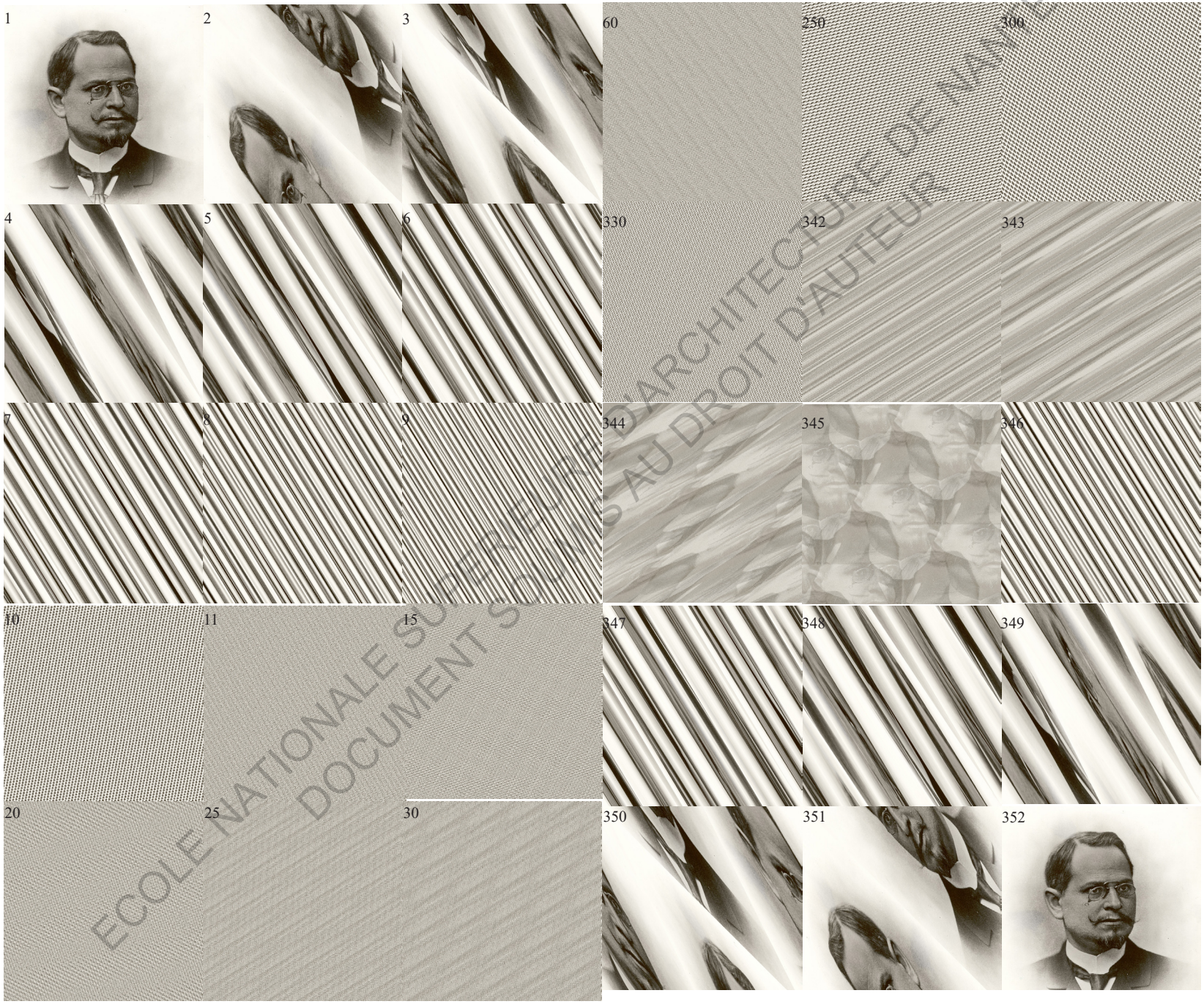


Figure 29 : Résultat itératif de la transformation

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

cette dernière reprend forme. Nous la reconnaissons à nouveau. Même si on laisse tourner l'algorithme à raison de 30 images par seconde, il est possible de voir, durant ce bref instant, la forme originale de l'image qui s'éveille puis se rendort presque instantanément. Henri Poincaré disait "*La pensée n'est qu'un éclair au milieu d'une longue nuit, mais c'est cet éclair qui est tout.*"

Tout ce passe effectivement comme si la part d'ordre qui nous est intelligible, qui est tout pour nous, qui est toute la cohérence que des millénaires de connaissance humaine ont construit, n'est en fait qu'une infime fraction de solution perdue dans un univers qui nous apparaît alors désordonné. La mathématique nous montre que l'ordre commun aussi bien que l'apparition de la vie sont exceptionnels, que reconnaître, c'est extraire un fruit rarissime, une particularité de la réalité.

Selon Gombrich : «*Le plus simple des agencements est déjà signifiant en ce qu'il oppose l'ordre au chaos. On peut donc estimer que tout motif est une image ou une représentation de l'ordre, une manifestation de la croyance que le monde est, ou peut-être, ordonné.*»[2]

L'ordre nous plaît? Nous rassure-t-il ? Est-ce sa docilité que nous adorons? Il semble en tout cas être le matériau nourrissant notre fabrique de la forme si bien qu'il nous est difficile de comprendre le néant, le chaos, le rien. Au contraire du chaos, l'ordre pénètre avec facilité au cœur de nos circuits neuronaux, tandis que l'illogique s'efface, meurt en cours de route, dans notre inconscient.

Lorsque Galilée démontre que tous les corps chutent à la même vitesse, il y vient en pointant une contradiction. Il ne montre pas que tous les corps chutent à la même vitesse, il montre que c'est illogique de penser que les corps plus lourds tombent plus vite.

2 Gombrich, Le sens du sens, dans Écrire l'histoire de l'art, Henri Zerner p140

[3]Il y a sûrement du génie dans celui qui réussi à faire parvenir l'illogique jusque dans son conscient.

«Il y a dans la forme une force qui éveille le regard et qui l'oblige à une vision unitaire et multiple.»

Heinrich Wölfflin parle peut-être ici de la forme comme cette force "ordre" qui pénètre le regard, l'expérience de la reconnaissance, qui nous dirige vers "une vision unitaire et multiple". Comment traduire cette vision? Structure, connaissance abstraite de l'écriture des relations, unitaire alors qu'elle relie sous le même langage différents objets, multiple alors qu'elle se décline au travers d'expériences de rencontre entre un sujet et un objet? Une structure qui se dessine comme notre interprétation de l'ordre, qu'elle soit à l'ordre, ce que la forme est à la chose. Satisfaisant cette nécessité de représentation componentielle et approximative du monde (comme nous l'avons vu dans l'étude de la complexité discret/continu) elle nous met à l'abri d'une quantité d'information trop importante.

Par ailleurs Lancelot Whyte nous dit : «*La structure est l'antithèse de la matière dans la mesure où l'on insiste sur les relations logiques plutôt que sur les entités.*»[4]

Si tel est le cas, il nous faut éclaircir ce concept de structure. Ces deux citations rendent notre explication confuse... Heinrich Wölfflin met au jour la présence d'une structure de la forme, une structure qui organise les formes entre elles, qui parle d'elles, tandis que Lancelot Whyte parle de structure des choses (une «antithèse de la matière») donc de relations logiques organisant la chose en elle même. La structure apparaît alors agir à un double

3 Etienne Klein, France culture, La conversation scientifique, «Qu'est ce qu'une «expérience de pensée»?», 10.01.2015, 49:00 : «http://www.franceculture.fr/emissions/la-conversation-scientifique/quest-ce-quune-experience-de-pensee»

4 Lancelot Whyte, Atomisme, Structure et forme, dans La structure dans les arts et dans les sciences sous la direction de Gyorgy Kepes, p.21

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

niveau. Il semble en effet que l'ordre nous parvienne de deux sources. D'une part du motif des objets (nous parlerons ainsi de structure-motif, une structure intrinsèque à la matière), d'autre part du fruit de notre regard sur le monde guidé par les formes. Cette structure est formelle dans le sens où elle est subjective, propre à nous.

Ainsi «*en formulant les quadrillons de bulles d'eau par seconde que contiennent les chutes du Niagara, la nature n'a pas le temps de soumettre ses décisions de formulation structurale à des conventions bureaucratiques de directeurs de départements d'états catégoriques et académiques.*"[5]

La nature ne décide pas l'ordre, elle le produit innocemment dans ce qui est extérieur à nous et le processus de reconnaissance de forme animé par cette force de la forme produit une autre sorte d'ordre.

Lorsque nous avons déformé l'image, nous étions en mesure de la reconnaître par brefs instants durant lesquels elle se reconstituait parfaitement exprimant sa structure formelle. Pendant le reste du temps, les points de l'image subissant les mêmes trajectoires, ont constitué des groupes dans lesquels des relations de proximité étaient conservés grâce à la géométrie de l'espace de transformation. L'image n'a donc jamais réellement été détruite, durant le voyage, sa structure motif a été conservée mais sa structure formelle à été déconstruite (même principe qu'un message codé).

Ce que nous observons c'est la structure formelle, tandis que ce qui fait l'image, c'est sa structure motif, ce sont les relations de proximité entre les points qui définissent l'image, et quoi que l'image devienne non reconnaissable, cette part d'ordre reste présente même si dissimulée…On pourrait ainsi qualifier les formes de lois de passage d'un ordre invisible à un ordre

5 R. Buckminster Fuller - Conceptualité des structures fondamentales, dans la structure dans les arts et dans les sciences sous la direction de Gyorgy Kepes, p.68

perceptible. Par exemple, la forme d'élasticité d'un matériau est une loi de passage entre la mécanique d'une structure moléculaire organisée (motif) et le comportement d'un matériau dans laquelle on présuppose que cette structure est répétée (forme).

Une bonne manière de comprendre comment déconstruire une forme est d'essayer d'en trouver de nouvelles représentations. Un procédé de reconnaissance de forme nommé transformée de Hough applique une transformation à une image afin de mettre en évidence certaines caractéristiques formelles (présence d'horizontalité ou de verticalité par exemple). Par ce procédé, les structures motifs conservent leurs propriétés lorsqu'elles sont transformées contrairement aux structures formelles. L'image de droite ne représente plus d'ordre formel nous permettant de distinguer qu'il y a un carré et un cercle, cependant elle contient toujours l'ordre qui a mené jusqu'à elle (on comprend qu'il semble y a voir deux formes : son motif est conservé).

La façon dont nous représentons l'ordre des choses du monde montre clairement cette dualité. Les arborescences s'attachent aux éléments, tiennent de la fragmentation de l'expérience, du

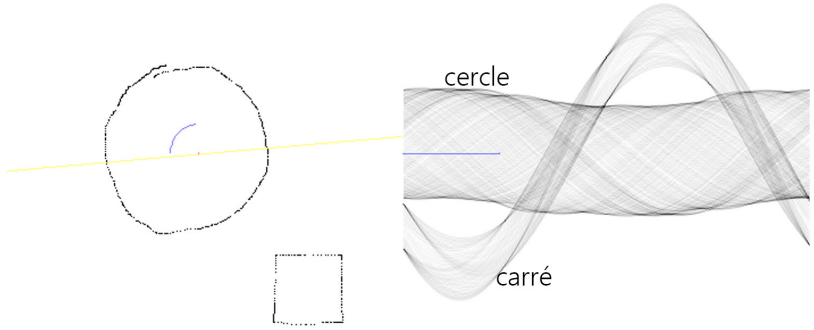


Figure 17 : Transformée de Hough appliquée à l'image de gauche

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

découpage cognitif de l'univers[6], montrent la structure formelle que nous avons construite et reflètent notre vision du monde, là où les représentations de modèle (une formule physique, une courbe, un système, un réseau) expriment cette autre présence d'ordre dissimulé dans le réel. L'une est classificatrice tandis que l'autre est liante.

6 «On suppose que les significations de verbes sont le résultat d'un découpage cognitif du flux de l'univers, par lequel l'information relative aux changements ou non changements affectant les choses ou les individus est extraite, et stockée sous forme d'unités lexicales dans la mémoire à long terme.» Cordier Françoise et al.,« Introduction », Syntaxe et sémantique, 2001/1 N° 2, p. 9-15

2 Branchus

«La classification est l'une des préoccupations fondamentales de la science. Faits et objets doivent être ordonnés d'une façon méthodique avant qu'on puisse en découvrir les principes unificateurs et s'en servir comme base de prédiction.»

Robert R. Sokal

A D'où naissent les structures formelles?

La structure formelle s'exprime dans la façon dont les parties s'arrangent pour former, à nos yeux, un tout, dont nous étiquetterons les caractéristiques. Découper, catégoriser, distinguer, diviser, classer, c'est en fonction de la reconnaissance ou non d'un caractère qu'on pourra décider de l'appartenance d'une forme à un ensemble plus vaste. Comment ce procédé de classement opère-t-il?

Remarquons que les théories bayésiennes ont la propriété intéressante d'inclure le rasoir d'Ockham. C'est un principe de raisonnement visant à aller au plus simple : "*une pluralité ne doit pas être posée sans nécessité*"[7]. Pourquoi faire compliqué quand on peut faire simple! Le rasoir tranche pour l'hypothèse la plus simple.

Or, les équations de Bayes privilégient automatiquement les modèles avec peu de paramètres. Si on a deux modèles, l'un sans paramètres, l'autre avec un paramètre libre, le second sera pénalisé car pour atteindre le même pic de vraisemblance, la probabilité à priori de l'événement doit se retrouver "diluée" dans l'espace des paramètres du second modèle. Autrement dit, les équations de Bayes incluent une compensation qui pénalise

7 Guillaume d'Ockham (1319) : « Une pluralité ne doit pas être posée sans nécessité. *Pluralitas non est ponenda sine necessitate* » (Quaestiones et decisiones in quatuor libros Sententiarum cum centilogio theologico, livre II) (1319)

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

les modèles avec un grand nombre de paramètres. Plus, il y a de paramètres pour prédire un évènement et moins la probabilité à priori que l'événement se produise est élevée.

Il y a donc une véritable raison mathématique à l'intuition selon laquelle les prédictions les plus précises et les plus contraintes sont les plus probables.

Selon Laplace : «*L'hypothèse divine explique tout, comme elle explique tout, elle ne prédit rien! En contrepartie, il faut qu'un modèle prenne des risques pour augmenter sa probabilité à priori.*»

Comme Laplace, notre cerveau préfère prendre des risques sur les hypothèses qu'il fait afin d'en augmenter leur probabilité à priori. C'est ainsi que selon Tenenbaum (science 2011), le principal défi des scientifiques intéressés par la manière dont les humains arrivent à comprendre le monde est le suivant : "*Comment nos esprits parviennent-ils à inférer autant à partir de si peu?*" ou aussi connu sous le nom de Scandale de l'induction.[8]

En effet il nous semble naturel de prendre arbitrairement des décisions d'appartenance d'une forme à une catégorie ou non à partir de presque rien.

8 Stanislas Dehaene, «Les mécanismes Bayésiens de l'induction chez l'enfant» [cours], 17 janvier 2012, dans le cadre du séminaire «Le cerveau statisticien : la révolution Bayésienne en sciences cognitives», 2012, disponible sur le site du collège de france à l'adresse : «http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/p1346267510661_content.htm»

L'expérience est la suivante[9] : Voici trois tufa (formes encadrées en rouge). Parmi un ensemble de formes proposées, déterminer pour chacune d'entre elles, si oui ou non elles sont des tufa.

Figure 18 : Tufa

9 How to Grow a Mind: Statistics, Structure, and Abstraction, Joshua B. Tenenbaum, et al., Science 331, 1279 (2011); DOI: 10.1126/science.1192788

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

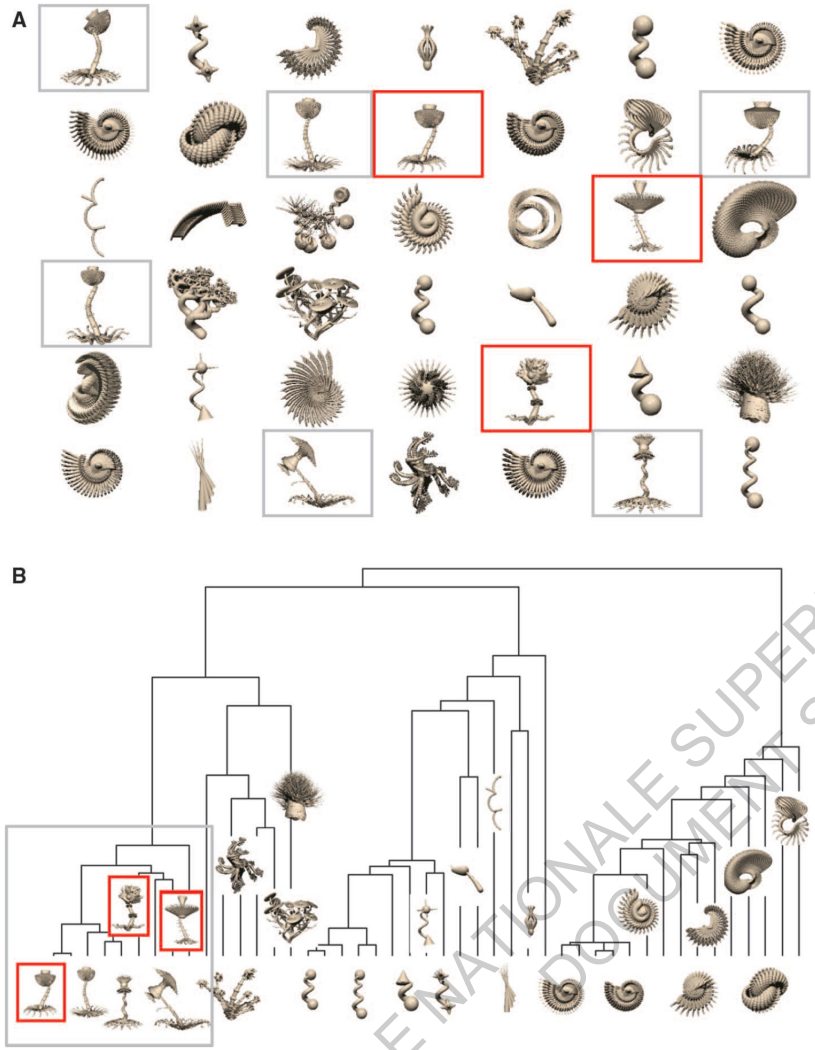


Figure 18bis : Tufas

La réponse semble naturelle pour tout le monde, pourtant, qui a dit que tufa se rapportait spécifiquement aux trois exemples présentés et non pas à l'ensemble des formes? Lorsqu'on apprend le mot cheval à un enfant en lui montrant un cheval, comment ce dernier peut-il inférer sur le fait que cheval se rapporte spécifiquement à l'animal montré et pas à tous les mammifères par exemple? Les théories bayésiennes permettent d'éclairer ce problème. Pour Tenenbaum, nous possédons intuitivement une métrique arborescente qui ordonne les formes par leur similarités. C'est pour lui, de cette manière que se fait l'apprentissage du langage, par des hypothèses arborescentes. Une fois l'arbre construit, la probabilité à priori qu'une forme soit un tufa ou non est divisée par le nombre d'exemples. Elle se retrouve diluée plus on admet de formes comme étant des tufa. C'est ainsi, à l'instar du rasoir d'Ockham, que nous allons privilégier l'hypothèse regroupant le plus petit nombre de formes car c'est à priori celle qui a la probabilité la plus forte

Cependant pour que ce raisonnement fonctionne, nous devons forcement inférer sur le fait que les éléments ont été tirés de manière aléatoire. Ainsi il serait vraiment étrange que l'on ait tiré trois tufas particuliers parmi l'ensemble varié des formes montrées.

Par conséquent, si notre esprit tend toujours à minimiser le nombre de variations possibles que l'on peut observer sur une forme pour augmenter la probabilité à priori qu'il s'agisse bien d'une telle forme, peut-être peut-on y voir ici pourquoi il est si naturel de séparer, de découper le réel en catégories les plus fines, de tendre vers l'exactitude, vers la forme idéale qui se passe de variations.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

B Comment se construisent ces structures?

Si le rasoir d'Ockham nous montre qu'il est toujours possible de trouver de l'ordre formel dès lors qu'on présente à l'observateur un ensemble d'objets, quelles méthodes nous permettent de construire de telles structures? La question qui se pose ici est finalement comment une intelligence artificielle peut elle apprendre de manière non supervisée ? Comment peut-elle sans l'aide d'un humain se faire la représentation interne de formes, de comportements? Tout d'abord, il faut savoir si le matériau est formel ou paramétrique (soit on a des entités discrètes en entrée soit des variables continues sur un ensemble (exemple un groupe de pixels, ou un ensemble de points)). Dans le premier cas, la chose qu'il est toujours possible de faire est de créer une matrice prenant les formes en entrée et leur caractéristiques. C'est à dire que chaque forme sera décrite relativement aux caractéristiques de l'ensemble de formes donné qu'elle possède ou non. On peut alors extraire des arbres de cette matrice de caractéristiques. Dans le cas ou la donnée est continue en entrée, on étudiera les rapports de proximité entre les fragments d'information qui composent la forme.

Cas d'entrée discrète : Les matrices de taxonomie

Taxonomie numérique - Robert R. Sokal[10]

«Dans les premiers temps de la science moderne et même aujourd'hui, (1972), pour des raisons particulières les classifications étaient fondées sur une seule propriété ou une seule caractéristique dont le choix pouvait être tout à fait arbitraire. Il y avait les métaux conducteurs et non-

10 Dans, Analyse des données en urbanisme et en architecture, Paris : Institut de l'environnement, 1972, p.34

conducteurs, substances solubles et insolubles, organismes unicellulaires ou multicellulaires.

C'est grâce à ces dichotomies qu'on peut prendre une décision catégorique. Ces classifications basées sur un petit nombre de paramètres sont appelées monothétiques. Tous les entités appartenant à une catégorie d'un classement monothétique partagent une même caractéristique. Au contraire, des classification à grand nombre de caractères appelées polythétiques, peuvent rassembler dans chacune de leurs catégories, des entités ne partageant pas forcément une même caractéristique. Ainsi, certains oiseaux n'ont pas d'ailes (comme le kiwi) et certains mammifères ne portent pas leur progéniture (l'ornithorynque et l'échidné). (...) *Pour décrire ces similarités, les taxonomistes ont besoin de se baser sur de nombreuses "unités de caractère" des structures à comparer. Les unités de caractère sont celles qui ne peuvent pas être subdivisées en caractères logiquement ou empiriquement indépendants* [(granularité). Définir la granularité d'une matrice taxonomique montre bien en quoi la structure formelle est inhérente au sujet observant puisqu'on choisit avec son propre langage, les unités de caractère à comparer.] *Il est difficile à l'esprit humain de classifier et de traiter un grand nombre de caractères sans favoriser un aspect ou un autre.»*

On peut ensuite placer ces unités de caractères dans une matrice permettant de calculer des coefficients de similarité entre les différents individus. Cette matrice peut donner lieu à des représentations à n-dimensions et on peut les ramener à des visualisations en 2 ou 3 dimensions pour des questions de visualisation.

Comme nous le montre cette image issue du programme Archipelagio de Éric Langenou, étudiant les rapports de

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

proximité entre deux bibliothèques musicales. L'arbre d'une classification n'est pas forcément représenté graphiquement comme une arborescence tel quel. Il peut se représenter par proximité ou encore de façon linéaire dès lors qu'une grammaire intelligible lui est associée. C'est le cas du langage[11] par exemple mais aussi des nombres dont la grammaire correspond à la façon dont sont structurés les ensembles.

Les travaux de tenenbaum ont à ce propos mis à jour un algorithme qui permet de construire la structure adéquate à une matrice de donnée. Se basant sur des modèles bayésiens hiérarchiques (des inférences de probabilités sont faites sur plusieurs niveaux), ils peuvent reconnaître une structure arborescente, cyclique, ou en chaîne de la donnée.[12]

Cas d'entrée continue

11 Voir Lucien Tesnière, Éléments de Syntaxe structurale

12 "Mendeleev launched modern chemistry with his proposal of a periodic structure for the elements. Linnaeus famously proposed that relationships between biological species are best explained by a tree structure, rather than a simpler linear order (premodern Europe's "great chain of being") or some other form." How to Grow a Mind: Statistics, Structure, and Abstraction, Joshua B. Tenenbaum, et al., Science 331, 1279 (2011); DOI: 10.1126/science.1192788

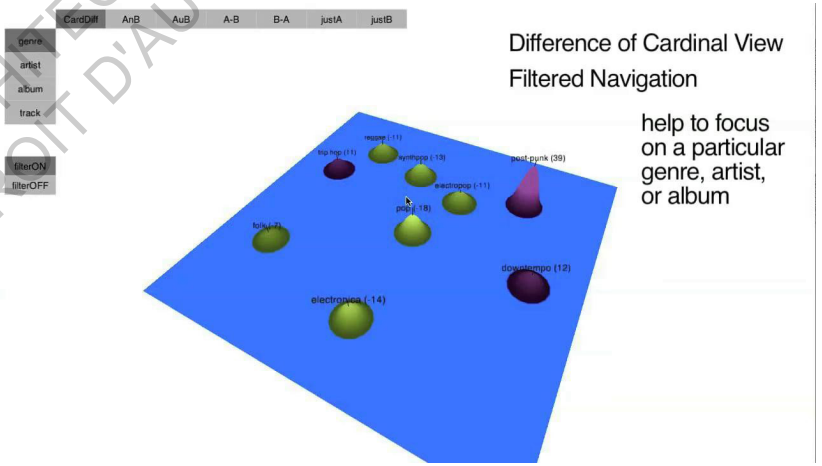


Figure 19 : Archipelagio permet la visualisation en 3D des rapports de proximités entre deux bibliothèques musicales

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

L'image ci-contre (Figure 21) montre une série de chambres à coucher générées automatiquement par un algorithme. Aucune réalité (si ce n'est l'image même) n'existe derrière ces images. Ce sont des créations pures de programmes informatiques. La technique utilisée s'appelle DCGAN (Deep Convolutional Generative Adversary Network). Il s'agit de mettre en concurrence deux réseaux de neurones, l'un générant des images à partir d'une base de donnée et de paramètres choisis aléatoirement, l'autre essayant de prouver que l'image générée est fausse. Comme le générateur d'image connaît les raisons pour lesquelles les images qu'il a créé ont été reconnues comme fausses par le vérificateur, il s'adapte en changeant les paramètres d'entrée et produit des images de plus en plus réalistes. On peut voir ce processus comme deux joueurs perfectionnant leurs techniques de combat en s'affrontant sans cesse.

Ces techniques mettent au point les paramètres de rapport de proximité entre des motifs qui permettent à une image d'être reconnue comme étant telle forme, comme appartenant à tel groupe de forme. C'est une véritable mise en place de la structure qui articule la façon dont, sous un certain angle de vue, des surfaces partielles doivent se composer pour donner l'image d'une forme globale, telle la forme "chambre à coucher".

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

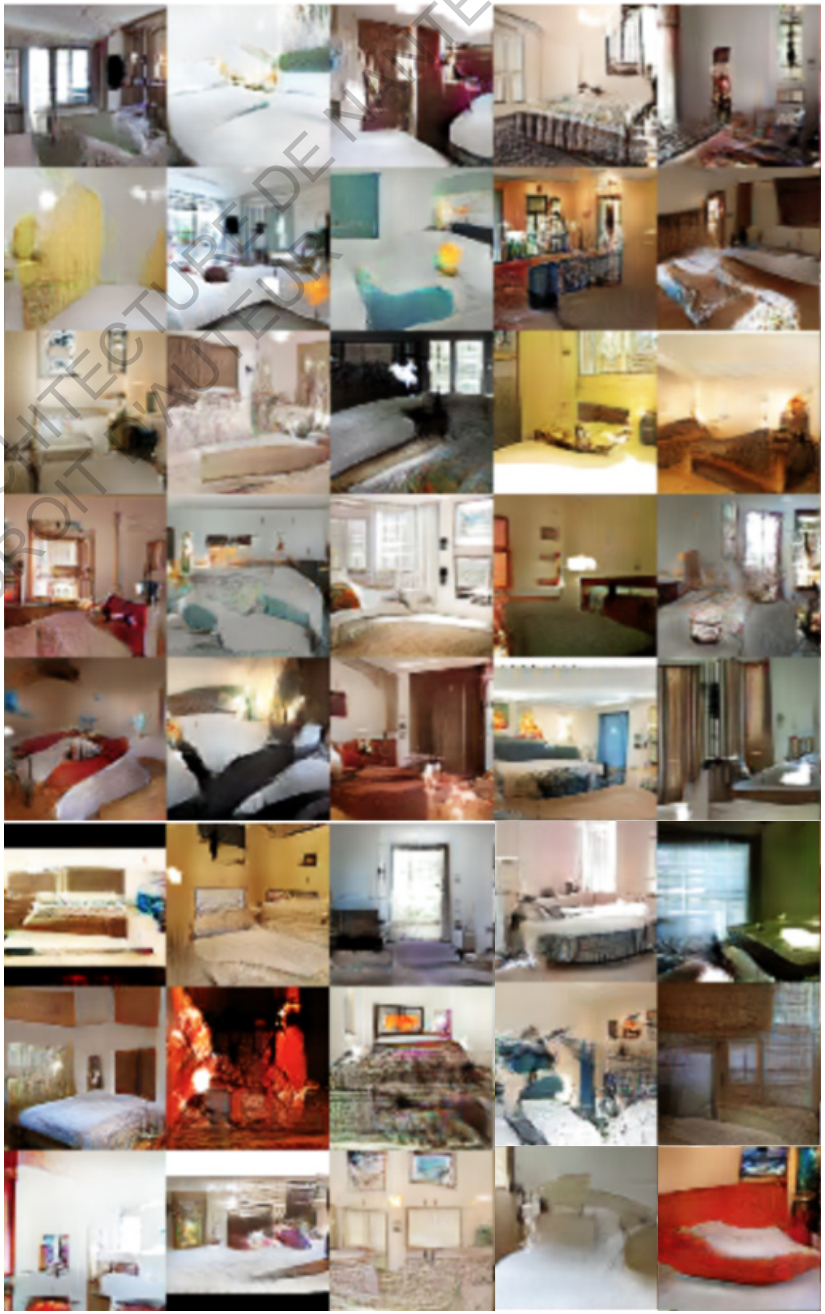


Figure 21 : Représentations de chambres à coucher imaginaires générées par un DCGAN

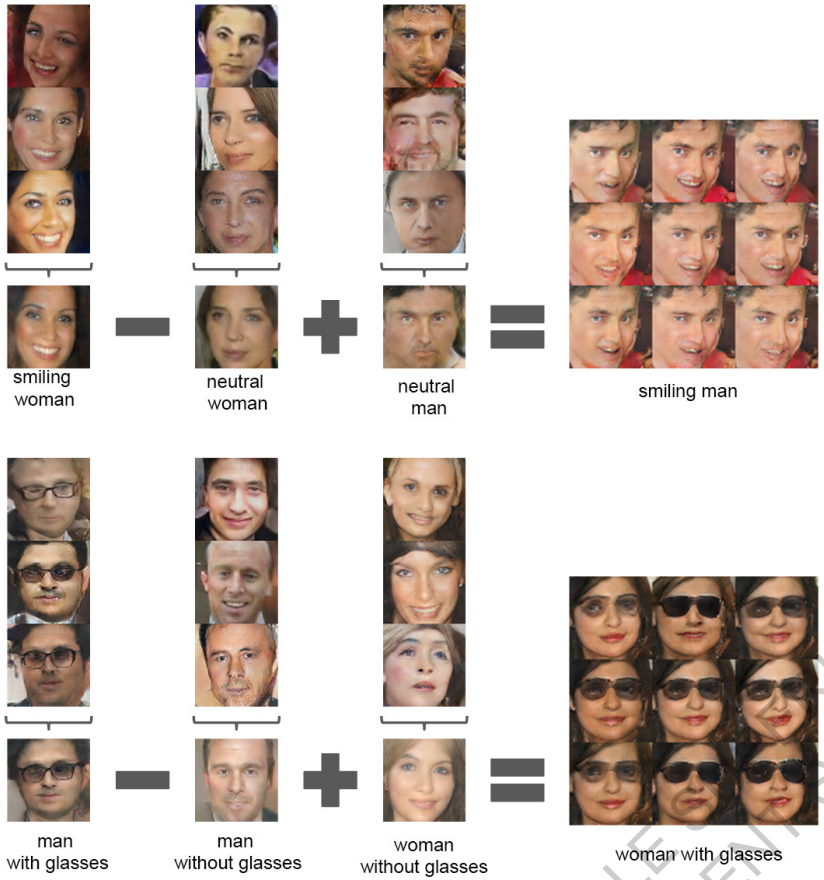


Figure 22 : Face Algebra

Mais on peut aller encore plus loin. En combinant plusieurs types d'images, le programme peut par la suite, apprendre par lui même qu'une forme peut-être composée de sous-formes. Cette fois, la structure atteint un niveau supérieur puisqu'elle intègre des sous structures d'objets entiers (comme la sous structure formelle «lunettes» ou «expression faciale», figure 22). Cela démontre qu'un programme informatique peut aujourd'hui considérer les choses représentées sur une image dans différentes configurations relativement à leur contexte, en tant que formes entières et limitées (il paramètre un idéal de forme).

Au delà de l'engouement artistique ou divertissant de ces pratiques encore très expérimentales, des enjeux beaucoup plus importants se manifestent. En cette année 2016, facebook annonce la mise à disposition publique d'une carte des densités de population d'une résolution de 5m par 5m. Cette nouvelle carte va permettre tout d'abord à Facebook de développer la technologie adéquate pour rendre internet accessible dans les pays encore peu connectés (Afrique principalement), mais elle pourra aussi permettre de mieux évaluer les risques de catastrophes naturelles, avancer dans les secteurs de recherche sociaux-économiques...

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

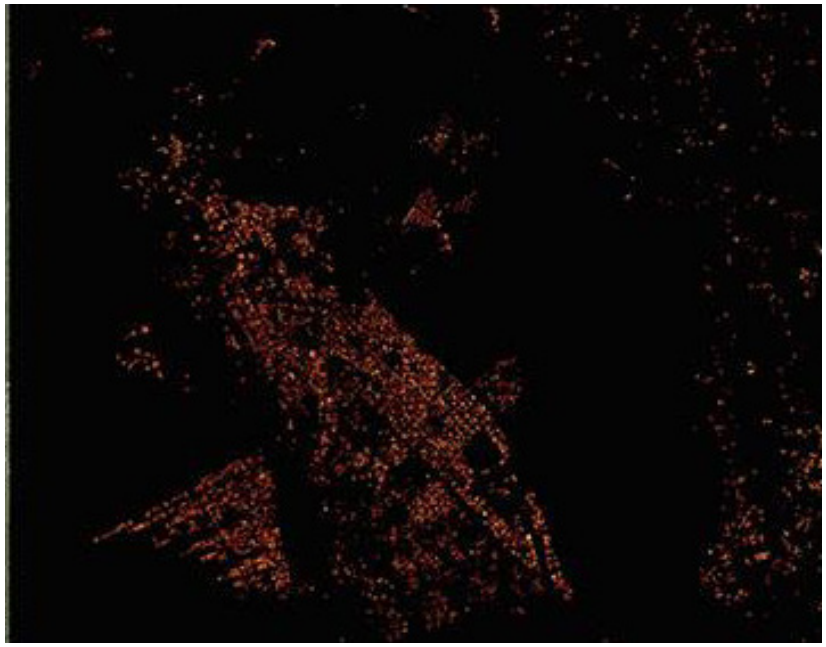


Figure 23 : Exemple de résolution de la carte Facebook des densités[1]

1 Afin d'obtenir ces résultats aussi détaillés, l'équipe de chercheurs a procédé en trois étapes. Partant d'une base de donnée d'images satellite haute résolution, ils ont tout d'abord utilisé un programme classique de traitement d'image pour éliminer la donnée ne contenant apparemment pas de constructions humaines, tel que des routes, des bâtiments. Sur le set de data restant ils ont appliqué le programme de reconnaissance d'image développé par Facebook (programme qui analyse chaque image qu'un utilisateur upload sur son compte facebook (Facebook Image recognition's engine)) en changeant seulement quelques réglages pour que ce dernier soit adapté à la reconnaissance des constructions sur une image satellite. Enfin, ils ont entraîné un second petit réseau de neurones à identifier les contours des bâtiments et sélectionner ceux qui étaient pertinents pour estimer la densité de population. Ce résultat montre qu'il n'est pas compliqué pour un programme déjà entraîné à reconnaître des formes de visage, d'objets singuliers, de lui demander de reconnaître un autre type de contenu qu'il n'a pas encore traité auparavant (peu d'images satellites sont postées par les utilisateurs de facebook). Andreas Gros & Tobias Tiecke, Facebook, «Connecting the world with better maps», Février 2016, «https://code.facebook.com/posts/1676452492623525/connecting-the-world-with-better-maps/»

Figure 24 : Résolution de l'actuelle carte des densités (Mai 2016) et image satellite d'entrée

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Par ailleurs, pour traiter logiquement de la présence d'ordre dans une image, on peut avoir besoin d'étudier mathématiquement sa morphologie. Les "trees of shapes" décrivent ainsi les relations topologiques entre des formes fermées sur une image. On peut par exemple indiquer des seuils sur une image en niveaux de gris. Les formes découpées contenant un groupe de pixels d'un même niveau de gris représenteront les nœuds de l'arbre et les relations de partage de frontières créeront les liens. On peut ensuite facilement traiter cette image, ou en extraire des formes particulières en coupant certaines branches de l'arbre, quantifier de l'information, la labelliser.[13]

Intégrée à un algorithme de traitement d'image, séparer permet ensuite à un ordinateur de compter des population d'arbres, d'animaux, d'extraire automatiquement des routes, de déceler des pathologies, décider d'un diagnostique médical, de rechercher de l'information.

Enfin, un troisième exemple[14] nous montrera comment il est possible, dès lors que des rapports de proximité auront été établis entre des entités, de les rassembler par groupe. Cette méthode propose de partitionner un ensemble de données sans hypothèse préalable. Elle se base sur deux axiomes : les individus d'un même groupe se ressemblent le plus possible. Les individus d'un groupe différent se ressemblent le moins possible. Cette méthode à pour intérêt de livrer des informations sur le groupe telles que forme forte, forme

13 Laurent Najman, Ircam, «Morphologie mathématique et traitement de la spatialité pour l'analyse des images» [cours en ligne], 56:51, 5 Avril 2013, dans le cadre du séminaire MaMux : http://medias.ircam.fr/stream/ext/video/old_archives/video/VI02044000-480.webm

14 Edwin Diday, «classification automatique et reconnaissance des formes», dans Analyse des données en urbanisme et en architecture, Paris : Institut de l'environnement, 1972

Figure 25 : Scene parsing

faible, points charnières, valeur de la partition obtenue, degré d'appartenance de chaque individu à son groupe. Les nuées dynamiques sont plus connues sous le nom de K-Mean algorithms et elle permettent la reconnaissance d'objets suivant n-caractères. La seule chose définie à l'avance est le nombre de partitions à effectuer dans le lot de données.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Voici la méthode

«Au départ on place deux centroïdes au hasard dans l'image et on détermine les deux ensembles de données qui appartiennent à ces centroïdes par plan médian ou médiane. On calcule alors le nouveau centroïde respectif de chacun de ces deux groupes. Puis on réitère l'opération jusqu'à ce que les centroïdes fils coïncident avec leur parents.»[15]

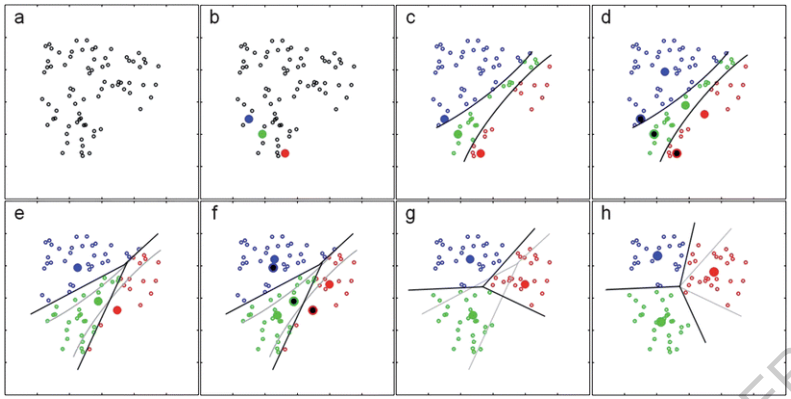
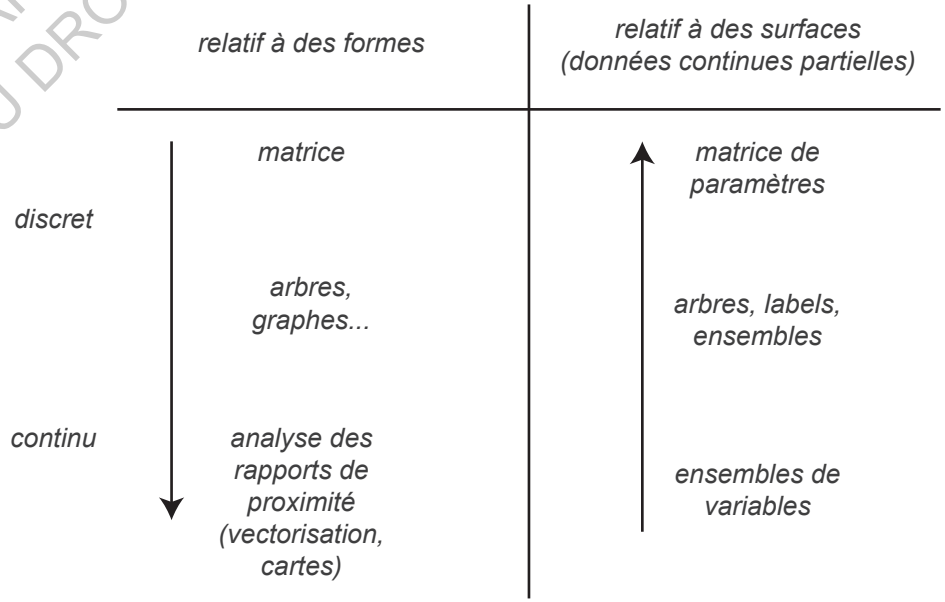


Figure 26 : Méthode des nuées dynamiques

L'idéal formel se construit ici en une configuration particulière de rapports de proximité (distance euclidienne ou graphe) des surfaces partielles qui composent la forme.

Dans les deux méthodes, la construction d'une structure formelle s'établira par proximité de caractères d'une part ou par proximité de surfaces partielles d'autre part. Or, que peut-on dire d'une forme proche ou éloignée d'une autre?



remarquons que chacune des deux méthodes se caractérise par la tendance à aller vers l'opposer de la façon dont est structurée la donnée de base. Les motifs mènent aux formes et les formes mènent aux motifs?

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

C Omniscience des familles de formes

Si l'on convient des exemples présentés précédemment, une structure formelle devient ainsi une situation englobée et englobant une hiérarchie de distances entre des formes suivant un caractère donné (espèce, usage, chronologie, mécanique, rapport d'échelle, composition formelle). En créant des structures formelles nous plaçons les formes dans leur contexte familial, dans leur environnement familier. Bien qu'il faille se méfier de raccourcis trop naïfs il est amusant de remarquer que les plus anciens modèles cosmogoniques utilisaient justement littéralement cette idée de la famille pour classer les formes de l'univers. Les mythologies Scandinave, Viking, Égyptienne, Grecque et Romaine présentent une véritable structure familiale des dieux qui représentaient les objets de l'univers.

Ce raisonnement ancré en nous est peut être le moteur de fond qui a mené le point de vue atomiste de la science, d'Aristote à la physique des particules contemporaine. Du point de vue anthropologique, l'arborescence généalogique se projeterait dans l'espace des représentations en analogie à l'arborescence des constituants d'un objet ou d'un système. L'arborescence généalogique encapsule les temps dans le sens où chaque être est la capsule renfermant ses générations antérieures tandis que l'arborescence d'un objet encapsule les espaces les uns dans les autres dans le sens où chaque partie d'un objet est la capsule des sous parties qu'elle contient. Ainsi le macro et le micro sont conceptualisés tel un enchâssement de mondes qui nous traversent. L'enchâssement permet alors la pertinence d'une forme représentée. Il propose un domaine rassemblant une «génération» de formes appartenants à la même echelle. Cela explique peut-être aussi pourquoi Riegl tenait tant à la distance depuis laquelle on observe les œuvres d'art. Dans les tableaux de style linéaire (apogée du Classicisme) on voit très

bien que les arbres isolés ont de moins en moins de feuilles dès lors qu'ils sont à l'arrière plan. Ce n'est pas par contrainte technique mais par volonté de ne pas faire basculer le regard sur une apparence confuse des choses. Si la structure d'un arbre présente des feuilles, alors ces feuilles doivent êtres représentées distinctement. On privilégie la structure formelle de l'arbre en arrière plan (un tronc, des branches, des feuilles) à son apparence (qui serait plutôt une tâche).

Cependant il faut remettre cette vision dans son contexte historique. Durant l'antiquité, les structures formelles suffisaient à expliquer comment le monde fonctionne[15]. Il suffisait de décrire la manière dont les parties organisent le tout pour estimer avoir une bonne compréhension de l'univers. Seulement, si la structure formelle nous permet de reconnaître une forme dans un ensemble plus important, elle ne se manifeste que lorsqu'à un instant donné, l'assemblage des parties nous permettent d'extraire les caractéristiques de la forme. Par conséquent, elle ne nous permet pas de reconnaître ce qui transcende cette forme, ce qui la constitue en tout point, en chacune de ses parties, c'est à dire son motif. Il ne s'agit plus de décrire de quoi est constituée une forme pour la reconnaître mais de reconnaître ce qui la fabrique, quelles lois nous mènent à elle.

15 «Ces images et ces concepts centraux qui fournissent la clef au monde intérieur de l'homme, et ainsi à la façon dont il organise le monde qui l'entoure, diffèrent selon les stades de l'histoire. Pour les Grecs, la forme était essentielle, (forme et matière) sur la matière chaotique, Dieu ou l'homme, imposa une intelligence merveilleuse, créant la forme. L'univers Grec était plus petit que le nôtre, façonné dans les limites de la perception humaine. L'ingéniosité humaine peut reculer ces limites mais d'une façon assez réduite. Il n'y avait pas assez de place pour qu'un objet ait plus qu'une seule matière ou plus qu'une seule forme.» Gyorgy Kepes, Introduction à La structure dans les arts et dans les sciences

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3 Écume

A Motif-Modèle et stratégie

L'existence d'une structure-motif porte sur l'idée qu'un ordre sous-jacent à l'ordre formel surgit de la nature d'un ensemble de lois coopérantes qui produisent des phénomènes d'auto-organisation. Auto-organisation du vivant ou des cristaux, ces réseaux ouverts (ou encore corps-bruts, corps organisés selon Saint Simon) nous mènent vers la logique du modèle où chaque existence se rapporte à une configuration d'éléments qui la construisent.

La reconnaissance d'un motif tient donc peut être bien plus de la mise en place d'une stratégie plutôt que du suivi d'une méthode où classer de manière triviale ne suffit plus. Contrairement à la méthode qui propose une série d'étapes pour arriver à un résultat, la constitution d'un système en réseau permettant d'approcher un motif observé tient dès lors de la stratégie. Empiriquement, on avance pas à pas en rajoutant des acteurs, en en supprimant d'autres, en modifiant l'impact de certains. In fine, le modèle peut dès-lors rapporter un ensemble de solutions possibles tel que pour Poincaré : "*faire de la mathématique c'est donner le même nom* [ensemble] *à des choses différentes* [solutions]..."

Au lieu de séparer, de distinguer, nous mettons l'accent sur la similarité de comportement d'objets qui, de manière momentanée n'ont peut-être pas de rapports entre eux mais se lient dans ce qui les traverse.

Au XVIème siècle Tycho Brahé (1546-1601), alors encore très jeune, fût stupéfait d'observer une conjonction Jupiter-Saturne (les deux planètes sont tellement proches l'une de l'autre qu'il n'en paraît presque qu'une seule) que les meilleures tables astronomiques avaient prédit avec une erreur de plusieurs jours. Cet évènement, l'influença dans toute la suite de son travail qu'il

consacra à une observation méticuleuse du ciel et une grande rigueur dans la conservation de ses résultats, jour après jour. A son tour, il influença toute une génération d'astronomes dans l'art de bien observer finement notamment Johannes Kepler (1571-1630), qui devient son assistant et utilisera les données précises de positions des planètes évaluées par son maître pour déterminer l'orbite de Mars. Ce travail l'amènera à infirmer le système de Ptolémée, les formes de cercles parfaits qu'on attribuait alors aux orbites des planètes, et à envisager une possible rotation du soleil autour de son axe.

Or il n'a jamais «vu» les ellipses des orbites des planètes qu'il étudiait. Ces ellipses furent comme dévoilées, synthèse de la constitution d'un modèle issu de la mise bout à bout de chaque observation.

Essayant donc d'y voir ce qu'on ne voyait pas, par le calcul systématique des rapports de distances existants entre les positions des corps observés, ces astronomes ce se sont intéressés aux rapports exercés sur les objets qu'ils voyaient, pas aux objets en eux mêmes.

Ainsi, Wieser saisi le système pour parler de structure : *« Lorsque nous affirmons que le concept de structure gagne en importance dans les sciences modernes, cela signifie que même les phénomènes qu'on avait jadis tendance à considérer comme relevant de processus linéaires, ne sont, en réalité, que les résultats de rapports et de connexions complexes d'un grand nombre d'éléments entre eux. Des particules détachées ou des processus linéaires sont le résultat d'opérations de dissections et d'abstraction et ne représentent jamais le tout.»*[16]

De même d'un point de vu historique, Wölfflin ajoute : "*Une histoire qui se borne à constater les choses qui se sont passées les unes après les autres est indéfendable ; elle se trompe justement*

16 Margit Staber, Peinture abstraite : peinture structurale, dans La structure dans les arts et dans les sciences, sous la direction de Gyorgy Kepes

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

si elle croit par là devenir une science "exacte" ; on ne peut faire un travail scientifique que là où il est possible de saisir le flux des événements dans des modèles solides. La mécanique par exemple, procure ces modèles à la physique.»[17]

B Une question de morphogenèse?

Au travers de la logique du modèle, les structures-motif se penchent en effet sur un aspect des choses que les structures formelles ne font que nous montrer : leur morphogenèse et leurs accidents. Lorsque la structure formelle d'une chose s'exprime en tant que signifiante, qu'elle parle de ce qu'elle est en soi, il existe cependant toujours un motif, qui la rend présente. Ainsi, la surface d'une planète est quasi sphérique car l'agglomérat de matière sans contrainte spatiale donne une sphère tandis que ce même agglomérat sur une surface et soumis à la gravité d'un corps beaucoup plus massif donne un tas qui est l'approximation d'un cône (le cône est la loi de morphogenèse et les accidents sont ce qui en fait un tas et non un cône). Pourtant, nous disons rarement qu'une planète et un tas sont semblables car ils expriment la gravité mais plutôt que l'un exprime un cône et l'autre une sphère avec tout ce que les symboles culturels peuvent y ajouter. D'où la nécessite de mettre en évidence deux façons de parler de l'ordre d'une chose : sa forme (ici sphère) et son motif (ici gravitation). Au delà de vouloir donner une raison à chaque forme qui se présente à nous, s'intéresser aux lois de la morphogenèse peut ainsi nous mener à redéfinir la façon dont nous classons un ensemble de formes représentées voir en déterminer la source.

Et pourtant peu d'approches ont encore été réalisées en la matière, encore moins lorsqu'elles fussent mises en parallèle

17 Henri Zerner, Giovanni Morelli et la science de l'art, dans Écrire l'histoire de l'art, p.15

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

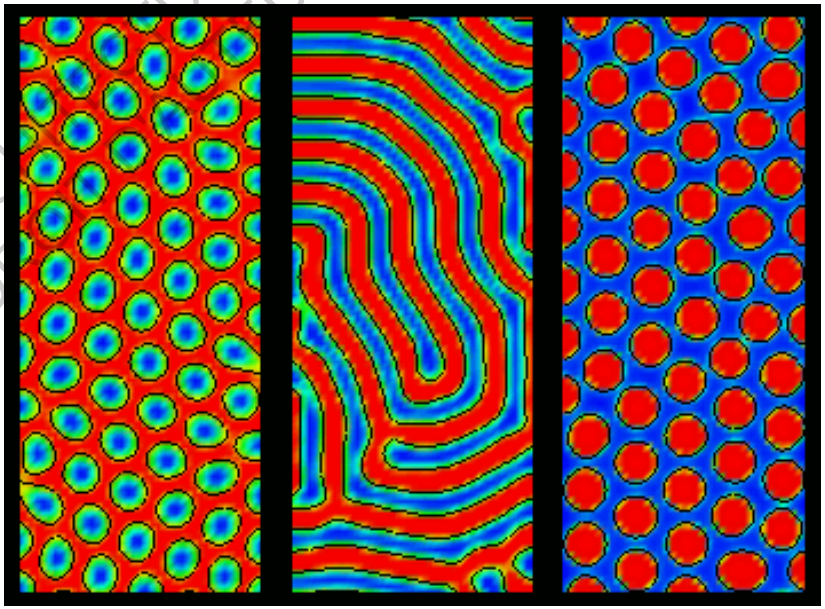


Figure 27 : Structures de turing

avec l'histoire des arts plastiques comme tenta Riegl. C'est ainsi que "Turing souligne d'entrée le défi majeur auquel se trouve confrontée toute tentative d'expliquer la morphogenèse: *comment passe-t-on d'un embryon initialement parfaitement symétrique (une sphère) à un organisme structuré?*[18]

Il semble loin d'être facile de comprendre d'où surgit cet ordre, et pourtant le sens naît de partout à partir de rien : pose un crayon à la verticale sur une table en le retenant avec ton doigt. Pour le moment, l'objet n'a pas de direction dans le plan de la table. Si tu le regardes de haut, il est symétrique en tout point, mais dès lors que tu le relâches, sa chute l'entraînera dans une direction incertaine. Un accident est intervenu et a donné un sens à l'objet. On parle alors de brisure spontanée de symétrie.

On peut ainsi essayer de comprendre qu'un motif peut émerger d'un ensemble homogène de la même façon que le sens a pris au moment de la chute pour le crayon.

Ce processus imaginé par Turing est expliqué ici par Annick Lesne "*Les différentes perturbations aléatoires subies par l'état homogène, complètement symétrique, vont avoir un devenir très différent. Certaines vont être amorties, d'autres amplifiées. La dynamique intrinsèque va ainsi sélectionner certaines fluctuations, dont les caractéristiques particulières vont se refléter dans la solution. Les autres fluctuations n'auront aucun effet. Ceci n'est rien d'autre qu'un phénomène de résonance, bien connu dans l'étude des pendules et autres oscillateurs. Une conséquence remarquable est que la perturbation ne détermine pas les caractéristiques des motifs mais seulement la possibilité de son émergence. C'est l'instabilité intrinsèque de la dynamique qui prescrit les caractéristiques du motif. L'idée*

18 Annick Lesne, Directrice de recherche CNRS au Laboratoire de Physique Théorique de la Matière Condensée (CNRS-Paris 6) et à l'IHÉS (Bures-sur-Yvette), «Turing et la morphogenèse: les «structures de Turing»»

est remarquable : suivant le modèle de Turing, la formation des motifs est spontanée, elle ne nécessite ni patron préalable ni prescription extérieure."

Le modèle qu'il propose montre la richesse de structures qu'on peut expliquer en n'invoquant qu'un ensemble minimal de mécanismes uniquement physico-chimiques, sans avoir besoin d'arguments ou d'ingrédients spécifique[19]

Les motifs peuvent être ainsi interprétés comme solutions spatiales d'un espace de possibles, leur existence est due à un accident, à un événement spontané dans le cadre de la configuration d'un système. La question repose alors plus sur quels ensembles de formes possibles pour un modèle plutôt que de déterminer les raisons qui mènent à un motif.

Cependant, n'oublions pas que contrairement aux formes qui peuvent se décomposer en fragment, "*les motifs résultent d'une dynamique globale: on ne peut supprimer une tache sans les supprimer toutes.*"[19]

Ainsi parle Gyorgy Kepes du "*sens de la structure, faculté de voir notre monde comme un ensemble conjugué*". Il ne s'agit plus de décrire l'arborescence de ce qui constitue les formes de notre monde mais de les conjuguer entre elles, de voir en chacune d'elle des lois qui en déclinent d'autres, observer en chaque forme, la solution d'une complexité plus large. De ne pas décrire l'intersection mais les espaces créant cette intersection.[20]

19 La simulation de formation d'une structure de Turing est proposée par le site du CNRS à l'adresse : «http://experiences.math.cnrs.fr/simulations/sysdyn-Morphogenese/index.html»

20 Soit cette belle démonstration de Cyril Stanley Smith dans l'article Structure Substructure Superstructure : "Pour diviser l'espace en cellules tridimensionnelles, six interfaces bidimensionnelles au moins doivent se rencontrer à chaque point; et si la tension de surface domine, elles se grouperont en groupe de trois à un angle de 120° le long de lignes, formant des bords de cellule, qui se rencontrent symétriquement selon l'angle tétraèdre de 109.47° (soit l'angle dont le cosinus est -⅓). Cette configuration de jonction à trois, deux et une dimension est répétée à chaque sommet. Une courbure

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Par ailleurs, René Thom propose de concevoir cet espace de solutions comme des surfaces de réponses. Avec la théorie des catastrophes généralisée, il conçoit une façon d'étudier topologiquement les modèles.

"*Les points réguliers sont les points où l'analyse phénoménologique locale ne décèle aucun accident particulier, il peut y avoir des variations observables, mais ces variations sont continues. Au contraire, il y a des points où l'analyse phénoménologique révèle des accidents brutaux et discontinus, en particulier des discontinuités observables et c'est ce que j'appelle les points catastrophiques.*"[21]

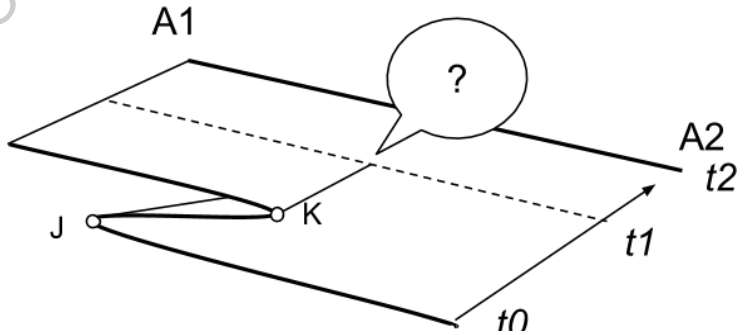
C'est motifs surviennent dans le cas où un équilibre est soudainement rompu et libère son potentiel. Le problème est qu'une forme A1 se transformant en une forme A2 ne peut le faire qu'en passant par une transition continue d'étapes. Et même si à l'œil ce changement est brutal, il est pourtant nécessaire et implique la coexistence à un moment donné de points remarquables comme les inflexions (J, K) de la fronce présentée ci-dessous.

est nécessaire pour relier des sommets adjacents et pour réconcilier des besoins à courte et à longue portée. Parce que les polygones (faces de cellules) doivent être en groupes qui enferment chaque cellule tridimensionnelle, le polygone moyen aura un nombre plus petit de côtés que l'hexagone qui emplit l'espace à deux dimensions. Aucun polygone plan ne peut remplir ces nécessités, car il faudrait qu'il ait 5.143 côtés afin d'avoir des angles de 109.47°. La meilleure solution qui ait été proposée correspond à un corps à 14 côtés possédant six faces planes à 4 côtés et 8 faces à double courbure hexagonales, le mélange de ces polygones ayant une moyenne de 5 1/7 côtés.

Ce curieux nombre irrationnel est d'une importance capitale, bien qu'il soit peu apprécié. Il est certainement responsable de la prédominance du pentagone dans la nature. Il est probablement derrière la symétrie quintuple des plantes et des cinq doigts et orteils que possèdent les animaux."Dans la structure dans les arts et dans les sciences sous la direction de Gyorgy Kepes, p.36

21 Exposé de René Thom au Colloque international de Cerisy "Logos et théorie des Catastrophes" sep 1982, Annales de la Fondation Louis de Broglie, Volume 27 n ±4, 2002, p 575, http://aflb.ensmp.fr/AFLB-274/aflb274p575.pdf

La fronce : Catastrophe en dimension 2, comment passe-t-on de A1 à A2 dans chaque état t du système? Imaginons que cette fronce soit la représentation abstraite dans le temps d'un lac en montagne. A t0, la surface du lac est représentée par l'inflexion J et sa quantité est insuffisante pour dépasser le col représenté par K. Mais avec l'érosion, les points J et K (l'altitude de la surface du lac et du col) se rapprochent jusqu'à atteindre t1 où ils coïncident. C'est la catastrophe! L'eau n'étant plus retenue, elle se déverse en ruisselant sur le versant de la montagne, donnant ainsi naissance à de nouvelles rivières (t2).[22]



D'après René Thom, pour un espace à quatre variables (soit les trois dimensions plus le temps), il ne peut y avoir qu'au plus 7 catastrophes élémentaires distinctes. Il y voit dès lors, sept motifs de base à partir desquels la nature forme sont langage.

22 Benoît Virole, 2015, «http://virole.pagesperso-orange.fr/cata.htm»

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

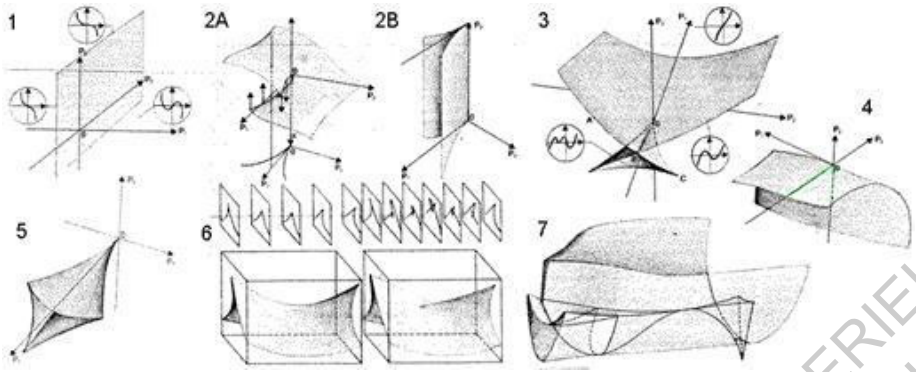


Figure 28 : Les 7 catastrophes élémentaires de René Thom : 1 : le pli, 2 : la fronce, 3 : la queue d'aronde, 4 : l'ombilic hyperbolique (vague), 5 : l'ombilic elliptique (le poil), 6 : l'ombilic parabolique (le champignon), 7 : le papillon.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

III Les motifs chez riegl

1 Organisme et inorganisme, comment Riegl construit la structure de son modèle?

Lors de la publication de Grammaire Historique des Arts Plastiques, l'heure est à la recherche d'une continuité historique des arts. Recherche portée par une vague de découvertes scientifiques dont l'auteur se servira pour y chercher les motifs élémentaires des arts plastiques. On ne pourrait omettre de rappeler que c'est à la même période que se développe le courant de la pensée moderne dont la constante est le progrès : "*Riegl propose une philosophie de l'histoire qui ne retient que le progrès constant et irréversible de l'art.*" Porté par ces motivations, Riegl cherche un modèle qui explique l'évolution historique des arts plastiques[1]:

> *«Les motifs des arts plastiques étant créés pour rivaliser avec la nature, ils ne peuvent donc être pris ailleurs que dans cette nature. Or dans la nature, les choses sont inorganiques*

1 Les citations de Riegl qui suivront dans ce chapitre proviennent de la même introduction par l'auteur sur le chapitre : les éléments de l'œuvre d'art, les motifs

ou organiques, c'est à dire qu'elles sont inertes comme les minéraux, ou animées, capables de se mouvoir, elles appartiennent alors au règne animal (hommes et bêtes) ou au règne végétal.

Riegl choisit une frontière (animé/inerte) qui lui semble pertinente pour séparer d'une façon logique, deux ensembles formels. Il se met alors à partir de cette classification à étudier les relations qui existent entre les deux catégories d'une matière qui serait inerte ou animée. Premièrement, on trouve dans la nature surtout l'organique, tandis que l'inorganique est rare. Car l'inorganique inerte ne peut se défendre contre les lois de la nature contrairement aux choses organiques, il reste possible mais est idéalisé du fait qu'on constatera sa rareté. De plus là où le motif inorganique trouve sa genèse dans les lois de la cristallisation (présentant symétries, angles nets et arêtes saillantes), l'organique, commun, semble y échapper (présentant toutes sortes d'irrégularités et d'incurvations) :

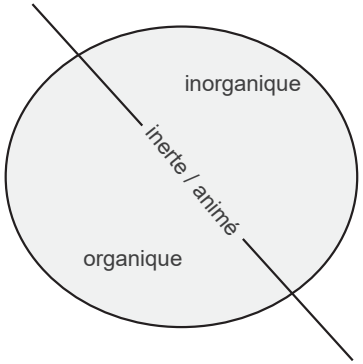
Pour ces corps organiques les masses de droite et de gauche ne sont nullement réparties de façon parfaitement égale, les contours extérieurs sont chantournés et n'apparaissent pas aux yeux comme une forme close. Telle est la première impression. Mais si l'on regarde de plus près, on s'aperçoit progressivement que les lois fondamentales de la cristallisation régissent ces corps organiques bien plus qu'on ne pourrait le penser en les considérant de l'extérieur. Nous découvrons ce fait dans la cellule, dans les cercles annuels, dans la formation des feuilles, voire dans la structure de l'arbre tout entier. - mais de façon dissimulée, masquée, imparfaitement visible. On peut dire la même chose d'un quadrupède : un anatomiste habile peut le découper suivant un axe médian en deux moitiés égales suivant les contours extérieurs. La loi formelle matérielle de la symétrie agit donc ici, mais elle est étouffée par l'influence d'autres lois qui effacent partiellement sa trace.

Pour Riegl, les corps organiques n'échappent donc pas aux lois de la cristallisation mais leur mouvement empêche ces lois de s'exprimer à tous les niveaux.

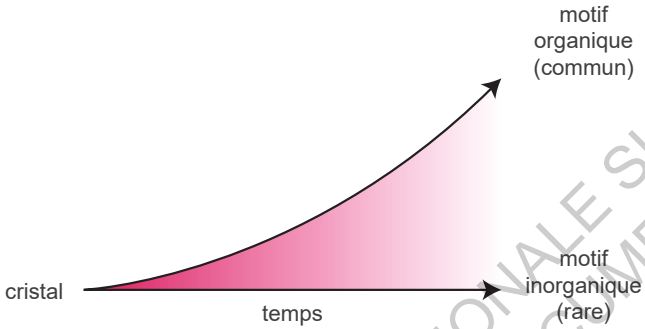
Elles provoquent des déplacements incessants de molécules qui ne peuvent s'organiser en cristaux que lors de certaines pauses lors de leur développement. Ces perturbations s'ajoutent aux perturbations de l'environnement ambiant dans lequel évolue le corps organique.

Il pense donc qu'à la base de toute forme, on doit y retrouver le cristal, plus ou moins étouffé par les lois du mouvement qui ont rendu cette dite forme présente. D'une structure formelle, on passe alors à la constitution d'un motif dont le modèle décrit un cristal plus ou moins transformé.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



structure-formelle des motifs plastiques



structure-motif des motifs plastique

2 Comment retrouve-t-on ce cristal dans les arts plastiques ?

Selon Riegl,

L'homme puise les motifs inorganiques de la masse minérale que l'on désigne aussi comme de la matière inerte. La nature forme des cristaux avec la matière inerte. Ceux-ci constituent des corps délimités par des surfaces qui se rejoignent en formant des angles : ils ont pour particularité une coupure traversant leur axe médian - axe idéal mais toujours présent- qui divise le corps en deux moitiés absolument identiques ; chacune des surfaces limitées peut être divisée en deux moitiés égales. Les caractéristiques des cristaux sont donc les suivantes :

a. surfaces planes se rejoignant en formant des angles

b. symétrie absolue aussi bien stéréométrique, planimétrique et qui, dans certains cas, peut s'étendre à tous les côtés (ainsi dans le polyèdre régulier) ; il n'est pas nécessaire dans ce cas que la coupure passe par l'axe médian linéaire, il suffit qu'elle passe par le centre afin de constituer deux moitiés qui coïncident.

On peut donc voir les règles de symétrie, de composition, de planéarité des formes représentées comme issues de ce cristal, source de chaque forme. Également, la proportionnalité est propre à l'inorganique puisqu'elle dérive du cristal pyramidal, symétrique en tout point sauf dans son rapport entre la base et la tête.

C'est alors que Riegl tente d'expliquer l'évolution des rapports entre ces deux motifs, dépassant la simple dissection formelle

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

de l'analyse d'un courant artistique, il se met à construire une connaissance abstraite inédite par l'observation des faits et la conviction que les œuvres créées impliquent l'ensemble de la culture dont elles font partie. C'est la pensée du Kunstwollen partagée par nombre de ses contemporains comme Panofski, Wind par exemple. Il veut inscrire l'histoire des arts dans le modèle qu'il a constitué. Puisqu'en finalité chaque forme est l'aboutissement d'une transformation de l'inorganique vers l'organique, la forme des arts, doit donc commencer par être un cristal. Ainsi l'art primitif est en quelque sorte selon ce modèle un cristal représentant des formes dépouillées de mouvement.

> *Dans sa compétition avec la nature, l'homme créant à des fins décoratives ou utilitaires ne peut absolument pas avoir envisagé à l'origine une nature autre que la nature inorganique. Mais cela explique aussi la persistance avec laquelle les lois formelles de la nature inorganique (symétrie absolue des surfaces et des lignes) se sont maintenues jusqu'à nos jours dans les créations artistiques des hommes.*

> *Les hommes primitifs créent en effet avec une assurance dont ils n'ont pas conscience des formes inorganiques qui gardent éternellement leur valeur, alors que les peuples civilisés produisent de plus en plus souvent des œuvres organiques qui se démodent souvent très vite.*

Les formes représentées semblent toujours tendre vers une augmentation de la quantité de mouvement au travers du temps historique. Plus une œuvre est récente, plus elle aura dérivé du cristal et moins ses formes inorganiques seront décelables quoi qu'elles soient toujours présentes. Que signifie pour une représentation d'avoir plus ou moins dérivé du cristal?

> *Lorsque l'homme primitif devait reproduire un quadrupède, cette tâche n'était pas liée à un individu déterminé. L'homme avait à reproduire un représentant de l'espèce en question, sans prétendre l'individualiser.*

Selon cette vision, le cristal peut être vu comme le représentant idéal, tandis que sa dérivation tend à l'individualiser (âge, traits singuliers, contexte, mouvement). Plus les formes sont inorganiques, plus elles correspondent à leur propre idéal et moins elles présentent de traits contextuels. Le rapport au contexte d'une forme dans une œuvre peut donc être interprété, aussi bien que l'absence de symétrie (plus flagrante) comme de la nature organique des formes représentées (représentation d'un caractère situationnel = mouvement = organisme). Nous avons soutenu que l'action de reconnaître implique une démarche protoartistique et qu'il s'en faut souvent de peu pour que celle-ci déborde de l'esprit et s'éveille dans la matière (les peintures murales des grottes ornées comme la caverne du pont d'arc ou la grotte de Lascaux en montrent un exemple). Cette part de création dans la reconnaissance des formes participe peut-être ainsi à cette dérivation. Pourtant, bien que globalement Riegl constate une augmentation de la quantité de mouvement, une force contraire semble tirer les formes représentées vers l'inorganisme :

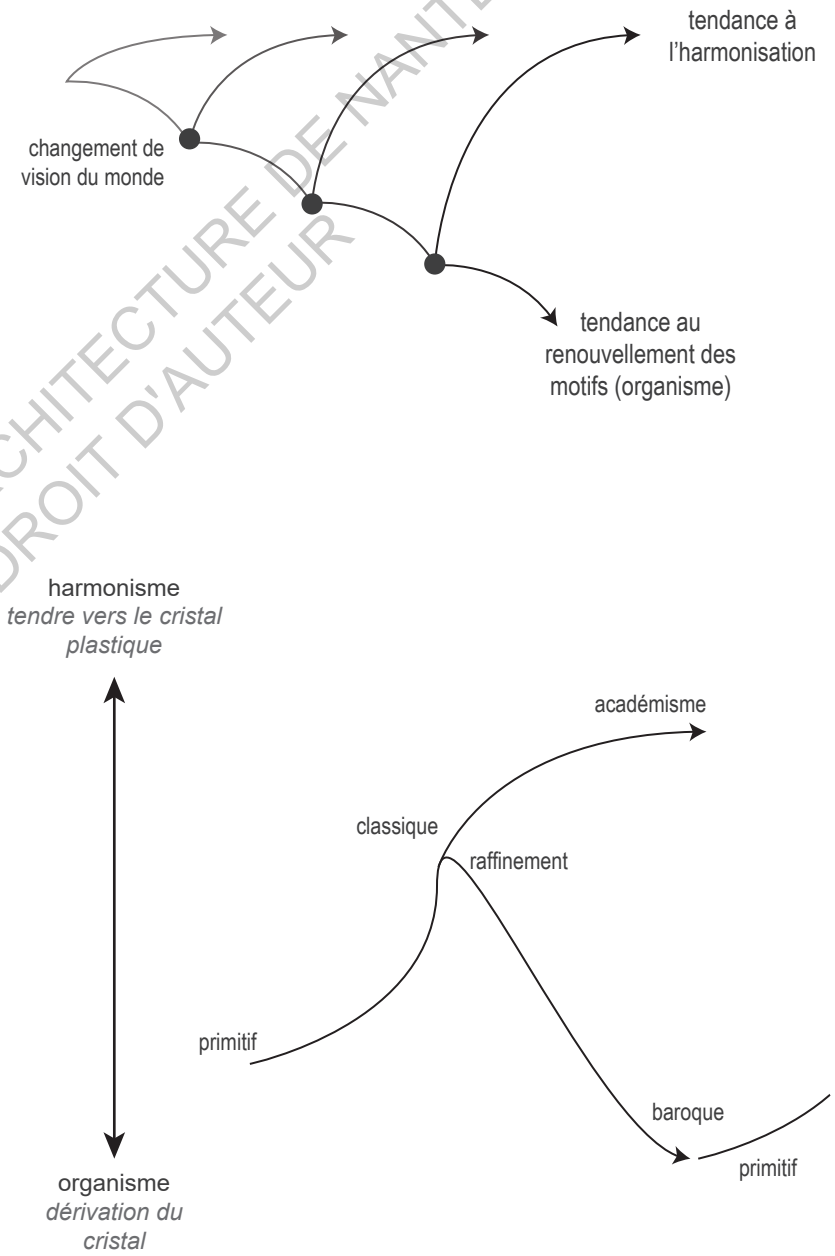
> *A chaque période artistique où dominent les finalités c'est la tradition qui prédomine dans les motifs ornementaux. La source du plaisir que procure l'œuvre d'art dans les périodes à finalités précises ne se trouve pas dans le motif organique en tant que tel, mais dans l'inorganique que l'art a permis de dégager de l'organique.*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

C'est ainsi que les Grecs d'avant Alexandre ont estimé que la fleur de Lotus Égyptienne qu'ils connaissaient par les objets d'importation convenait à leurs fins, mais ils en développèrent l'harmonie conformément à leurs propres goûts pour l'amener à son plus haut degré de perfection.»

On peut peut-être légitimer ce processus (chaque représentation dérive d'un cristal, un idéal formel) grâce premièrement à la faculté de retrouver une forme dans ses traits les plus élémentaires par approximation du réel (nous avons vu que les mécanismes de la perception tendent vers ces idéals formels stables, et reconnaissent une forme à partir d'indices mis en résonnance) pour permettre dans un second temps la mise en place d'un vocabulaire des variations mettant en exergue certaines caractéristiques formelles plus que d'autres (stylisation, harmonisation, valeur tradition d'une forme). "L'inorganique que l'art a permis de dégager de l'organique". A cela s'ajoute la finalité de la représentation visant à reproduire l'apparence fortuite de la nature introduisant ainsi les motifs organiques (puisqu'en nombre plus important) dans la création plastique de l'homme.

Par l'angle des finalités, Riegl juxtapose ainsi deux forces contraires dont les fluctuations font office de motif pour l'histoire des arts plastiques, déterminant sa trajectoire au cours du temps. L'histoire de l'art est décrite comme faite de grands passages d'art harmonisé, traditionnel, classique, interrompu par de brefs passages d'art organique, ce que Henri Focillon traduira trente ans plus tard dans «La vie des formes» en quatre actes par : primitif > classique > raffinement > baroque, où les passages d'art harmonisé font naître des branches d'art baroque coexistantes à leur ancêtre, telle une généalogie des arts plastiques.



Évolution d'un style plastique, interprétation d'après La vie des formes, Henri Focillon

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

La dérivée de la trajectoire entreprise par l'art à un moment donné peut ainsi se voir interprétée comme l'association de trois lois : la première déterminée par les changements de Vision du monde d'une culture :

Loi 1 : L'amélioré, tendra vers l'harmonisme dans un art situé à son apogée (comme la beauté des corps chez les grecs) OU un changement de vision du monde survient (par exemple on accepte le fortuit tel quel pour spiritualiser la nature lors de la mise en place des religions monothéistes) et l'art tend alors vers l'organisme et un renouvellement des motifs.

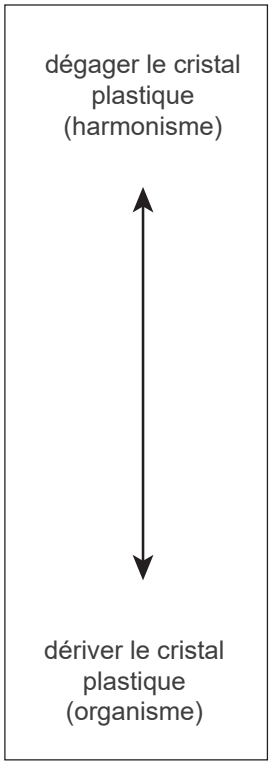
Cette première loi influe sur la seconde : les finalités de l'œuvre d'art préférées par la culture. Ainsi (loi 2) L'art à finalité utilitaire ou décorative tendra vers l'harmonisme. Quoi qu'un contexte précis amène à d'autres finalités et fasse basculer l'œuvre vers un art fin en soi ou à but représentationnel tendant vers plus d'organisme.

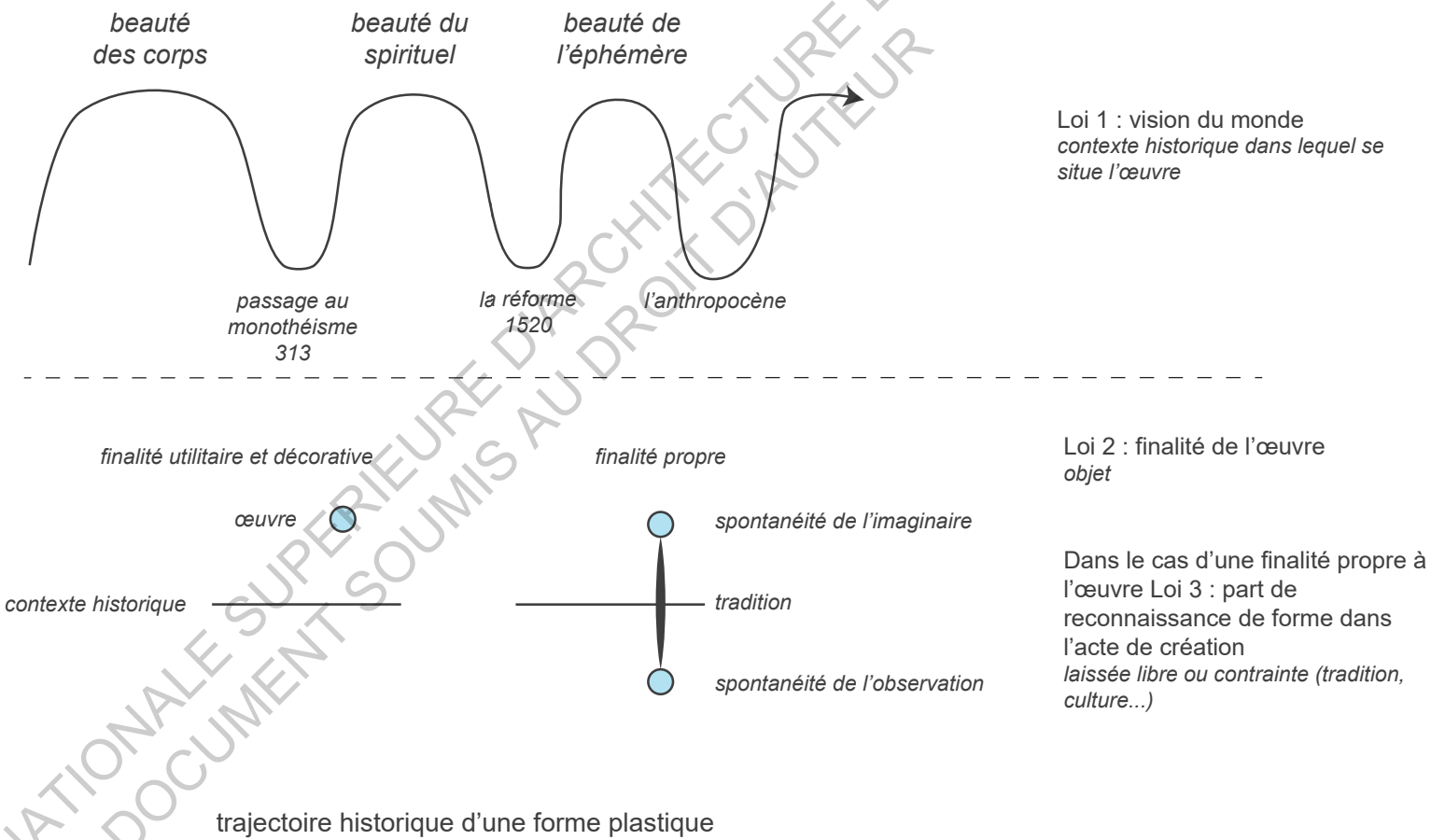
La troisième résulte d'un processus spontané inhérent aux mécanismes de la perception et ainsi peut amorcer ou non un contre courant artistique de la propre volonté de l'artiste (comment souhaite-t-il voir les choses?)

Loi 3 : L'art traité dans un esprit de tradition tendra vers l'Harmonisme OU celui traité dans un esprit d'observation tendra vers l'organisme

Dans la lignée du travail de Riegl, nous pourrions désormais construire notre propre modèle et observer quelles sont les transformations qui nous permettent de passer de l'un à l'autre. La continuité historique des arts plastiques se trouvant être le reflet direct de notre vision du monde, on peut donc aussi se dire, non pas que les représentations de formes soient issues des motifs organiques ou inorganiques de la nature mais qu'elles constituent des projections de nos structures formelles ayant plus ou moins dérivé des structures motifs que la nature nous donne à voir. Ce sera l'objet de notre conclusion.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR





Loi 1 : vision du monde
contexte historique dans lequel se situe l'œuvre

Loi 2 : finalité de l'œuvre
objet

Dans le cas d'une finalité propre à l'œuvre Loi 3 : part de reconnaissance de forme dans l'acte de création
laissée libre ou contrainte (tradition, culture...)

trajectoire historique d'une forme plastique

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

CONCLUSION EXPÉRIMENTALE

I Synthèse des thèmes abordés

Nous avons donc soutenu que les multiples facettes de ce qui se cache derrière la question “qu’est-ce que reconnaître une forme?” pouvaient être discutées autour de deux complexités.

La première, Continu/Discret, nous montre que lorsqu’une forme est reconnue, c’est comme si elle venait soudainement recouvrir une chose (qui se présente devant nous) de fragments discrets qui la composent, “arrachés” à une réalité continue. De surfaces partielles, composantes, ou de “tâches” sensorielles nous construisons ainsi des formes dont on pourra faire appel lorsqu’on en verra à nouveau les traits. Ainsi ce recouvrement nous signale qu’un artefact s’est glissé dans la transition qui s’opère entre ce que nous voyons et ce que nous reconnaissons. Une rupture entre la réalité et la représentation se manifeste, mais une rupture qui par sa complexité n’a pas pour but de nous rendre aveugles, car bien au contraire, elle nous éclaire. Mêlant le continu au discret, chaque forme, bien que conçue comme presque toujours quelque chose de limité, se révèle au travers

d'apparences multiples dont le passage de l'une à l'autre n'est jamais un saut, n'est jamais brutal mais progressif.

La seconde, Idéal/Relatif, propose que les formes tiennent de l'équilibre instable de systèmes dynamiques et de l'approximation qu'on en fait. Cet équilibre né de la nécessité d'approximer le réel, fait de nos esprits une fabrique d'idéals d'existences, d'idéals des choses. C'est en revanche relativement à chaque situation qu'une chose se manifeste, ainsi c'est par une somme d'apparences relatives que se construit une forme idéale. La matière de ces situations en est l'ordre, ordre qui nous provient de deux sources : émergent de la nature qui le produit innocemment (motif) et, de la pensée au travers de la construction du percept (formes). Aussi, bien que chaque chose représentée soit nécessairement forme puisque traitée par la pensée, nous retrouvons cette brèche entre la réalité et la représentation dès qu'alors on tentera (et c'est systématique selon Riegl) de se rapprocher de la chose précédant la forme plutôt que de représenter cette dernière en elle-même. Peut-être est-ce la lumière qui se dépose sur les visages alors rougis qu'on reconnaît d'un clair-obscur plus que les visages en eux mêmes tandis que cette nouvelle lumière participe a consolider l'idéal qu'on se fait de la forme "visage" mais aussi du style clair-obscur.

Après ce bref récapitulatif thématique, nous tenterons d'aborder la thèse de Riegl et observer les glissements qu'opèrent les formes de représentation d'une trajectoire historique à l'autre par cette question :

Comment peut-on réinterpréter la "dichotomie" Organique/Inorganique au travers du phénomène de rupture entre une structure formelle et la structure motif dont elle dérive? Gardons à l'esprit qu'esquisser la trajectoire prise par l'histoire des arts plastiques est aussi soumis à cette précédente question. Ainsi il faut prendre en compte le moment où les artistes représentent la vision du monde qui leur est actuelle (disons que cette structure

sera motif) et le moment où l'observateur qui les regarde au travers d'une œuvre, les regarde également avec sa vision du monde (avec une structure formelle). Autrement dit, le concept d'histoire se soucie de comprendre comment les faits passés permettent de comprendre les faits présents. Comment a-t-on dérivé jusqu'ici, comment en est-on arrivés là? La solution est forcément datée :

> *"Entre ces deux pôles se déroule toue l'évolution de la production artistique de l'humanité, du passé le plus lointain à nos jours."*

Dans cet extrait, Riegl postule bien que son histoire des arts plastiques se situe entre deux bornes, deux polarités ; elle décrit une transition, le passage d'un état passé à un état contemporain. Par conséquent, le point de vue qu'on adoptera sur l'état contemporain détermine cette trajectoire.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

II Esquisser la trajectoire

1 Quelle est notre nouvelle polarité ?

Étant nous-mêmes sujets de notre observation, il est forcément difficile et dangereux de répondre affirmativement à cette question. Cependant, des postulats émis à la fin du XXème qui me paraissent toujours valides et résistent au temps long, pourraient, au moins, nous servir d'indices. Nous retiendrons particulièrement ces derniers :

> *"Expulsés de l'univers restreint et amical dans lequel les générations antérieures se sont mues avec une confiance engendrée par la familiarité, nous sommes contraints aujourd'hui de faire face à une gamme accrue d'événements dans un monde vaste, étranger et redéfini."*
>
> Gyorgy Kepes

> *"Pendant ce siècle, l'attention des savants s'est déplacée du simple vers le complexe, avec pour conséquence qu'une conception moderne de la structure remplace, pour certains objectifs, les anciennes conceptions de l'atomisme et de la forme."*
>
> Lancelot Whyte

Un monde étranger remplace la familiarité alors qu'en parallèle "les conceptions modernes de la structure" (comprenons là la systémique) remplace un monde atomique (composé et formel). Partout, les modes de faire, d'organisation sociale, d'outillage, d'étude des topos tels que le biotope ou les milieux urbains se décrivent par la modélisation systémique de leur fonctionnement. Les réseaux sociaux s'enrichissent chaque jour d'interactions entre individus et nous sommes de plus en plus décrits par ce qui n'est pas nous mais par ces interactions. Que définit cette notion de réseau? Selon Pierre Musso "*Le réseau est un objet multidimensionnel, un mot fétiche. Il est devenu une forme dominante de la pensée contemporaine».*"[1]

Or, le réseau trouve une symbolique particulièrement intéressante, chez Gilbert Durand dans les structures anthropologiques de l'imaginaire : " *le tissu comme le fil est d'abord un lien, mais il est aussi liaison rassurante, il est symbole de continuité, surdéterminé dans l'inconscient collectif par la technique "circulaire" ou rythmique de sa production. Le tissu est ce qui s'oppose à la discontinuité, à la déchirure comme à la rupture. Voyons là "une intimité symbolique entre le réseau et le cercle*."

On à pu à l'instar de l'évolution des espèces, imaginer l'évolution de l'art telle que «*Chaque œuvre constitue un maillon dans une chaîne de faits artistiques.*»[2] Mais ce fait est-il toujours envisageable? Voilà que suivant notre point de vu concentré sur le réseau, cette notion devient discutable puisque aujourd'hui tout particulièrement, d'une part, certaines œuvres qui témoignent autant de ce qu'est l'Art que des œuvres connues

1 Musso Pierre. «La symbolique du réseau.» In: Quaderni, n°38, Printemps 1999. Politique symbolique et communication. p. 69-98. «www.persee.fr/doc/quad_0987-1381_1999_num_38_1_1396»

2 Zerner, l'Histoire de l'art d'Aloïs Riegl, dans Écrire l'histoire de l'art, p.40

n'ont pas d'influence ou restent cachées tandis que d'autres ne se raccrochent pas systématiquement à des faits artistiques mais peuvent émerger purement d'un domaine à priori indifférent à l'art. Ainsi la science nous étonne chaque jour de ses représentations dont la finalité n'est ni artistique, ni décorative encore moins utilitaire, mais apparaît ci et là des instruments de mesure qui dépassent le champ de sensibilité d'un être humain

Si nous envisageons dès lors, la trajectoire de l'histoire de l'art comme une transformation continue de la configuration d'un réseau sous-jacent plutôt que de la transformation de l'art lui même, des œuvres émergent, et bien qu'il n'est pas exclu qu'une œuvre en influence d'autres, c'est premièrement la configuration de ce réseau qui va permettre ou non l'émergence de telle forme d'art plutôt qu'une autre. Métaphoriquement l'histoire de l'art se dessinerait telle une chaîne volcanique dont nous ne pourrions percevoir que les îles submergeant l'océan. Les points que forment les îles n'influencent pas la chaîne mais manifestent cependant de la trajectoire d'une plaque tectonique, d'un système qui se transforme lentement.

2 Transcription

Le regard que nous portons sur les arts plastiques aujourd'hui semble de plus en plus difficile à décrire en les même termes que ceux qu'employait Riegl à une époque où représenter le reconnaissable était encore une condition nécessaire pour définir l'œuvre d'art. Ainsi les arts les plus abstraits tels que l'architecture ou la musique se sont raccrochées à un répertoire de formes devenues rapidement symboliques afin de concrétiser l'abstraction mathématique d'une fréquence sonore où d'un rapport de proportion pour élever ces créations au rang d'œuvres artistiques. Il n'y avait que de l'art reconnaissable. Comment aujourd'hui parler de motifs organiques ou inorganiques dans

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

des œuvres telles que musicales, performatives, filmiques ou encore interactives, collaboratives, biologiques, aléatoires, scientifiques… Heureusement, Riegl ne nous a pas laissé sans indices car les limites de ce qu'il nomme organique ou inorganique ne se bornent pas toujours à la stricte première apparence des choses. Par exemple, il interprète le fait que des hommes peints en train de planer "naturellement" dans les airs comme un motif inorganique du fait que ce vol est idéalisé (un homme ne vole pas). L'inorganique ne se limite pas à l'apparence symétrique et cristalline des formes, comme l'organique n'est pas uniquement fait de courbes ou de phénomènes rappelant l'être vivant. Cependant, il nous faut dépasser, actualiser, cette pensée afin qu'elle puisse s'exprimer pleinement dans notre vision du monde. Si Riegl prône une progression constante de l'art vers ce que la nature à d'organique, ce phénomène ne se vérifie plus par les motifs plastiques aujourd'hui mais dans un rapprochement croissant de la structure entre les arts et les sciences. Voici le pari que nous ferons ici : l'histoire des arts plastiques ne serait finalement qu'un rapprochement constant entre les structures formelles et les structures motifs qui se dessine par la disparition progressive des ruptures qui marquent le passage de l'une à l'autre, dans l'observation de la nature, d'une part, et dans l'acte de création d'autre part.

Nous pouvons ainsi transposer les motifs de Riegl dans un système considérant les idées que nous avons développé sur la structure. (liste non exhaustive et limitée aux arts visuels à visée représentative)

Les motifs inorganiques comprennent :

La forme objective : composée de surfaces partielles (un cylindre peut-être ainsi vu comme un prisme à multiples côtés)

La symétrie apparente et de composition

La rigidité du trait

La netteté et la présence renforcée du contour

La grâce et les critères esthétiques révélés par la proportion

Le vrai au sens de ce que l'on peut toucher

La vue en plan, l'élévation ou le profil pour les figures (afin d'éviter les raccourcis perspective)

L'absence de fond (la forme exprime son droit du plus fort)

Une coloration uniforme des couleurs complémentaires

Synthétiquement, ces critères se rapprochent de la forme idéalisée, sortie de son contexte. On représente la forme qu'on se fait d'un objet par cette même forme. Elle parle au langage et à l'extrême on y trouvera un art purement codifié tel que les symboles d'un écrit ou la manifestation des mathématiques dans la création (l'architecture est ainsi vu par Riegl un des derniers bastions de l'inorganisme jamais atteint par l'organisme). Nous rapprocherons donc l'inorganique de ce qui peut se rapporter à la structure formelle des choses. Bien entendu cette structure est subjective, propre à l'observateur. Il y a autant de structures formelles pour une forme que d'individus qui savent la reconnaître.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Les motifs organiques comprennent :

La forme subjective : où les surfaces partielles se fondent donnant l'illusion d'une seule surface. (un cylindre peut être vu comme une seule surface dont deux bords se joignent)

La souplesse

La manifestation de la laideur dans ce qui est fortuit (la représentation d'une imperfection du visage dans un portrait par exemple)

La tendance à l'individualisation des figures (due aux détails fortuits)

Le mouvement dans ce qu'il à d'éphémère

La mosaïque

La courbe libre et le trait ébauché

La réalité en tant qu'illusion (non tactile)

Le chevauchement des formes

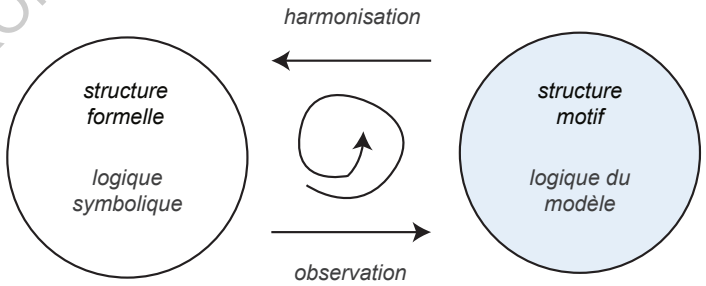
La lumière et l'ombrage

Le raccourci de perspective

Par opposition ces critères font appel à tout ce qui peut mener à une forme sans parler d'elle. Autrement-dit ils portent une importance première sur les caractères situationnels d'une forme. Son point de vu, la géométrie englobante, la lumière, le contexte... Ses situations extérieures font varier une forme et donc sans être elle, parlent d'elle, en nous en offrant un nouvel exemple qui consolide l'idée inorganique de ce qu'est cette forme. C'est ainsi que Riegl parlera de l'ère chrétienne comme tendant vers les motifs organiques car elle ne s'intéresse qu'à l'esprit surnaturel qui donne force à la nature. Ne pouvant pas être représentée par la beauté formelle des corps humains tel que le firent les Grecs, on cherche à décrire cette sur-nature au travers d'allégories, en noyant la forme dans le fond ou encore en imposant une harmonie des couleurs. C'est donc à la structure motif que l'on peut rapprocher l'organique, à cette

première émergence d'ordre dans la nature et vers laquelle nous tendons par l'observation mais sans jamais l'atteindre car cette même observation est productrice de formes, donc de structures formelles. Chacune des composantes des motifs organiques doit être source d'un motif inorganique.

Il semble donc il y avoir une sorte de décalage global des représentations de la vision du monde qui tend vers l'observation de plus en plus fine des mécanismes sous-jacents aux formes tandis que ce décalage implique l'augmentation du répertoire de formes connues donc un accroissement de l'harmonisation et de la logique des symboles.



Chaque œuvre manifeste un effet rétro-actif du système "art plastiques" : elle est en soi un vocabulaire à part entière qui tend à s'harmoniser et une question sur le monde qui tend à dériver son langage. La finalité oriente bien entendu l'effet de ces deux forces créatrices mais en tout point la question restera finalement : qu'est-ce qui est reconnaissable (dialectique entre œuvre et spectateur) et qu'est ce qui veut être reconnu (intentions artistiques).

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

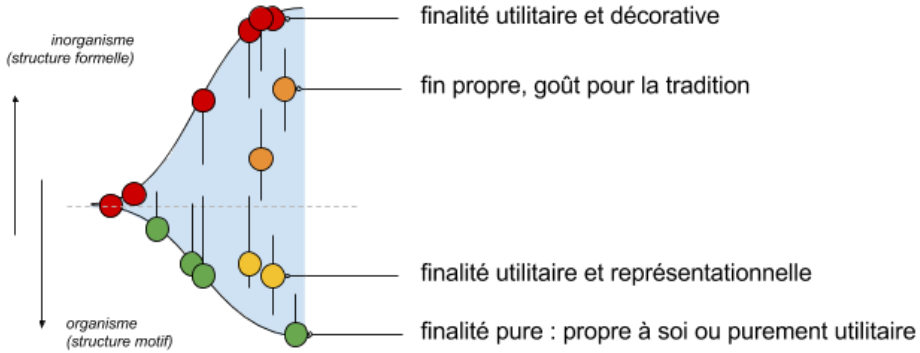
De même que Riegl propose un “progrès constant et irréversible de l’art” conduisant les formes représentées à se doter de motifs organiques, il semble donc que nous tendons vers une disparition progressive des ruptures. Notons maintenant que des deux sources d’où l’ordre nous parvient, celle qui émerge de la nature (structure motif) ne peut présenter de ruptures puisque elle se manifeste d’elle même (elle ne se représente pas). Tandis que la seconde, celle qui émerge de la pensée (structure formelle) en est remplie. Le fait que la forme d’arbre que nous avons en tête à pour utilité de représenter des milliers d’exemples d’autres arbres, prouve qu’elle est forcément plus ou moins en rupture avec chacun de ces exemples même dans le cas où elle ne serait issue que d’exemples d’arbres qui se présentent donc non représentatifs, autrement dit, exempts de ruptures. A mi-chemin, l’analogie (la photographie par exemple), telle que la mesure scientifique ou la nature vue comme art en soi même si elle ne tire sa raison que de sa conformité avec le réel conserve tout de même une rupture avec la réalité puisqu’elle n’est qu’échantillon, fragment. Les structures-motif sont inatteignables.

Comme nous l’avons soutenu tout au long de ce mémoire, il semble que l’action de représenter une forme est indissociable de la manière dont on la reconnaît ou de la façon dont on souhaite la rendre reconnaissable. Du point de vue du créateur, il s’agit donc de travailler une matière en sorte que la forme qu’il a à l’esprit vienne y prendre corps. Or, si la forme dans l’esprit est componentielle et dégagée des propriétés qu’une situation peut lui conférer (elle est un représentant idéal d’une catégorie d’objets), elle est extraite d’une chose issue d’un ensemble continu et qui ne présente que des caractères dus à sa situation. L’enjeu pour l’artiste semble donc se situer au niveau des ruptures inévitables qui se produiront lors de l’acte de création, souhaitées ou perçues comme un mal nécessaire suivant la vision

du monde du moment, la finalité de l’œuvre ou sa spontanéité. Ces ruptures peuvent provenir de la composition de la forme, du rendu de la lumière ou bien des contraintes techniques du support par exemple.

A une fin utilitaire et représentationnelle, une forme reconnaissable doit présenter les aspects qui faisant appel à la sémantique nous permettent d’identifier la chose pouvant probablement appartenir à la forme (rappelons nous du cerveau bayésien), tandis qu’à une fin utilitaire et décorative, elle doit donner l’exemple d’un groupe de chose et tendre à conforter l’idée d’un style. Au contraire, si l’œuvre à une fin propre, elle ne cherche pas à rendre une chose reconnaissable mais plutôt à la montrer sous l’un de ses aspects. Du point de vue des finalités, une finalité utilitaire et décorative présentera et tendra vers la valorisation des ruptures encore en place dans le stade évolutif de l’art tandis qu’une finalité propre à l’œuvre tentera de les faire disparaître et manifestera d’un élan vers un art évoluant. Par ailleurs, une fin utilitaire mais représentationnelle ou une fin en soi mais dans un esprit de tradition manifestent de la continuité historique de chaque vocabulaire formel.

La trajectoire est alors plutôt bi-dimensionnelle, il faudrait l’interpréter comme une surface qui s’étend de part et d’autre bornée par l’art produit à des fins décoratives et l’art produit à ses propres fins.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

La question reste aujourd'hui de déterminer ce qui dans l'œuvre d'art tient de la structure motif et ce qui tient de la structure formelle.

Zerner explique qu'André Malraux utilise la photographie pour «*mettre en rapprochement des œuvres dont il est difficile de percevoir le dénominateur commun tant qu'elles conservent toutes leurs propriétés. L'intérêt de la photographie est de les débarrasser de leur couleur, de leur volume, de leur contexte, de leur taille...*» Par la manipulation photographique, André Malraux tente de nouveaux rapports entre des œuvres débarrassées de leur structure-motif. Il cherche à n'en garder que la structure formelle. On pourrait dire qu'il est à la recherche du cristal plastique de chaque sculpture qu'il étudie. Trouver ce qu'il y a de formel semble envisageable mais comment pourrait-on voir au contraire une forme plastique débarrassée d'elle même en ne s'intéressant qu'à sa structure motif?

Selon Zerner, même les constituants techniques d'une œuvre d'art sont propices à faire un pas vers le langage. La structure formelle d'une œuvre se niche ainsi dans ses éléments les plus techniques (Langage de la photographie, de la bande dessinée, d'une interface utilisateur).[3]

Ne désespérons pas! "*En sculpture, la surface peut être la surface naturelle d'un objet mais c'est généralement un découpage dans un bloc de matériau qui a une structure*

3 Voilà la situation dans laquelle nous nous trouvons : «Schapiro avait déjà entrepris une étude de l'art comme système de signes dans un article fondamental "on some problems in the semiotics of art : field and vehicle in image signs". Il y attirait l'attention sur certains éléments essentiels de l'art qui passent souvent inaperçus, comme la surface lisse du tableau, les limites du champs pictural, le cadre, l'opposition entre les parties de gauches et droite de l'image et entre le haut et le bas. Il montrait que ces éléments apparaissaient d'abord comme des innovations, puis sont adoptés dans la pratique artistique et peuvent se charger de toutes sortes de signification (par exemple à gauche le mal et à droite le bien).» Henri Zerner, Écrire l'histoire de l'art, «Meyer Schapiro, maître ès arts», p.92

tridimensionnelle, et elle révèle une texture de surface possédant ses propres qualités esthétiques. Les sections sont subtilement différentes des mêmes structures lorsqu'elles sont formées contre une surface réelle."[4] Dans cet exemple de Cyril Stanley Smith (Structure, Substructure, Superstructure), la structure tridimensionnelle fait figure, elle est formelle tandis que la structure du matériau dans laquelle elle est taillée faisant qualité d'aspect est motif. Cependant cette structure dimensionnelle est aussi motif dans le sens ou le matériau à permis son existence tandis qu'on verra que l'aspect lisse et granuleux peut symboliser le caractère amélioré ou enlaidi de la figure, participant ainsi à la structure formelle de cette dernière.

Ainsi, lorsque Riegl parle d'organisme et d'inorganisme, il peut très bien le faire d'un point de vu formel (procédé de représentation, organisation de l'ensemble des motifs que recueille l'histoire des arts) et d'un point de vu morphogénétique (chose représentée). Par exemple, lorsqu'il parle de l'arrondi.

> *«durant l'ancienne Egypte, l'art se concentrait autant que possible sur les formes inorganiques et n'avait que peu d'intérêt pour les motifs organiques tels que les courbes ou encore le mouvement».*

Pourtant certaines colonnes égyptiennes sont cylindriques et ce n'est pas l'unique motif présentant des courbes à cette période. Riegl n'esquive pas le sujet, il dira d'ailleurs que «*Très tôt, le style géométrique présente des cercles et les céramiques les plus anciennes ont des formes rondes à l'époque la plus reculée de l'art égyptien.*» Comment expliquer cette contradiction? Classant l'arrondi comme un motif organique utilisé comme un mal nécessaire, il y voit ici la raison pour laquelle on a pendant très longtemps osé appliquer l'arrondi qu'à de petits

4 Dans la structure dans les arts et dans les sciences, sous la direction de Gyorgy Kepes

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

objets d'usage courant, mais jamais au mobilier ni même à des bâtiments. A ces fins utilitaires et décoratives (mobilier, glyphe, pièce d'architecture) le motif de l'arrondi est certes organique puisque il représente les lois organisatrices (lois du mouvement) qui ont mené à son existence (il est là à des fins de représentations dit Riegl). En revanche la forme de l'arrondi est inorganique car approximée par les symétries, la netteté du contour, des rapports de proportion idéalisés, voir une symbolique qui lui est attachée. Voilà l'exemple d'un glissement d'une structure motif à une structure-formelle comme il semble s'en produire constamment dans l'art. Riegl nous dit en effet qu'on peut «*produire un objet d'usage courant, comme par exemple un vase, suivant des principes purement harmoniques* [on retrouve la symétrie ainsi que la proportion dans le vase] *sans susciter le moindre souvenir d'une chose de la nature organique»*. Ainsi stylisée, la forme troque des qualités organiques du motif d'où elle vient contre des qualités inorganiques du style dans lequel elle va prendre place.

> *"Les éléments organiques arrondis et mobiles ne sont donnés que dans la mesure où ils sont indispensables pour préciser la fonction idéelle, en revanche les éléments inorganiques, clos et symétriques sont renforcés à l'extrême, aussi loin que cela est possible sans effacer complètement la signification organique fondamentale du motif. La symétrie et un traitement compact des surfaces permettent ainsi de transférer le mouvement organique en une harmonie inorganique." p.68*

A partir de ce moment là, la structure formelle aura d'autant plus d'importance qu'elle se trouvera en décalage (en rupture) avec le motif organique d'où elle provient tout en restant reconnaissable. Ainsi c'est par récurrence de la représentation

d'une même forme au cours de l'évolution d'un style que le décalage se produit. Mais nous verrons maintenant qu'à contre courant, chaque déstabilisation du système "art plastiques" au cours de l'histoire vise à faire disparaître progressivement les ruptures qui sont la source de ces décalages.

3 Brève réactualisation de l'histoire de l'art selon Riegl

> *«Aussi longtemps que l'homme resta aveugle et ignorant face aux puissances de la nature et aux lois qui les régissaient, il fut parfaitement indépendant à l'égard de cette nature dont il était l'égal dans l'art. Il appliquait certes les mêmes lois qu'elle lorsqu'il utilisait la matière inerte, mais il créait des œuvres vraiment nouvelles dont il ne devait le modèle à aucune autre créature organique.» p.118*

Égypte : L'art est en général extrêmement inorganique et les choses sont représentées dans la mesure où elles peuvent correspondre à la sphère du toucher, c'est à dire que la forme sera d'autant plus valide qu'elle rendra compte des effets qu'elle produit lorsqu'on la reconnaît en la touchant. Par conséquent les formes se retrouvent comme aplaties, la lumière n'a pas d'importance, le mouvement est laissé au spectateur et pas à la forme. C'est la pure structure formelle qui s'exprime au détriment de ce qui motive la forme. Ce qui est représenté ce sont ces pointillés, ces formes calmes issues de l'équilibre présent dans la nature. On voit dès lors facilement, comment les égyptiens ont pu utiliser massivement ces formes sûres comme un vocabulaire en renforçant toujours plus ces traits que Riegl appel inorganiques. Étant indépendants des formes de la nature (ils n'étaient sachant que de peu de processus naturels

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

comparativement à notre époque), ils ont ainsi ouvert là, une maîtrise de la représentation en rupture quasi-totale avec la réalité mais qui semblait plus valide à l'époque car partagée.

Art grec : On trouve là une première disparition de rupture dans le fait que les grecs ont su mêler les caractéristiques organiques de formes dans des œuvres inorganiques. S'intéressant aux particularités de la morphogenèse des corps, les grecs prennent de la distance avec les formes en proposant l'idée que les proportions et les rapports sont des éléments déjà présents en la chose, donc en amont de la forme. Alors que précédemment les égyptiens ne puisaient pas plus d'organique que nécessaire dans les structures motif pour construire leur formes, les grecs se sont permis d'en abonder dès lors qu'ils admirent le fait que la structure motif est aussi composée d'invariants propres au motif inorganique (les plans de symétrie d'un corps, ses postures d'équilibre…). Cette conception géométrique de la nature (sans rappeler les cinq polyèdres de Platon) permet alors de représenter les formes par des motifs organiques sans que ceux-ci ne soient perçus comme tels car ils peuvent à présent être organisés par une structure de nature inorganique. Les courbes des plis d'un visage sculpté se retrouvent au service d'une structure qui manifeste bien ce que la forme à d'idéal par sa composition, sa symétrie, ses rapports, sa perfection surfacique. En parallèle, n'oublions pas que cet accroissement du répertoire de motifs utilisés par l'art grec à pour effet rétro-actif de contextualiser les objets dans des ensembles plus vastes. C'est ainsi qu'une seconde rupture disparaît : la forme n'est plus représentée de façon isolée mais s'accompagne de formes annexes qui enrichissent sa description. Au delà d'être en déclin avec le style de son époque, l'art grec d'après Alexandre montre ainsi des artistes explorant en permanence la puissance qu'ont les formes à parler d'elles mêmes. Ainsi cèdent petit à petit les ruptures

(contextualisation, texture, fond, lumière, ombrage) aussi bien qu'en parallèle, chaque œuvre participant à conforter l'idée d'un style, tend à renforcer ces ruptures par l'harmonisation, la tradition, la récurrence de la représentation d'une forme. Riegl annonce alors la deuxième grande période :

> *« le pressentiment du spirituel dans la nature commença à ébranler son sentiment de domination dont il était si sûr jusqu'à ce moment. Des représentations spirituelles l'incitèrent à recréer des motifs organiques et c'est ainsi que l'homme se trouva pour la première fois dans la dépendance de la nature. Il se sentait néanmoins encore supérieur à elle et produisait des œuvres organiques améliorées chaque fois qu'il créait. »*

Art chrétien :

Art romain, Art de l'islam, Art Byzantin : Afin de pouvoir assurer sa pérennité, le monothéisme à du créer rapidement une séparation nette entre art profane et art religieux permettant selon Riegl de construire un système de motifs propre à ses fins et indépendant d'un art païen. Or, le monothéisme, qui propose qu'une seule et même force surnaturelle soit à l'origine de chaque chose marque une évolution de la pensée significative car elle laisse à l'art la possibilité d'exprimer ce qui est subjectif, ce qui n'est pas vu mais ressenti. En effet, si cette force est sur-nature, sa représentation ne pourra pas se faire par des formes naturelles et bien qu'une œuvre antérieure puisse produire chez le spectateur un certain effet subjectif, il faut comprendre qu'elle n'a pas été produite en vue de représenter cet effet tandis qu'à l'effondrement de l'empire romain, l'idée qu'une représentation signifie forcement la chose reconnue commence à disparaître. C'est à dire qu'on se permet intentionnellement de représenter des formes qui ne montrent pas ce qu'elles sont (d'apparence).

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Une troisième rupture disparaît alors par la volonté de représenter ce qui est invisible, de faire passer une forme pour une autre. On réprime la structure formelle (autant la forme que ses surfaces subjectives) au profit de la force sous-jacente qui organise les apparences. Toutefois on a au départ largement recours aux éléments non artistiques pour se faire comprendre comme la légende, ou une grande place donnée à l'inscription. La forme perd ainsi de l'importance au profit de l'esprit. Par exemple, l'importance donnée au fond, en prolongement de ce qui se faisait déjà pendant l'art d'après Alexandre, montre une composition qui place la forme dans un bain de couleurs et de détails d'autres formes lui faisant perdre de son pouvoir mais se décrit par la même occasion de plus en plus par son contexte.

Par ailleurs l'apparition de l'enlaidissement volontaire d'une figure est un véritable progrès. Une autre rupture disparaît ici par le refus de se plier à ce que les formes idéalisent toujours d'une chose. L'apparition et la mise en exergue des détails montre une volonté de se rapprocher plus de la chose représentée dans son apparition fortuite en tant qu'œuvre de dieu plus que de sa forme présente de façon culturelle dans l'esprit.

Riegl dira : «*L'aspect grossier des formes du romain tardif n'est en fait rien d'autre que la "vision éloignée", de même que dans leur laideur nous n'avions reconnu rien d'autre que de l'organisme.»* Cette mise en place globale de la vision éloignée dans l'art Romain tardif montre bien un mouvement de recul par rapport à ce qu'est la forme en soi et ainsi une disparition de rupture : la forme est de moins en moins isolée, de plus en plus mise en contexte avec d'autres éléments, qui servent aussi à parler d'elle.

Un mouvement organique prend place (enlaidissement, fond, surface subjective) pourtant controversé par le fait qu'en parallèle les Byzantins ou l'art de l'islam ont eu «*un plaisir certain à recourir à l'inorganique*». Mais c'est justement ce

point historique qui fournira un bel exemple de la façon dont la configuration du système "art plastique" à ce moment (on passe du polythéisme au monothéisme) à pu faire émerger des représentations plus proches du motif que de la forme (donc de nouveau "motifs organiques") qu'elles fussent organiques ou inorganiques (comme dans les arts byzantins ou les arts de l'islam qui prennent le pli sans pour autant lâcher totalement leur héritage grec). Les faïences de l'art de l'Islam peuvent ainsi être vues comme un recours à l'inorganique par la symétrie portée à l'extrême et la géométrie rigide de l'entrelac ou alors vues comme une exemplification d'une règle sous-jacente et surnaturelle qui commande le tout, elles deviennent à mon sens des motifs organiques puisque représentatives d'une structure-motif plus que d'une structure formelle.

Apogée de l'art monothéiste : Art germain et Italie :

Avec Giotto (Italie), l'allégorie permet enfin de faire sauter définitivement le verrou entre la forme et la chose. Ce que la chose peut manifester d'invisible ne trouvait alors de forme que dans le langage. L'invisible n'était pas idéalisable par une forme avant le moyen-age qui parvint pour la première fois à mêler une signification propre à une forme dont elle n'est pas forcément l'égal de sorte que la forme représentée n'est pas la forme de l'œuvre. Dans l'art germanique, on retrouve ce même phénomène (créer une forme qui ne montre pas la forme) chez les Hollandais dans l'idée de représenter le passé par des scènes contemporaines mais aussi avec le Gothique.[5]

5 "Nous avons appris d'une même façon à comprendre que dans l'édifice sacré gothique, c'est en premier lieu le message tectonique qui suggère sa signification mystique. Ce qui est visible émeut le spectateur par l'intensité de sa démonstration et apparaît immédiatement compréhensible à celui qui s'abandonne, même si ce qui se joue dans l'ombre des piliers, des colonnes et des nervures peut être très différent de ce qui se passe apparemment." , Eduard F. Sekler, «Structure construction et architectonique», dans la structure dans les arts et dans les sciences, sous la direction

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENTS SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Or nous n'aurions peut-être pas pu envisager les courants artistiques qui suivent si l'art du moyen-âge n'avait pas fait disparaître cette conformité entre forme représentée et forme servant la représentation ou autrement dit, la volonté de représenter une force surnaturelle informe a permis d'admettre la non conformité entre structure-formelle et structure motif. Ce ne sera cependant compris que bien plus tard, au début de l'art moderne, où une véritable syntaxe de l'art se met en place. Ainsi, de la même façon qu'on pourrait voir dans l'art du moyen-âge un "retour en arrière", la période de la Renaissance peut être vue comme une perte pour l'art dans le sens où l'on s'est moins intéressé à l'invisible en tant que sur-nature. Riegl, la place d'ailleurs dans une phase déclinante. Voulant se séparer de la nécessité de représenter ce dieu invisible, ils ont abandonné avec lui le principe de non conformité. En effet, la période renaissance se base sur une conception scientifique de la nature : le fortuit doit l'emporter sur le spirituel. Ceci se traduit dans le traitement par une soumission des surfaces au service de la forme. Par la séparation de l'art profane et de l'art sacré, une nouvelle rupture disparaît entre structure motif et structure formelle : La structure motif avant perçue comme indépendante de la structure formelle, se voit maintenant élevée au rang de composante de la forme au travers de l'étude de l'anatomie et des mécanismes physiques. Elle est perçue comme sous-jacente à la forme, et on y voit aucun problème à la révéler. La structure-motif est au service d'elle, tel un rouage au service du mécanisme.[6]

C'est ainsi qu'étant une période de déclin pour l'art, elle est

de Gyorgy Kepes, p.92

6 "Léonard de Vinci en Peinture, Verrochio en sculpture .et bien d'autres, découvraient la machine dans la charpente humaine et animale" , Jacob Bronowski, «La découverte de la forme», dans la structure dans les arts et dans les sciences, sous la direction de Gyorgy Kepes, p.55

en même temps épanouissement. C'est justement à cette période qu'on voit enfin un aller-retour incessant entre la chose perçue et la chose représentée se dessiner (entre la chose et l'artiste), la forme étant l'intermédiaire inévitable de la pensée. Dès lors la perspective par exemple prend sa véritable importance dans la représentation. Alors qu'elle n'était que dessinée dans l'antiquité à des fins de représentation formelle, puis considérée comme peu importante au moyen-âge, elle se manifeste ici dans une compréhension beaucoup plus globale d'un système de coordonnées géométrique organisant les choses sous-jacent à la perception visuelle.

Troisième grande période (la période qui commence en 1520). Du classique au Baroque : selon Wölfflin "*Limitation et cohérence ressort au style tectonique (classique)*

Inachevé, illimité tension et mouvement ressort au baroque"[7]

La transition artistique vers le baroque se traduit par la prise en compte des objets représentés relativement à leur environnement, là où le style tectonique met en exergue la façon dont les parties font un tout. Ce qui frappe ici, c'est la déconstruction progressive des principes de rigidité et de limitation d'une forme. La forme n'est plus considérée comme entière, solide et composée, mais comme émergent d'une configuration particulière de petites transitions de couleurs, d'ensemble de courbes, de textures, de non-formes découpées par l'ombrage, elle se décrit de moins en moins par ce qu'elle est en notre esprit mais par ce qui peut la faire naître en notre esprit. C'est de moins en moins elle qu'on représente mais de plus en plus son motif. Par ailleurs, en observant ce qui ne se voit pas mais montre ce qui se voit, nous construisons nos représentations sans prétendre à atteindre l'exhaustivité de ce qui décrit ces dernières au contraire de la

7 Heinrich Wölfflin, Principes fondamentaux de l'histoire de l'art, chapitre 3 Forme fermée/Forme ouverte, p.168

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

forme objective totale et finie que nous aimons à embrasser d'un regard.[8] Ainsi dans le style baroque, la perspective est un point de départ et non une finalité.

La passion pour le motif d'une forme croît dès lors de plus belle au travers du Romantisme, du Réalisme, du Naturalisme puis de l'Impressionnisme : "*Pour tous la vérité de la nature est la vérité de l'apparence. On voit chez les impressionnistes le minuscule détail de lumière qui jouait sur la peau tendue de la surface et la révélait*."[6] Tout se passe donc tel que l'envisageait Riegl, l'organisme dans la représentation se glisse jusque dans les moindres détails mais jusqu'où pouvait on aller?

4 Quelles poursuites pour l'art contemporain?

Voilà que nous venons de rejoindre l'autre côté de l'histoire. Riegl, mort le 17 Juin 1905 n'aura pas eu la chance de voir les multiples directions entreprises par les arts plastiques au cours du XXème siècle. Il conclu pourtant sa théorie sur une note intéressante tant elle invite à nous poser à nouveau sur la question aujourd'hui :

> *"De nos jours, nous considérons la nature avec le savoir très évolué dont nous disposons enfin, nous dominons dans une large mesure les lois qui la régissent et aucune de ses manifestations ne pourra plus nous décontenancer. Mais en même temps que nous réalisons la conquête spirituelle de la nature, notre dépendance à son égard ne cessa de grandir*

8 «L'image complète est devenue l'exception, alors qu'elle était autrefois la règle. Terbourg peignant deux femmes faisant de la musique ne nous montre qu'une main, alors que Matsys, dans la scène de mœurs du Peseur d'or et de sa femme, représente, bien entendu, les deux paires de mains en entier.» , Heinrich Wölfflin, Principes fondamentaux de l'histoire de l'art, chapitre 3 Forme fermée/Forme ouverte, p.225

> *dans notre art et nous sommes devenus ses esclaves.*
> (...)
> *Aujourd'hui, on peut dire que la nature est de «l'art amélioré». Si bien qu'une "tranche de nature encadrée par deux arbres ou par l'anneau que forment le pouce et l'index produit le même effet sinon un effet meilleur que la reproduction dans un encadrement carré"*

En effet l'art en se rapprochant de plus en plus près de la chose représentée, déconstruit petit à petit le bastion de la forme mais en plus, il ne lui laisse pas le temps de se recomposer. Il n'en reste plus rien sinon le résultat de l'œuvre.[9] Il n'est plus question d'organique ou d'inorganique, mais de trouver un repère permettant la transcription des formes dans cette précédente vision du monde. Dans Structure Syntactique dans les arts plastiques, H.L.C. Jaffé propose un art qui se cherche une basse fondamentale :

> *"En musique la basse se retrouve souvent comme support, surface de référence du morceau. Elle doit s'accorder avec la mélodie comme un canevas, une trame de fond. C'est la teinte qui résonne. De la basse fondamentale émane la priorité accentuée sur les traits structuraux des formes figuratives ; une tendance vers l'abstraction."*[10]

La tendance vers l'abstraction proviendrait alors de notre volonté à toujours réduire plus l'écart entre le réel et le représenté,

9 « Selon la vision de la Renaissance, les parties ont encore une fonction, alors que dans la vision contemporaine, l'atome est l'unité indiscernable où les parties ont perdu leur signification propre, et le schéma structural ou logique commande tout. », Jacob Bronowski, «La découverte de la forme», dans la structure dans les arts et dans les sciences, sous la direction de Gyorgy Kepes, p.55

10 Dans La structure dans les arts et dans les sciences, sous la direction de Gyorgy Kepes

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

jusqu'à en décider de ne rechercher que ce qui est sous-jacent aux apparences. De ne représenter que le motif des formes. Ainsi Pier Luigi Nervi propose la vision selon laquelle, nous allons vers une immuabilité des formes parfaites : "*Une carrosserie de voiture est étudiée en plongeant un bloc de glace dans un courant d'eau et en observant l'érosion se produire sur la matière : la forme donnée est parfaitement impersonnelle et donc immuable.*"[10] Le créateur de forme tente de se dégager du processus de reconnaissance en rendant sa création impersonnelle. Une forme va émerger directement d'un processus de mesure d'un système nous rapprochant ainsi d'une œuvre purement organique.

"*Les formes de moindre résistance à la pénétration, fondamentales pour tous les véhicules rapides et qui sont littéralement, la raison d'être des avions, ne dépendent pas en effet, du goût du designer ou de ses aspirations esthétiques, mais elles sont déterminées par des lois physiques, valables pour tous les peuples et pour toutes les époques.*"[10]

On en arrive alors à un point où l'œuvre est purement organique (elle est l'expression directe de la nature) en même temps qu'elle est purement inorganique (puisque se voulant universelle et intemporelle) !

Selon Zerner, *«Le style international revendique également un ancrage dans la nature, non pas parce qu'il représente la nature, mais parce qu'il découle directement de la nature des matériaux et de la destination ou fonction de l'édifice. De même lorsque la peinture de Mondrian prétend à un nouveau classicisme, c'est parce qu'elle met au jour les principes sous-jacents de la nature, sinon ses apparences extérieures.»*[11]

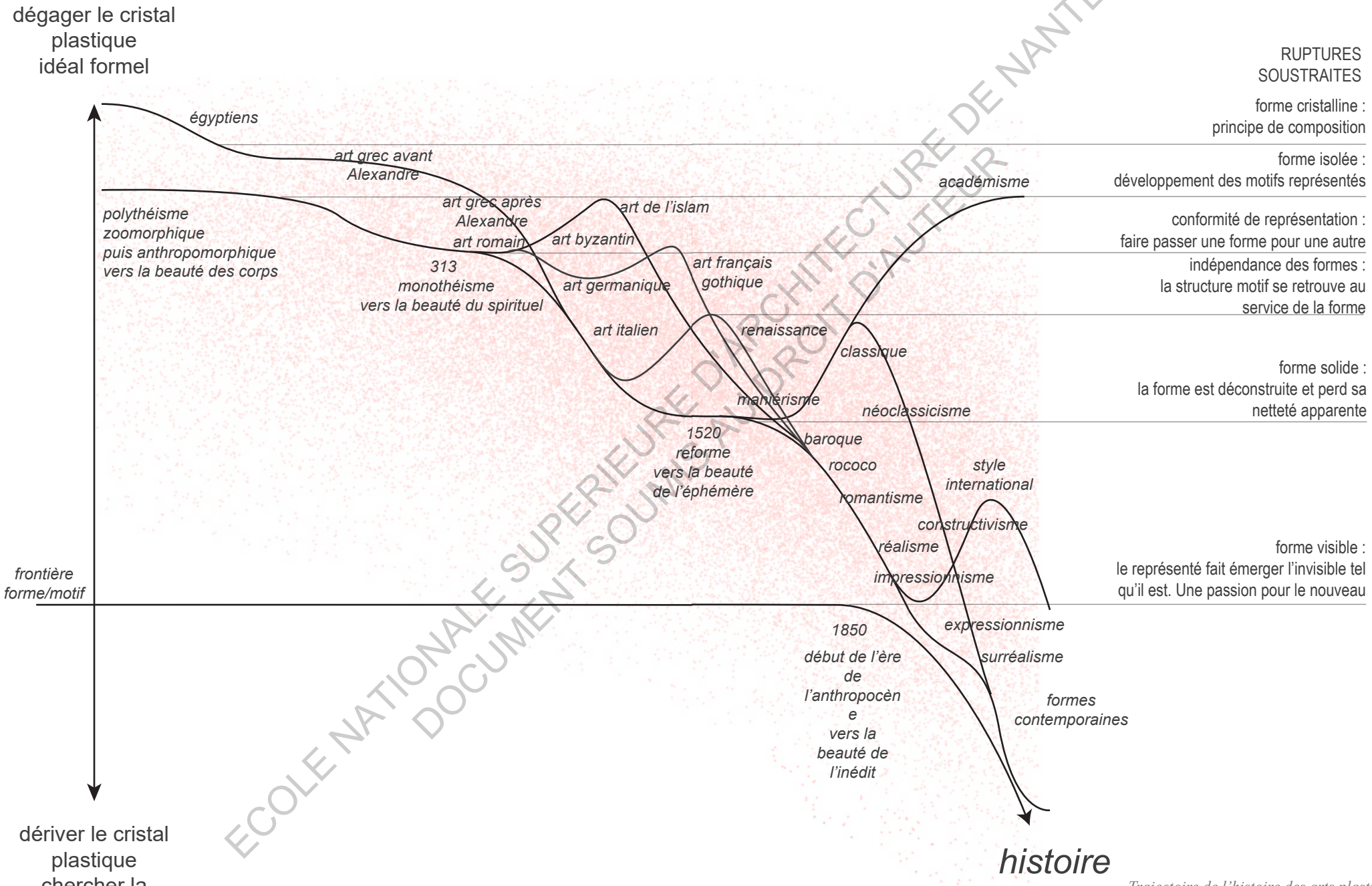
Ainsi l'art étant vu comme une grammaire peut désormais être son propre objet dans notre vision du monde. Il forme une connaissance abstraite, indépendante d'exemples formels

11 Henri Zerner, Pouvoirs du classique, dans Manière d'écrire l'histoire de l'art, p.130

provenant de la nature pour s'exprimer et rejoint pour ainsi dire la période de l'art chrétien, en ce point qu'il témoigne de cette force créatrice qui ne peut se représenter autrement que par l'expression de sa grammaire à la différence que nous avons laissé dieu de côté dans les rapports qu'il entretenait auparavant avec la nature. Mais rappelons nous de cette compétition que Riegl voyait entre l'homme et la nature (l'homme améliore la nature, tente de faire mieux en l'embellissant, en la spiritualisant) . Des deux protagonistes, qui triomphe aujourd'hui? Ni l'un ni l'autre, sinon l'art qui en dépassant cette vieille querelle, a inversé les règles du jeu, faisant du rapport entre l'homme et la nature, une entente, où cette dernière s'enrichit de toujours plus de formes dans un processus de concrétisation[12]. Nous voilà rattrapés par notre vision du monde! L'homme devenu force à part entière dans ce système complexe qu'est la nature, ne se retrouve plus au centre ni décalé mais dilué dans le réseau, système, "milieu ambiant" ou comme tu préfères. On se tourne ainsi vers un art expérimental porté par la musique concrète, sérielle, l'art interactif, vidéo, les charts, la bio-conception de produit, l'art aléatoire, l'art produit par les intelligences artificielles ou encore le calcul d'objets mathématiques. Ces démarches des plus contemporaines portent toujours sur la mise en évidence d'une structure motif présente dans la nature abstraite et révélée. Si bien que si du côté du spectateur face à la production formelle, l'éventuelle incompréhension face à ces pratiques porte à croire que ces formes n'en sont pas, qu'elles sont ineffables, elle partiront toujours du moins d'une chose bien qu'invisible, représentée donc reconnue. Et c'est de cela dont il faudrait maintenant parler.

12 "Quand on parle d'un art en disant qu'il est abstrait, en réalité il est concret car il participe à concrétiser sur une toile, dans la réalité des formes qui avant n'étaient pas visibles." Margit Staber – Peinture abstraite : peinture structurale, Dans La structure dans les arts et dans les sciences, sous la direction de Gyorgy Kepes

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Trajectoire de l'histoire des arts plastiques
Schéma récapitulatif de la conclusion

Table des matières

Pour une grammaire des ineffables

I | L'éveil des formes

31 1 Les surfaces précédant la forme
36 2 Trois espaces de la vision
41 3 L'homme et les surfaces du point de vue de la représentation

Complexité Première : Discret/Continu

47 Discret? Qu'appelons-nous discret?
50 Et le continu?

II | Intelligences artificielles

59 1 De l'environnement à la décision
59 A Comment se structure la donnée ?
69 2 Un problème de classification
70 3 Se glisser aujourd'hui dans la peau de la machine
70 A Reconnaissance des formes/Pattern recognition
72 B Les techniques de deep learning
74 C La relation sujet/objet dans le contexte d'observation

III La fabrique d'un monde componentiel

82 1 Par ce que nous apprend la structure de l'appareil sensoriel
82 A Au travers de l'étude des récepteurs sensoriels

84 B Au travers de la vitesse de transfert de l'information
86 C Au travers du momentané et du permanent
88 2 Au travers de la constitution du percept visuel
89 A L'appariement de gabarit
94 C Caractères globaux
96 D Approche multisensorielle et spécialisation hémisphérique
98 3 Pour dépasser l'idée reçue de la fenêtre des sens
98 A Car la perception est plutôt une question
102 B Car il existe autant de mondes que d'êtres mais qu'une seule réalité
106 C Car on a plaisir à reconnaître

Seconde Complexité : Idéal/Relatif

I Les formes du calme

112 1 Qu'est ce qui légitime la tolérance des variations?
112 A La répétition, une idéalisation du réel
116 B Univers, est-tu toujours fidèle à toi-même?
118 2 Postures à la recherche d'une accalmie
122 3 La stabilité est présupposée
125 Les théories bayésiennes de l'apprentissage

II Le sens de la structure

131 1 Les sources de l'ordre
139 2 Branchus
139 A D'où naissent les structures formelles?
144 B Comment se construisent ces structures?
158 C Omniscience des familles de formes

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

160 3 Écume
160 A Motif-Modèle et stratégie
162 B Une question de morphogenèse?

III Les motifs chez riegl

169 1 Organisme et inorganisme, comment Riegl construit la structure de son modèle?
173 2 Comment retrouve-t-on ce cristal dans les arts plastiques ?

Conclusion expérimentale

I Synthèse des thèmes abordés

II Esquisser la trajectoire

187 1 Quelle est notre nouvelle polarité ?
189 2 Transcription
199 3 Brève réactualisation de l'histoire de l'art selon Riegl
206 4 Quelles poursuites pour l'art contemporain?

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Bibliothèque :

Ouvrages de référence :

1-Alain berthoz, Le sens du mouvement, Odile Jacob, 1997, 330p.

2-Aloïs Riegl, Grammaire historique des arts plastiques, L'esprit et les formes, Éditions Klincksieck, 1978, 210p.

3-Henrich Wölfflin, Principes fondamentaux de l'histoire de l'art, le problème de l'évolution du style dans l'art moderne, G. Monfort, 1986, 284p.

4-Henri Focillon, La vie des formes, PUF, 1984, 131p.

5-Gyorgy Kepes (Sous la direction de), La structure dans les arts et dans les sciences, La Connaissance, 1967, 189p. :
Lancelot Whyte - Atomisme structure et forme
Cyril Stanley Smith - Structure, Substructure Superstructure
Richard Held - Objet et Effigie
Jacob Bronowski - La découverte de la forme
R Buckminster Fuller - Conceptualité des structures fondamentales

6- Gyorgy Kepes (Sous la direction de), Signe, image, symbole. La Connaissance, 1968, 235p. :
Rudolph Arnheim - La pensée visuelle
Heinz von Foerster - Du stimulus au symbole, l'économie du calcul biologique
Paul Riesman - La découverte par les esquimaux de la place de l'homme dans l'univers

7-Henri Zerner, Écrire l'histoire de l'art : figures d'une discipline, Gallimard, 1997, 169p.

8-Edgar Morin, Introduction à la pensée complexe,

9-Analyse des données en urbanisme et en architecture, Institut de l'environnement, 1972
Robert R Sokal - Matrices de Taxonomie
Edwin Diday - Classification automatique et reconnaissance des formes

10-Nelson Goodman, Manières de faire des mondes, FolioEssais, Gallimard, 2006, 225p.

Cours du collège de France et autres cours en ligne:

11- Stanislas Dehaene, Psychologie cognitive expérimentale :

Stanislas Dehaene, Présentation du cours «Le cerveau statisticien : la révolution Bayésienne en sciences cognitives», 2012, disponible sur le site du collège de France à l'adresse : «http://www.college-de-France.fr/site/stanislas-dehaene/p1346267510661_content.htm»

Stanislas Dehaene, «Les principes Bayésiens de l'apprentissage : sommes-nous des scientifiques dès le berceau ?», 2013, disponible sur le site du collège de France à l'adresse : «http://www.college-de-France.fr/site/stanislas-dehaene/course-2013-01-08-09h30.htm»

Stanislas Dehaene, «Les mécanismes Bayésiens de l'induction chez l'enfant» [cours], 17 janvier 2012, dans le cadre du séminaire «Le cerveau statisticien : la révolution Bayésienne en sciences cognitives», 2012, disponible sur le site du collège de France à l'adresse : «http://www.college-de-France.fr/site/stanislas-dehaene/p1346267510661_content.htm»

12- Yann LeCun, Informatique et sciences numériques :

Yann LeCun, «L'apprentissage profond : une révolution en intelligence artificielle», leçon inaugurale de la chaire informatique et sciences numériques (2015-2016), 04 Février 2016, disponible sur le site du collège de France à l'adresse : «https://www.college-de-France.fr/site/yann-lecun/inaugural-lecture-2016-02-04-18h00.htm»

USI Events, «Deep learning - Yann LeCun, à l'USI », 44:12, 13 juillet 2015, «https://youtu.be/RgUcQceqC_Y»

13- Laurent Najman, Ircam, «Morphologie mathématique et traitement de la spatialité pour l'analyse des images» [cours en ligne], 56:51, 5 Avril 2013, dans le cadre du séminaire MaMux : http://medias.ircam.fr/stream/ext/video/old_archives/video/VI02044000-480.webm

14- Hugo Larochelle, «Intelligence artificielle -Université de Sherbrook», Playlist Youtube, 98 Cours, 2015, «https://www.youtube.com/user/hugolarochelle»

15- Étienne Ghys, Institut Henri Poincaré, «Le retour de M. Poincaré - Etienne Ghys», Vidéo Youtube, 27 Mai 2013, 1:11:11, «https://youtu.be/21fHNMccrY8»

16- Tadashi Tokieda, Institut Henri Poincaré, «Modèles en Jouet - Tadashi Tokieda», Vidéo Youtube, 27 Mai 2013, 1:23:24, «https://youtu.be/PccYnvLOq_0»

17- Gilles Clément, Chaire de la création artistique 2011-2012, Collège de France, «Jardins, Paysage et génie naturel», Leçon inaugurale, 01 Décembre 2011, disponible sur le site du collège de France à l'adresse «https://www.college-de-france.fr/site/gilles-clement/inaugural-lecture-2011-12-01-18h00.htm»

18- Jean Malik Ghallab, Directeur de recherche au CNRS, «L'action délibérée : planification et apprentissage en robotique», dans le cadre du séminaire «Les robots parallèles rapides», Paul Laumond, Chaire d'innovation technologique, Collège de France, Liliane Bettencourt 2011-2012, disponible sur le site du collège de France : «https://www.college-de-France.fr/site/jean-paul-laumond/»

19-Jean-François Mangin, CEA, DSV-12BM, Centre NeuroSpin, Saclay, «La forme du cerveau», 14 Octobre 2011, dans le cadre du colloque «Vie des formes» sous la direction de J.P. Changeux, Collège de France. Cours en ligne disponible sur le site du collège de France à l'adresse : «http://www.college-de-France.fr/site/colloque-2011/symposium-2011-10-14-09h00__1.htm»

Articles universitaires et ou en ligne :

20- De Schonen Scania, Deruelle Christine. Spécialisation hémisphérique et reconnaissance des formes et des visages chez le nourrisson. In: L'année psychologique. 1991 vol. 91, n°1. pp. 15-46.

21- Jean-Pierre Gaillard, Rachel Boulliou et Christelle Gautier. Théorie des GEONS et interprétation quantitative dans une tâche d'identification d'objets. In: L'année psychologique. 1996 vol. 96, n°4. pp. 561-586.

22- Olivier Gérard. Evocation de l'image mentale d'un polygone par programmation de l'exploration visuelle de ses contours. In: L'année psychologique. 1995 vol. 95, n°3. pp. 401-424.

23- Joshua B. Tenenbaum, et al. How to Grow a Mind: Statistics, Structure, and Abstraction, Science 331, 1279 (2011).

24- Exposé de René Thom au Colloque International de Cerisy : Logos et théorie des catastrophes , Anales de la fondation Louis de Broglie -

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

28- Annick Lesne, directrice de recherche CNRS au Laboratoire de Physique Théorique de la Matière Condensée (CNRS-Paris 6) et à l'IHÉS (Bures-sur-Yvette), «Turing et la morphogenèse: les «structures de Turing»»

29- Musso Pierre. «La symbolique du réseau.» In: Quaderni, n°38, Printemps 1999. Politique symbolique et communication. p. 69-98. «www.persee.fr/doc/quad_0987-1381_1999_num_38_1_1396»

30- François Klam, Chapitre 1, Perception du mouvement et mouvement propre, p.20 http://www.snl.salk.edu/~fklam/pubs/Chap1-thesefk.pdf

31- Francis Bernardeau, Jean-Philippe Uzan, CNRS, «La constante cosmologique» [Article en ligne], 2016, http://www.cnrs.fr/publications/imagesdelaphysique/couv-PDF/IdP2008/03-Bernardeau.pdf

32- Cordier Françoise et al.,« Introduction », Syntaxe et sémantique, 2001/1 N° 2, p. 9-15

33- René Thom, Colloque international de Cerisy "Logos et théorie des Catastrophes" sep 1982, Annales de la Fondation Louis de Broglie, Volume 27, 2002, p 575

34- Vurpillot Eliane. Perception et représentation dans la constance de la forme. In: L'année psychologique. 1964 vol. 64, n°1. pp. 61-82.
61-82.

35-Molnar F. Quoi de nouveau dans la perception visuelle de la forme ?. In: L'année psychologique. 1980 vol. 80, n°2. pp. 599-629.

Sitographie générale :

36- La théorie des catastrophes René Thom Morphodynamique - Benoît Virole, 2015, «http://virole.pagesperso-orange.fr/cata.htm»

37- AI Impact.org (2015). Trends in the cost of computing. Repéré à http://aiimpacts.org/trends-in-the-cost-of-computing/

38- IBM (2016). What is big data? Repéré à http://www-01.ibm.com/software/data/bigdata/what-is-big-data.html

39- A*Star, A*Star findings on breast cancer, 29 octobre 2015, repéré sur https://www.a-star.edu.sg/media/news/press-releases/id/4345/astar-findings-on-breast-cancer-hold-potential-for-new-treatments.aspx

40- Andreas Gros & Tobias Tiecke, Facebook, «Connecting the world with better maps», Février 2016, «https://code.facebook.com/posts/1676452492623525/connecting-the-world-with-better-maps/»

41- WikiPedia, Histoire des probabilités, https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_des_probabilit%C3%A9s, 2016

42- ImageNet, 2014-2016, «http://image-net.org/»

Vidéos en ligne :

43- Jean Philippe Lachaux, «Comme une abeille, le cerveau butine sans cesse le monde qui est autour de lui pour extraire non pas du pollen mais de l'information» @2.05 « Quand le cerveau butine » YouTube video, 2 : 15. Posted by « Jean Philippe Lachaux», Mai 01, 2014. https://youtu.be/WWpPBoV-PkA.

44- « Perceptron Research from the 50's & 60's, clip » YouTube video, 1 : 11. Posted by « Go Chargers!», October 07, 2008. https://youtu.be/cNxadbrN_aI

Radio :

45- Etienne Klein, France culture, La conversation scientifique, «Qu'est ce qu'une «expérience de pensée»?», 10.01.2015, 49:00 : «http://www.Franceculture.fr/emissions/la-conversation-scientifique/quest-ce-quune-experience-de-pensee»

46- Stanislas Dehaene, France culture, Continent sciences, «Où vivent les idées mathématiques?», 07.11.2011, 57:00 : «http://www.Franceculture.fr/emissions/continent-sciences/ou-vivent-les-idees-mathematiques»

Iconographie :

Introduction

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

47- Figure 1 : Oscar Lopez. «AD Classics: Expo ‘58 + Philips Pavilion / Le Corbusier and Iannis Xenakis» 25 Aug 2011. ArchDaily. Accessed 31 May 2016. <http://www.archdaily.com/157658/ad-classics-expo-58-philips-pavilion-le-corbusier-and-iannis-xenakis/>

48- Figure 2 : « David Langdon. «AD Classics: Montreal Biosphere / Buckminster Fuller» 25 Nov 2014. ArchDaily. Accessed 31 May 2016. <http://www.archdaily.com/572135/ad-classics-montreal-biosphere-buckminster-fuller/>

49- Figure 3 : «UK Pavilion - Milan Expo 2015 / Wolfgang Buttress» 06 May 2015. ArchDaily. Accessed 31 May 2016. <http://www.archdaily.com/627728/uk-pavilion-milan-expo-2015-wolfgang-buttress/>

50- Figure 4 : «ICD-ITKE Research Pavilion 2015-16 / ICD-ITKE University of Stuttgart» 05 May 2016. ArchDaily. Accessed 31 May 2016. <http://www.archdaily.com/786874/icd-itke-research-pavilion-2015-16-icd-itke-university-of-stuttgart/>

51- Figure 5 : «Vanke Pavilion - Milan Expo 2015 / Daniel Libeskind» 07 May 2015. ArchDaily. Accessed 31 May 2016. <http://www.archdaily.com/627994/vanke-pavilion-milan-expo-2015-daniel-libeskind/>

52- Figure 6 : Sebastian Jordana. «UK Pavilion for Shanghai World Expo 2010 / Heatherwick Studio» 03 May 2010. ArchDaily. Accessed 31 May 2016. <http://www.archdaily.com/58591/uk-pavilion-for-shanghai-world-expo-2010-heatherwick-studio/>

53- Figure 7 : Choses dans sac, photographie personnelle

54- Figure 8-9 : Léopold Lambert, « # CLASSIC ARCHITECTURES /// Model and Plans of the TWA Terminal by Eero Saarinen », « model’s photographs are extracted from the book Saarinen’s Quest: A Memoir by Richard Knight. San Francisco: Stout Publishers, 2008. plans are extracted from the book Eero Saarinen: An Architecture of Multiplicity by Antonio Roman. New York: Princeton Architectural Press, 2003 », 12 février 2011, http://thefunambulist.net/2011/02/12/classic-architectures-model-and-plans-of-the-twa-terminal-by-ero-saarinen/

55- Figure 10 : Texture d’un mur, photographie personnelle

56-Figure 11 : Espen Sommer, « Eide Material Vision – Silent Reading III », Youtube Video extract (@3:05), 5 Janvier 2015, 3:50, « https://youtu.be/Km0bUQmLwYo », projet en détail : « http://sommer.alog.net/pages/53 »

57-Figure 12 : The mark I perceptron : Perceptron , Arvin Calspan Advanced Technology Center; Hecht-Nielsen, R. Neurocomputing (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1990).

58- Figure 13 : [Zeiler & Fergus 2013] , Extrait de, Yann LeCun, «L’apprentissage profond : une révolution en intelligence artificielle», slide n°26 Leçon inaugurale, 04 Février 2016, disponible sur le site du collège de France à l’adresse : https://www.college-de-France.fr/media/yann-lecun/UPL7915574462521283497_lecun_20160204_college_de_France_lecon_inaugurale.pdf

59- Figure 14 : Extrait de, Yann LeCun, «L’apprentissage profond : une révolution en intelligence artificielle», slide n°65 Leçon inaugurale, 04 Février 2016, disponible sur le site du collège de France à l’adresse : https://www.college-de-France.fr/media/yann-lecun/UPL7915574462521283497_lecun_20160204_college_de_France_lecon_inaugurale.pdf

60- Figure 15 : Irving Biederman, State University of New York at Buffalo, Recognition-by-Components: A Theory of Human Image Understanding, Psychological Review, 1987, Vol. M, No. 2, 115-147

61- Figure 16 : Transformée de Fourrier : Extrait du cours : Nicolas Thome, « Base du traitement des images. Transformée de Fourier », 29 septembre 2015, slide n°48, « http://docplayer.fr/12136233-Bases-du-traitement-des-images-transformee-de-fourier.html »
16bis Illusion des fréquences spatiales : « YEUX », Dr. Damien Gatinel, « Fréquence spatiale », 14 septembre 2013, « https://www.gatinel.com/recherche-formation/acuite-visuelle-definition/frequence-spatiale/ »

62- Figure 29 : Rendu itératif de la transformation. Réalisé sur Processing 3.0, D’après Etienne Ghys à partir d’une photo d’Aloïs Riegl, libre de droit.

63-Figure 17 : Image réalisée à partir de l’applet « HoughTransform of a line », oestape, 11 décembre 2011, dans Hough transform for line detection, Octavi Estape’s Computer Vision Site, « http://www.activovision.com/octavi/doku.php?id=hough_transform »

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

63- Figure 18 : Les tufas : Figure 1, dans How to Grow a Mind: Statistics, Structure, and Abstraction, Joshua B. Tenenbaum, et al., Science 331, 1279 (2011); DOI: 10.1126/science.1192788

64- Figure 19 : Archipelagio : Extrait (@0:41) de : Eric Languénou, « Music Archipelago, A Facet-like Music Library Comparison Tool (HD) good », vimeo Video, 2015, 1:13, « https://vimeo.com/123449558 »

65- Figure 20 : Tenenbaum : Figure 2 (extrait), dans How to Grow a Mind: Statistics, Structure, and Abstraction, Joshua B. Tenenbaum, et al., Science 331, 1279 (2011); DOI: 10.1126/science.1192788

66- Figure 21 : Chambres à coucher, [Radford, Metz, Chintala 2015] , Extrait de, Yann LeCun, «L'apprentissage profond : une révolution en intelligence artificielle», slide n°141, Leçon inaugurale, 04 Février 2016, disponible sur le site du collège de France à l'adresse : « https://www.college-de-France.fr/media/yann-lecun/UPL7915574462521283497_lecun_20160204_college_de_France_lecon_inaugurale.pdf»,

67- Figure 22 : Visages : [Radford, Metz, Chintala 2015] , Extrait de, Yann LeCun, «L'apprentissage profond : une révolution en intelligence artificielle», slide n°143, Leçon inaugurale, 04 Février 2016, disponible sur le site du collège de France à l'adresse : « https://www.college-de-France.fr/media/yann-lecun/UPL7915574462521283497_lecun_20160204_college_de_France_lecon_inaugurale.pdf »

68- Figure 23 : Carte facebook : [DigitalGlobe satellite image of Naivasha, Kenya (left) and population distribution map of the same area from WorldPop (right). (Courtesy of WorldPop under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.)], repéré sur, Andreas Gros & Tobias Tiecke, code.facebook.com, «Connecting the world with better maps», Février 2016, «https://code.facebook.com/posts/1676452492623525/connecting-the-world-with-better-maps/»

DigitalGlobe satellite image of Naivasha, Kenya (left) and results of our analysis of the same area (right). Repéré sur, Andreas Gros & Tobias Tiecke, code.facebook.com, «Connecting the world with better maps», Février 2016, «https://code.facebook.com/posts/1676452492623525/connecting-the-world-with-better-maps/»

69- Figure 25 : Labelisation d'info : [Farabet et al. ICML 2012, PAMI 2013] , Extrait de, Yann LeCun, «L'apprentissage profond : une révolution en intelligence artificielle», slide n°56, Leçon inaugurale, 04 Février 2016, disponible sur le site du collège de France à l'adresse : « https://www.college-de-France.fr/media/yann-lecun/UPL7915574462521283497_lecun_20160204_college_de_France_lecon_inaugurale.pdf »

70- Figure 26 : Nuées dynamiques from Automated correlation and classification of secondary ion mass spectrometryimages using a k-means cluster method, Journal, Andrew R. Konicek,a Jonathan Lefmana and Christopher Szakal*a , Analyst, 2012,137, 3479-3487, DOI: 10.1039/C2AN16122B, Received 17 Nov 2011, Accepted 11 Apr 2012, First published online 08 May 2012, http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/an/c2an16122b#!divAbstract

71- Figure 27 : Structures de turing : [Structures de Turing pour différentes valeurs des paramètres. Tiré de Complexity International, Volume 4, 1997.], repéré sur Abstrax, dans Introduction à la morphogenèse (2): l'exemple du développement
, par OCOCHET, 15 février 2011, « http://www.abstrax.fr/?p=652 »

72- Figure 28 : Catastrophes de rené thom : La théorie des catastrophes, par Ivar Ekeland
LA RECHERCHE N° 81 SEPTEMBRE 1977, VOLUME 8, PAGES 745-754, « pst.chez-alice.fr/TCIvarEk.htm »

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR