



HAL
open science

Sciences de la cognition et design

Alain Berthoz, Jacques Droulez, Roberto Casati, Laurent Massaloux,
Jean-François Dingjian

► **To cite this version:**

Alain Berthoz, Jacques Droulez, Roberto Casati, Laurent Massaloux, Jean-François Dingjian. Sciences de la cognition et design. ENSCI - Les Ateliers. Carnet de Recherche Science et Design, 2011, Sciences de la cognition et design. hal-01523969

HAL Id: hal-01523969

<https://hal.science/hal-01523969>

Submitted on 22 May 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

16 mars 2011

Sciences de la cognition et design

Sous la direction de ALAIN BERTHOZ

Avec la participation de JACQUES DROULEZ,
ROBERTO CASATI, LAURENT MASSALOUX,
JEAN-FRANÇOIS DINGJIAN

carnet de **SCIENCE ET DESIGN**
RECHERCHE

En 2010, Alain Berthoz a donné une conférence marquante à l'ENSCI-Les Ateliers. Exposant la variété des recherches en sciences cognitives, il a su jeter des ponts vers le design.

Il a mis en évidence l'intérêt pour les designers de s'appuyer sur les travaux des neurosciences. La perception, rapide, intuitive, est rarement conscientisée. Nous la réduisons à une fonction visuelle instrumentale, de saisie des situations. Nous nous attachons plus volontiers à questionner la sensibilité, le sentiment de beau, le plaisir né de la forme, plus marquée culturellement.

Une culture de la forme issue de l'esthétique pourrait-elle s'émanciper de la perception brute ?

Alain Berthoz montre que perception et esthétique sont étroitement liées. Derrière l'apparente immédiateté de la perception, des opérations complexes se déroulent. En décrivant des résultats d'expérimentation, Alain Berthoz montre que la variété des combinaisons cérébrales doit être connue et prise en compte par les concepteurs d'objets, de bâtiments, de technologies. La forme se pense en situation, dans la dynamique de l'agir.

Ces questions intéressent le design et convergent avec les ambitions d'Alain Cadix, engager l'ENSCI-Les Ateliers dans une recherche théorique sur la forme, à un moment de l'histoire des objets qui les associe de plus en plus subtilement à des événements et à des interactions.

À l'invitation renouvelée d'Alain Cadix, Alain Berthoz est revenu à l'ENSCI-Les Ateliers, avec l'idée que des recherches croisées pourraient naître d'un dialogue au long cours.

Accompagné de deux chercheurs proches, Jacques Droulez et

Roberto Casati, il a présenté des perspectives ouvertes par les neurosciences, en privilégiant les travaux qui présentent des rapports avec la conception, la création et l'esthétique.

Puis deux designers, Laurent Massaloux et Jean-François Dingjian, ont fait état de leur rapport à la forme, aux techniques et à la matière, en décrivant le parcours et les interrogations qui ont présidé à différentes créations.

De ces différentes vues sur la forme devraient naître en 2012 des collaborations entre design et sciences de la cognition. Les transcriptions de cette journée constituent pour l'ENSCI-Les Ateliers le point de départ d'un projet qui associe sciences et création. La formation des élèves en design implique en effet aujourd'hui la fréquentation régulière des scientifiques. Les nouvelles matérialités, la complexité sociale et les intangibles, c'est-à-dire les biens et les objets liés à des abstractions et à des valeurs, sont la réalité de l'époque. La réflexion des designers sur la forme, l'esthétique et l'usage est vivifiée par la concertation avec des spécialistes de la perception.

Nous avons choisi pour rendre compte de cette première journée d'étude de présenter les communications d'Alain Berthoz, de Jacques Droulez, de Roberto Casati, de Laurent Massaloux et Jean-François Dingjian, sous forme de cahiers. Introduits par Alain Cadix, ils donnent un état de la question que l'on peut lire comme des vues se complétant, ou comme des fascicules séparés présentant des univers singuliers de recherche et de création.

Sophie Pène
Directrice de la recherche

ALAIN CADIX

Directeur de l'ENSCI – Les Ateliers

Bonjour à tous. Merci de participer à cette journée qu'Alain Berthoz et moi avons souhaité intituler « Sciences de la cognition et design ». Elle fait suite à la conférence d'Alain Berthoz, il y a un an, qui avait beaucoup marqué les esprits dans l'école.

Merci à Jacques Droulez, merci à Roberto Casati de nous apporter leur éclairage sur cette thématique, ainsi qu'à Laurent Massaloux et à Jean-François Dingjian, designers qui dirigent à l'ENSCI-Les Ateliers, un atelier de projet, et qui ont accepté de donner leur point de vue sur « la forme », en contrepoint des propositions des chercheurs en neurosciences qui sont aujourd'hui nos invités.

Cette journée s'inscrit dans un programme plus vaste, « Science et design », qui marque des liens nouveaux entre design et recherche. Les élèves en design et les designers se confrontent à des sujets qui leur demandent un regard aiguisé tant sur les sciences humaines que sur la physique, les sciences de l'ingénieur, et désormais les sciences cognitives. Actuellement, un workshop et un atelier de projet sont organisés avec le Laboratoire de physique du solide d'Orsay. On peut aussi citer le séminaire de recherche « Ecritures urbaines », à l'Ecole des hautes études en sciences sociales co-animé par Béatrice Fraenkel, directrice de l'équipe anthropologie de l'écriture, et Sophie Pène, directrice de la recherche ici, associant des designers sur le thème des écritures urbaines. C'est aussi bien, à un autre niveau, la licence « Sciences et design » que nous avons créée avec l'Université Pierre et Marie Curie.

Notre idée est de promouvoir un dialogue que nous avons qualifié provisoirement d'opérateur de la science et du design ou de la science et de la création industrielle. Ce dialogue a un dessein ou des objectifs. Il peut y avoir un grand dessein qui serait de contribuer à l'invention du système d'après, du système d'après le système actuel, dont on voit tous les jours, et parfois très douloureusement, les limites. Il y a aussi des desseins plus modestes qui sont tout simplement de bien vivre au quotidien.

Objet, le sens est vaste, car il faut l'entendre au sens du 21^e siècle et non pas au sens du 19^e, c'est-à-dire des objets qui peuvent être là, un matériau dominant et qui sont historiquement le domaine classique d'application du design, puis, à l'autre extrémité, il peut y avoir le design d'objets, pour lequel le logiciel devient prépondérant, et où le design d'interaction et le design d'information prennent une place tout à fait centrale. Il peut y avoir aussi des objets hybrides devenus communicants, voire « intelligents ».

Le travail du designer, bien sûr, participe à la création de l'objet, mais il peut se développer en amont de l'objet dans l'invention collaborative de nouveaux concepts d'objets. C'est là où le mot création industrielle prend toute sa signification.

Quant à la forme, il peut y avoir différentes façons de l'aborder. Nous en avons une vision que l'on pourrait qualifier de proche des scolastiques aristotéliens, c'est-à-dire que l'on n'est pas seulement dans la configuration extérieure de l'objet, dans son bord, dans sa limite, comme qualifiait la forme René Thom, qui parlait de bord, de limite de l'objet, mais ce n'est pas que cela. La forme, pour nous, c'est sa structure intime, son principe d'organisation. On est beaucoup plus proche de la « Gestalt ».

La forme se destine à l'usage et se dessine à l'usage. La place de l'usage est particulièrement déterminante dans la production des formes des objets. Elle se concrétise dans le champ de l'expérience pratique à la confluence des sciences et des techniques, des sciences humaines et sociales, de l'économie et des arts. Bien sûr, elle porte sa part de symbolique, d'imaginaire, de culturel.

Les sciences, pour nous, ce sont d'abord les sciences dites fondamentales : mathématiques, physique, chimie, biologie, etc. bien sûr les sciences humaines et sociales : anthropologie, sémiologie, sociologie, mais également économie et, associées à elle, les sciences de gestion. C'est cet univers que nous mettons en dialogue avec le design.

C'est bien entendu différent des technologies. Les technologies portées par l'ingénierie ou l'artisanat seront convoquées à un moment ou à un autre pour la réalisation de l'objet. Quand on parle de technologies, on pense tout de suite high-tech, mais pour nous ce n'est pas que high-tech, ce sont aussi les technologies traditionnelles, le bois, les fibres naturelles, le métal, le verre, etc. et ce sont ces technologies qui peuvent être hybridées entre elles ou avec de nouvelles technologies pour déboucher sur de nouveaux usages.

Dans ce dialogue qui se veut opératoire, en attendant un meilleur adjectif, il faut créer des agoras où puissent se rencontrer chercheurs et designers, et en voici une que, grâce à Alain Berthoz nous avons pu organiser aujourd'hui, avec la mission d'une compréhension partagée, de l'invention de nouveaux concepts d'objets, une mission d'ouverture aussi sur l'espace des autres et la façon de voir des autres.

Partager des connaissances, comprendre et enrichir des pratiques, c'est s'enrichir mutuellement sur des méthodes et des approches, car science et design sont tous les deux dans cet espace de création et d'invention du futur, là où la raison et l'intuition, le raisonnement et l'expérience, le déductif et l'inductif, l'objectif et le subjectif, entre autres, sont dans un rapport dialectique permanent.

Notre objectif est de tirer la connaissance produite vers l'espace sensible et la vie quotidienne des gens, des gens dans l'espace public ou des gens dans l'espace privé, pour inventer, comme je l'ai dit tout à l'heure, de nouveaux concepts d'objets, les représenter, mais aussi représenter, pour les rendre plus accessibles, des avancées des connaissances, des avancées scientifiques.

Je prendrai ici l'exemple de la physique, qui est probablement la science, dont on pourrait penser que depuis le 17^e siècle elle s'est éloignée progressivement de l'univers sensible de l'homme, et je pense que les avancées significatives du 20^e siècle, avec la relativité d'une part et la physique quantique d'autre part, avec l'astrophysique à une extrémité et la physique des particules à l'autre, ont renforcé cet éloignement.

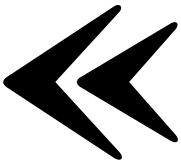
Du coup, les gens ne perçoivent pas l'utilité, à leur échelle d'espace et à leur échelle de temps, de ces investissements massifs. Il faut donc probablement redonner à la physique vulgaire, c'est-à-dire à la physique qui concerne le commun des hommes, un statut particulier. Le dialogue avec les créateurs et les designers peut être à cet égard utile.

Enfin, et on revient plus particulièrement au cœur de cette journée, contribuer à renforcer le statut de la forme comme un objet de science. La science, depuis Galilée et Newton, s'est un peu éloignée des problématiques des formes. On n'est plus au temps d'Aristote et des scolastiques.

Bien sûr, il y a la géométrie. Bien sûr, il y a la sémiologie qui s'intéresse aux signes émis par les formes. Bien sûr, pour les formes naturelles, il y a eu les théories morphologiques de Mandelbrot, Prigogine, Ruelle, Thom, qui ont été des avancées intéressantes du 20^e siècle. Bien sûr, il y a les sciences de la cognition qui sont portées en particulier par ceux qui sont avec nous ce matin. Mais la forme doit, en tout cas c'est le vœu que nous formulons, avoir un statut renforcé comme objet de science.

Partage de connaissances, compréhension et enrichissement mutuel de pratiques, travail sur l'usage adéquat des avancées de la connaissance, statut de la forme comme objet de la science, il y a de quoi dialoguer.

CONVERSATION



INTERVENANT – Une question que je formule comme une remarque pour Alain Berthoz. Le geste artistique créatif est souvent une épure ou une fiction, comme l'a évoqué d'une certaine manière Roberto Casatil avec son concept de hacking. Vous semblez dire que le geste humain est à la base de l'expérience de la connaissance des formes ou de leur reconnaissance, mais des formes et des allures sans référence au geste humain sont aussi distinctes, intelligibles et constitutives de l'expérience humaine. Il y a par exemple le désordre, l'ordre, le rythme, la courbe idéalisée, un certain nombre d'autres formes qui ne sont pas attachées directement au corps ou à l'expérience du mouvement, qui ne sont pas liées au geste en tout cas. Est-ce que quelque part, mettre l'humain en tant qu'utilisateur au centre de la création est le même projet ?

ALAIN BERTHOZ – C'est une belle question. Qu'est-ce qu'une courbe idéalisée ?

INTERVENANT – C'est la courbe d'un danseur par rapport au geste quotidien.

ALAIN BERTHOZ – La courbe d'un danseur est la courbe que produit le danseur avec son cerveau de danseur. En quoi est-elle idéalisée et différente ?

INTERVENANT – Elle est différente parce que, quand on s'assoit sur une chaise, on ne fait pas la même chose que ce que ferait un danseur

quand il ferait le même geste.

ALAIN BERTHOZ – Oui, mais c'est toujours une action humaine. Je n'ai pas essayé de réduire le geste à un geste pragmatique : manger, s'asseoir sur une chaise. J'inclus, vous avez raison, le mouvement du danseur que vous appelez «idéalisé». Je vois ce que vous voulez dire, mais pouvez-vous préciser ? C'est très important, j'essaie de comprendre votre pensée. Vous reprenez en quelque sorte une inquiétude fréquente : que nous réduisions la création abstraite à des mécanismes de bas niveau ?

INTERVENANT – Je peux prendre un exemple.

ALAIN BERTHOZ – J'étais à l'Ecole Normale, il y a quelques années, dans un séminaire sur la géométrie, organisé par des collègues. Il y avait un mathématicien, Gilles Chatelet, qui avait fait un livre merveilleux, *Les enjeux du mobile*. Je ne sais pas si vous l'avez lu mais je le recommande à ceux qui sont intéressés par le mouvement. Il s'était beaucoup intéressé à ces questions. Il était mathématicien, il n'était donc pas suspect d'être un physiologiste réductionniste. Il a voulu poser une question à mon collègue Daniel Andler, philosophe et mathématicien, et comme j'étais au podium, Daniel a dit : « Tu n'as qu'à demander à Alain Berthoz ». Il a dit : « Non, Berthoz, jamais ! Car la cervelle, c'est ce que j'achète chez mon boucher ! » On est dans ce débat-là d'une certaine façon...

Pouvez-vous approfondir la distinction que vous faites ? C'est un débat important.

INTERVENANT – Je vais prendre un exemple en musique.

ALAIN BERTHOZ – Pouvez-vous rester sur la danse ?

INTERVENANT – Dans la danse, le geste du danseur sera très différent d'un éboulis, d'un mouvement d'un ensemble d'objets aléatoire, d'un écoulement, d'un tracé rectiligne, de la chute d'un objet, d'un rebond. Il y aura des apparentés parce que c'est un corps qui réagit comme d'autres corps physiques, mais il y a un certain nombre de gestes abstraits qu'il aura beaucoup de mal à produire. Même s'il fait un gros travail sur son propre corps, il va avoir tendance à aller dans cette direction. En fait, il va avoir tendance à produire dans son corps des gestes qui veulent ressembler à des formes abstraites qui ne sont pas dans la nature du geste humain. Ces formes qui ne sont pas dans la nature du geste humain, qui sont des formes abstraites, des allures, mais des allures qui ne sont pas des allures gestuelles, font partie de l'expérience.

ALAIN BERTHOZ – Vous posez un problème sur lequel j'ai commencé à travailler, il y a quelques années avec l'équipe des Arts Numériques, Marie-Hélène Tramus et Michel Bret, à Paris 8. Ils avaient fait un funambule qui dansait sur un fil, et Michel Bret avait fait faire des mouvements à cette femme funambule à partir de programmes et d'idées abstraites, etc. On a fait un projet ensemble (un papier a d'ailleurs été publié dans la revue « Leonardo »). J'avais proposé à Michel Bret et Marie-Hélène Tramus de donner à cette funambule la cinématique du mouvement naturel. Ils ont donc modifié ses programmes pour que les gestes des bras, etc. deviennent conformes aux lois du mouvement naturel qui permettent d'inférer un mouvement naturel même avec seulement quelques points.

On était d'accord sur le fait que le but n'était pas de rendre la funambule naturelle. Le but artistique et esthétique était de permettre aux artistes qu'ils étaient, une fois qu'ils avaient donné les lois du mouvement naturel, de les rompre, de les casser, de les modifier en fonction d'un projet esthétique de mouvement abstrait, d'un projet artistique qui surprendrait parce que, justement, ce ne serait pas un mouvement naturel.

C'est un travail un peu semblable, si j'ai bien compris votre question, à ce que font certains danseurs. Oui, on peut se fixer comme objectif de donner à des créatures, à des objets, ou dans un design, des mouvements qui ne sont pas conformes aux mouvements naturels du cerveau mais qui vont produire autre chose, et les artistes ne s'en privent pas.

J'ai travaillé aussi récemment avec un autre groupe appelé « Brouillard précis ». Ce sont des Marseillais, avec qui on avait fait le même genre de travail.

Ai-je au moins compris votre question ?

INTERVENANT – Oui.

ALAIN BERTHOZ – Je l'espère. Ceci dit, je ne suis pas prêt à faire l'analogie entre les lois du mouvement naturel, leur beauté, et un éboulis. Ce sont les organismes vivants qui ont inventé et c'est l'évolution, c'est ce que j'ai développé dans mon livre *Simplexité*, qui a doté les organismes vivants d'un certain nombre de mécanismes qui permettent de gérer des mouvements d'une façon qui minimise la secousse, qui sont compatibles avec on ne sait pas très bien quoi, finalement.

Oui, la création peut essayer de dépasser les lois du mouvement naturel. Ceci dit, ce n'est pas une raison pour faire le bâtiment des finances de Bercy dont j'ai dénoncé la scandaleuse architecture dans *La simplexité*. Ce n'est pas une raison pour oublier le plaisir que l'on a dans la perception du mouvement.

ROBERTO CASATI – Pour la robotique et les

humanoïdes, une des raisons pour lesquelles on fait des humanoïdes est que l'environnement dans lequel on évolue, l'environnement artificiel dans lequel nous sommes, privilégie des objets qui ont notre forme. Donc les humanoïdes s'adaptent, dans le design, à un environnement qui a des chaises, des tables, des marches qui sont faites d'une certaine façon. Cela n'a pas beaucoup de sens de faire des humanoïdes de toute petite taille ou de très grande taille. On fait des ascenseurs, on peut imaginer des robots qui vous ramènent aux étages, mais c'est plutôt absurde d'en faire de forme humanoïde. On adapte la taille à la fonction. En fait, on fait la même chose pour les robots humanoïdes. On fait des humanoïdes parce qu'il y a un environnement qui a notre forme.

ALAIN BERTHOZ – Le problème s'est posé pour « Romeo » de savoir s'il fallait lui donner une forme humaine, des yeux, etc. ou pas. On en a discuté et il y a, en effet, des raisons pour penser qu'éventuellement ce n'est pas nécessaire. D'une certaine façon, cela peut être intéressant que la forme de Romeo, l'humanoïde qui est en train d'être construit, ne soit pas anthropomorphique. Il y a peut-être des contraintes de taille, mais en particulier à cause de la crainte que cela peut évoquer ...

Jacques DROULEZ va plus loin, puisque dans une réunion récente il a dit : à la limite, cela vaut-il le coup, ne peut-on pas faire des machines ad hoc.

ROBERTO CASATI – Ce n'est pas seulement la question de l'aspect émotionnel. C'est très difficile de concevoir un robot qui évolue dans notre environnement sans respecter les affordances, le fait que l'on a des objets comme la fourchette ou la chaise. Il faut que ce soit un peu compatible avec tout cela.

INTERVENANT – Sur ce thème du robot humanoïde, il est évident que l'on pourrait lui faire une queue pour lui donner une stabilité en tripode à

un moment, mais on a du mal à l'imaginer. C'est une remarque en passant.

Sur le thème de l'humanoïde, comment joue-t-on de la relation, au-delà de la problématique de la forme ? C'est une question que l'on s'est posée, en disant : la forme simplement ne nous intéresse pas, elle doit s'intégrer dans quelque chose de totalement dynamique, qui n'est pas simplement le mouvement et le déplacement mais qui est aussi quel type de relation on va établir. Là, on se rendait bien compte qu'il y avait aussi toute une iconographie, tout un système de représentation qui vient du cinéma.

On voit bien que NAO était déjà une reprise des mangas, des dessins animés, etc. et qu'à un moment on se retrouve vite excessivement prisonnier. Dans la collaboration qu'on avait avec eux, avec des systèmes de composition qui essayaient de pousser les avancées plus loin, en fait ils ont fait complètement machine arrière, c'est-à-dire qu'ils ont repris le grand -frère de Romeo, qui devient un peu moins manga mais qui reste encore très manga, et ils n'ont pas réussi à sortir de cela, pour l'instant en tout cas, dans les premières représentations.

ALAIN BERTHOZ – La question, c'est pourquoi ? Je n'ai pas eu le temps d'en parler ce matin, mais je voudrais mentionner qu'il y a depuis 5 ou 6 ans des projets européens et internationaux que vous pouvez consulter sur le Web sur l'expression corporelle des émotions.

On entre depuis 2 ou 3 ans, à une vitesse formidable, dans une neuroscience de l'intersubjectivité, de la relation avec autrui qui n'existait pas. La psychologie sociale a pratiquement disparu en France. Une grande partie des sciences de la cognition est un sujet solipsiste, c'est-à-dire comment nous percevons les formes, etc.

Il y a actuellement une explosion de nouvelles recherches, et si cela vous intéresse peut-être cela vaudrait-il la peine de faire un atelier spécifiquement là-dessus, sur la relation avec autrui. Ceci est évidemment piloté par la remise en cause de la psychanalyse, des études sur l'autisme, etc. et

il y a des données extrêmement intéressantes, qui sortent actuellement, sur ce qui est nécessaire pour percevoir les émotions d'autrui, pas seulement les visages, il y a une très grande littérature sur les visages, mais aussi le corps.

Nous faisons maintenant au laboratoire des recherches sur le rôle du contexte. Si je montre un sujet qui lève les bras et si derrière lui il y a une maison en feu ou un tsunami qui arrive, vous n'allez pas interpréter ce geste de la même façon que si derrière lui il y a un joueur qui vient de marquer un essai dans France/Irlande !

Si certains d'entre vous sont intéressés, on peut vous donner les accès à des URL sur comment l'on reconnaît les émotions dans le cerveau et pourquoi. Il y a éventuellement des prototypes qui permettent d'identifier telle ou telle émotion, la colère, la joie, etc. Nous travaillons sur le sujet depuis plusieurs années. Je travaille avec l'école Jacques Lecoq sur ces questions. Vous pouvez aujourd'hui par exemple consulter les sites des projets européen COBOL et TANGO ou chercher les travaux de Béatrice de Gelder sur la base bibliographique PUBMED.

Je viens de codiriger une thèse sur la biomécanique de Meyerhold. Meyerhold, le grand metteur en scène russe, avait été en rapport avec des physiologistes à l'époque. Mme Béatrice Picon-Valin, qui est une grande spécialiste du théâtre russe, et moi, avons codirigé une thèse sur cette biomécanique. Il avait décomposé les mouvements, c'était extrêmement curieux.

Le problème de savoir dans quelle mesure faut-il reproduire l'humain dans des objets artificiels qui sont destinés à interagir avec nous, est un problème très intéressant, sur lequel il pourrait peut-être y avoir d'ailleurs des projets de design.

INTERVENANT – Je me demandais s'il y avait des différences, peut-être à un niveau physiologique neuronal, entre les perceptions que l'on a de certaines figures géométriques par rapport à d'autres qui sont plutôt d'ordre biomorphique ? Est-ce qu'en termes de perception elles activent les mêmes régions ? Comment cela se passe ?

Comment s'effectue cette différence ?

JACQUES DROULEZ – On ne peut pas faire une simple dichotomie entre des formes abstraites et des mouvements biologiques. Il y a une gradation. On découvre sans cesse des réseaux neuronaux avec des caractéristiques particulières.

Schématiquement, les premiers centres qui traitent l'information visuelle s'élaborent déjà dans la rétine. Il y a beaucoup de processus. La rétine n'est pas juste une unité photographique, elle fait beaucoup de traitements spatiotemporels qui sont une forme d'abstraction dans le domaine dynamique plus que dans le domaine géométrique, mais quand même. Puis il y a l'aire visuelle primaire, le cortex, qui est l'un des éléments parmi beaucoup. Il y a peut-être une trentaine d'aires qui s'intéressent à la vision, schématiquement, sans parler des régions sous-corticales.

Ensuite, il y a des régions qui vont extraire des caractéristiques locales un peu plus élaborées comme des points, des jonctions, etc. qui sont des signes d'objets, qui ont été ensuite exploités comme étant des signes de dessins.

Il y a donc une hiérarchie. Il n'y a pas une dichotomie si nette entre d'un côté l'abstrait et de l'autre le logique, le géométrique. C'est une gradation, un réseau qui travaille ensemble.

ALAIN BERTHOZ – Pour répondre à votre question, si je l'ai bien comprise, il y a une très belle série de recherches qui est due à un chercheur qui est maintenant à Toulouse, Simon Thorpe, et sa femme. Ils ont posé la question : y a-t-il une différence entre la rapidité d'identification de formes abstraites, de formes naturelles non vivantes et de formes vivantes ? Il y a de très beaux papiers dans Nature.

Ils ont montré qu'il y avait une rapidité bien plus grande des mécanismes spécifiques d'identification des formes vivantes.

Nous savons que tout au fond du cerveau, dans des structures appelées le para-hippocampe et le gyrus fusiforme, il y a une modularité, puisque,

par exemple, la structure gyrus fusiforme est spécialisée dans l'identification mais aussi l'imagination, la mémorisation des formes vivantes et le para-hippocampe dans la perception des environnements. Si vous vous rappelez de quelqu'un qui vous est proche, de votre animal préféré, etc. vous activez le fusiforme, mais si vous essayez de vous rappeler votre bureau ou votre maison, vous activez le para-hippocampe. Il y a donc dans le cerveau des mécanismes différents, des spécialités, des différences de traitement.

Il y a également une région qui a été découverte il n'y a pas très longtemps, appelée Extra-striate Body area, dans le cortex pariétal, qui est spécialisée dans l'identification des parties du corps. Beaucoup de travaux ont été faits récemment sur les différences d'identification et sur le système miroir. Des travaux ont été publiés par Rizzolatti et Orban sur les différences de fonctionnement de ces systèmes d'identification de l'action d'autrui entre un geste fait par un singe, un geste fait par un homme ou une action faite par un robot.

Il y a donc des différences extrêmement importantes dans le traitement dans le cerveau des actions, des formes qui sont issues soit des formes naturelles de la nature, soit des formes complètement abstraites, créées, soit des formes des organismes vivants. C'est d'ailleurs un problème de design.

On en parle beaucoup avec Guillaume Thibault, pour EDF. Ils nous ont posé la question de savoir s'il faut prendre des vidéos de gens et les incruster, fabriquer des personnages avec des méthodes graphiques ou faire des vidéos de personnes réelles qui sont les trois grandes techniques actuellement. La question n'est pas complètement identifiée.

Je vais continuer à vous répondre, car c'est une question très importante pour le design des objets.

Il y a une autre preuve du fait qu'il y a dans le cerveau des différences entre l'identification des personnes vivantes et des objets non vivants. Il y a une pathologie appelée l'hétérotopagnosie. Cette pathologie a été découverte il y a moins

de 10 ans par un neuropsychologue parisien. Le médecin est en face du patient et lui demande : montrez-moi mes oreilles. Le patient reste dubitatif. Il identifie bien le médecin mais il est incapable de désigner ses oreilles. C'est uniquement spécifique aux parties du corps humain. Si on demande au patient : montrez-moi ma montre, il désigne la montre. Si on lui montre une photo de quelqu'un, il désignera les oreilles sur cette photo. Si on lui montre un mannequin, il désignera les oreilles.

Il y a donc quelque chose de particulier dans notre capacité d'interagir avec des êtres vivants et dans le traitement que nous faisons dans le cerveau des objets vivants.

PAUSE

INTERVENANT – Une question naïve sur les deux présentations de l'après-midi : C'était très intéressant de voir qu'il y avait à la fois une démarche artistique et une relation avec le mode de production, mais il me semble qu'il y a un absent : les fonctions et les usages sociaux. Est-ce une prise de position ?

LAURENT MASSALOUX – Non. Je n'ai pas pu l'exprimer assez clairement au début, mais j'ai été confronté à la même chose que Jean-François, c'est-à-dire que par rapport à cette thématique qui nous paraissait énorme que de parler des formes, notamment dans cette école, nous avons été obligés de resserrer le spectre de notre intervention.

Pour ma part, comme je l'ai dit auparavant, je ne me suis intéressé qu'aux volumes, à des formes volumiques, et à voir comment les systèmes de génération de formes ont une implication sur ces volumes.

Evidemment, j'ai fait l'impasse sur tout ce qui est systèmes de représentations bidimensionnelles en termes d'images, de représentations dynamiques. Vous avez soulevé les représentations

d'activités sociales, bien sûr ce sont des choses qui peuvent appartenir à ces domaines mais que je n'ai pas eu l'occasion de montrer.

Il y a prochainement à l'école l'organisation d'un événement autour de la forme, ce sont bien entendu des choses dont il faudra parler, car elles sont essentielles dans notre monde contemporain. Mais pour ma part, je voulais essayer d'être précis, même s'il y a des choses qui balaient large, et ne pas noyer le poisson.

ROBERTO CASATI – Je vais enchaîner en prenant l'exemple du livre numérique. Il est vrai qu'il n'a pas marché pendant de nombreuses années, maintenant il semble marcher pour des raisons qui sont tout à fait contingentes. C'est comme la caméra dans le téléphone, cela n'a plus rien à voir avec le design du produit, c'est simplement une fonctionnalité de plus.

Si on réfléchit au livre numérique, il y a quelque chose qui n'a pas marché pendant très longtemps. C'est comme si les ingénieurs avaient une image du livre et se disaient : va-t-on la raccorder au secteur par l'électricité ? On n'a pas pensé que l'on pouvait faire un usage complètement différent d'un objet de ce type, on a fait l'imitation électronique du livre.

Cela pose un problème, car si on ne réfléchit pas en tant que designer aux aspects sociaux de la chose, on perd un certain nombre de choses et on en loupe d'autres.

Par exemple, avec le livre numérique, les gens ne lisent pas simplement le livre, ils en font des cadeaux. Il est très difficile de donner en cadeau un PDF ou quelque chose de ce genre.

J'ai un objet qui ressemble à l'iPad, que j'ai pris pour des raisons qui sont liées au fait que je lis beaucoup. Il a la possibilité d'annoter des PDF. Il y a une application qui est l'annotateur de PDF. Je ne l'utilise pas comme mon ordinateur principal, cela n'a pas de sens, mais pour annoter les PDF. Comme je fais beaucoup de lectures et que je dois envoyer des copies corrigées aux éditeurs, etc. cela a complètement changé l'économie de mon travail.

Il y a une idée « ayatollah » dans le design : on prend des objets et on les recrée en mieux. En fait, on peut faire des usages partiels avec les nouveaux objets. C'est là que vous avez soulevé une idée intéressante ; on n'est pas obligé de remplacer complètement les dessins avec les outils numériques, on peut imaginer des formes de cohabitation de l'existant avec de nouveaux usages.

JEAN-FRANÇOIS DINGJIAN – Pour répondre sur la question du livre numérique, en l'occurrence la question était de réhabiliter l'objet, parce que l'objet en soi a un problème : il est déconnecté de l'écrit. C'était comment raccorder un objet qui est détaché de cela au système de l'écrit.

Effectivement, on ne va pas laisser l'iPad de côté car cela révolutionne le livre numérique. Ce qui est assez étonnant, c'est l'analogie. C'est un rayonnage avec des couvertures de livres, on peut acheter une couverture de livre et l'offrir.

Je connais quelqu'un qui a un petit iPod avec une programmation à l'intérieur. C'est aussi une manière de se réinterroger sur quelle valeur on donne au contenu. Je trouve que c'est ce qui est intéressant. Au final, on a besoin d'un très bon objet, mais on a surtout besoin d'un très bon contenu. Cela pose la question de la forme et du fond.

Ce que j'ai présenté aujourd'hui, c'est une succession de questionnements. Je ne réponds à rien.

Alain BERTHOZ – Un commentaire rapide...

D'abord, j'ai trouvé cela passionnant. Merci de nous avoir montré cela, c'est formidable. J'aurai deux questions à poser.

Pour le livre, vous n'avez pas parlé du tout du fait que le livre se tient avec les mains. Sa taille, son poids, sa manipulation. Sa taille est liée au champ visuel. Avez-vous une réflexion, dans le cadre de ce projet par exemple, sur le fait que c'est aussi cela qui est important ? Un des échecs des livres

numériques vient peut-être du fait qu'ils n'ont pas été insérés dans « le corps en acte » (voir le livre récent que j'ai édité avec B Andrieu à propose de Merleau- Ponty). Je raisonne en physiologiste !!

JEAN-FRANÇOIS DINGJIAN – Vous avez raison. Je suis passé un peu vite sur cette question mais le travail qui a été fait, portait d'abord sur des questions de proportions du livre et de relations à l'objet de lecture : comment le tenir, comment l'ouvrir, comment l'avoir en main, et surtout comment arriver à la qualité parfaite pour lire sur un support qui n'est pas le papier, qui n'est pas imprimé ?

On a pris en compte à la fois la qualité de la typographie et la qualité des blancs. Je suis passé un peu vite, mais il y a aussi l'idée que l'on a une relation tactile, puisqu'on est obligé de caresser pour changer de contenu.

ALAIN BERTHOZ – En ce qui concerne le portrait que vous avez montré, j'invite votre collaborateur ou votre étudiant à venir faire le portrait de son propre corps dans mon labo, comme il l'a fait avec les yeux nous mettrons à sa disposition notre système de capture de mouvement.

LAURENT MASSALOUX – C'est un artiste, Michel Paysant.

ALAIN BERTHOZ – J'ai une question technique. Que veut dire la « glaise programmable » ? Comment se programme-t-elle ?

LAURENT MASSALOUX – Il faudrait le demander à Quentin Vulot, qui n'est pas là. C'est un projet de son diplôme. Je crois que cela fait vraiment partie des choses assez prospectives. On sait que l'on arrive maintenant à construire des micro-robots.

ALAIN BERTHOZ – Il a mis des micro-robots dans la glaise ?

LAURENT MASSALOUX – Non. C'est allé plus

loin que la question des micro-robots. Si on dit que ces micro-robots peuvent être à une échelle nanoscopique, on peut trouver des solutions. Avec des systèmes d'organisation et d'agencement avec une centaine, voire 200 robots, on arrive à créer des formes.

C'est en cultivant cette hypothèse et en réduisant la taille des nano-robots que l'on arrive à créer des formes. C'est une dimension prospective.

ALAIN BERTHOZ

Professeur au Collège de France
Chaire de physiologie de la perception et de l'action
Membre de l'Académie des Sciences – Institut de France
Président de l'Institut de Biologie du Collège de France
Directeur du LPPA

Depuis la rencontre que nous avons eu l'occasion de faire grâce aux enseignants de l'école et à Alain Cadix, nous avons réfléchi ensemble pour élaborer des projets qui soient aux frontières avec, disons, les découvertes récentes, sans arrogance, des sciences de la cognition.

Les sciences de la cognition sont un domaine extraordinairement vaste, puisque leur objectif, depuis une quinzaine d'années, a été de regrouper des disciplines aussi diverses que la philosophie, l'intelligence artificielle, les maths, la neurophysiologie, la psychologie, la logique, etc.

👉 **Nous assistons à un questionnement de toute la société pour retrouver le « sujet » dans le processus de conception des objets.**

Ce défi a été relevé depuis une quinzaine d'années par une communauté qui aujourd'hui rassemble, dans la région parisienne, près de 800 chercheurs toutes disciplines confondues. Récemment, un travail animé par Jean Lorenceau, de trente ateliers, pour faire le point sur les sciences de la cognition, a identifié plus de 1 500 chercheurs au niveau national. Il s'agit donc d'un domaine qui est en explosion et qui ne peut pas être présenté aujourd'hui uniquement par nous trois.

C'est une petite étape, un petit pas, comme pour le premier pas sur la lune, que nous voudrions faire aujourd'hui ensemble, Alain Cadix, mes collègues et moi, avec vous, pour essayer de voir si on peut aller un peu plus loin.

Je voudrais dire, dans la phase d'introduction de l'exposé que je vais vous faire, que depuis que j'ai publié *La décision*, *Le Sens du Mouvement* et *La simplicité*, depuis qu'un certain nombre de mes collègues ont travaillé dans ce domaine des sciences de la

cognition, nous assistons à un extraordinaire questionnement de toute la société, tous domaines confondus pour retrouver le sujet, l'homme et la femme, leurs émotions dans les processus sociaux et dans les processus de conception des objets.

Il semblerait que l'on sorte d'une période où le formalisme a oublié cette dimension humaine. À la RATP, j'anime un séminaire de prospective. La direction de la RATP m'a dit que les transports en commun avaient été considérés du point de vue des flux et du matériel, et souhaitait remettre le voyageur au centre. Cela donne une idée de l'espèce de retournement formidable qui est en train de se produire, toutes disciplines confondues, pour retrouver le sujet que l'on a souvent oublié derrière une approche rationnelle des processus ! C'est en cela que la partie scientifique, les sciences de la cognition pourraient être l'objet de dialogues entre nous.

☞ **Le cerveau ne se contente pas de recevoir des informations, il projette sur le monde ses interprétations et ses hypothèses.**

Si l'on s'en tient à la vision comme analyse des formes visuelles, je voudrais vous rappeler qu'il y a, à partir de l'image d'un objet ou d'une peinture plusieurs voies visuelles : une grande voie qui passe par la partie supérieure du cerveau, qui identifie où nous sommes, une deuxième voie qui va vers le lobe temporal, qui identifie le quoi, qui reconstruit le visage de chacun d'entre vous ou les objets, et qui est spécialisée dans l'identification des objets, puis une troisième voie qui va vers la structure appelée l'amygdale, qui est fondamentale pour l'émotion. C'est la structure qui fait que vous trouvez un visage sympathique ou pas, dangereux ou pas. Elle attribue immédiatement à l'objet, à sa forme, une valeur de survie, bonne ou mauvaise. Cette attribution de valeur est ensuite évaluée dans des structures extrêmement importantes comme le cortex orbito-frontal, et tout cela donne lieu à des décisions qui sont travaillées dans la partie antérieure du cerveau, dans le frontal, qui guident ensuite l'action.

Voilà, en 45 secondes, un résumé de la physiologie pour vous montrer l'extraordinaire modularité de l'analyse des formes visuelles. Mais il en est de même pour l'analyse des formes par les autres sens, et leur combinaison.

La perception d'une forme ou d'un objet n'est jamais passive, elle est toujours décision. Quand je regarde les objets et les formes ici, que ce soit la salle, vos visages, vos corps ou les objets, mon cerveau ne se contente pas de les analyser, il décide, il anticipe. Vous décidez que ce que vous voyez est un chien derrière un arbre et non pas deux morceaux de chien.

C'est une décision que prend votre cerveau de reconstruire la forme. Vous

décidez qu'il y a dans les triangles de Kanizsa¹ des formes qui n'existent pas, des triangles, des carrés, des rectangles. Le cerveau impose au monde des formes et des objets, des grilles d'interprétation.

Notre cerveau attribue donc au monde des formes, des propriétés en fonction de ses grilles d'analyse. Le cerveau impose au monde la symétrie et vous savez à quel point il peut déformer les formes réelles du monde pour imposer des règles d'interprétation. C'est ce que j'appelle la tyrannie de la perception.

Le monde est plein de formes ambiguës et le cerveau résout ces problèmes. J'aime bien dire que les illusions sont des solutions que trouve le cerveau dans le cas d'ambiguïtés, ce qui les oppose aux hallucinations qui sont des créations de formes par le cerveau. Un jour mon collègue le grand mathématicien Schwartz est venu me voir, il m'a dit : à côté de la télévision je vois un personnage en habit de hussard. C'était une forme qui était créée par son cerveau. L'hallucination est une création, l'illusion est une solution.

☞ La perception est décision.

Autre problème intéressant, pour nous en tout cas: les formes ne sont pas forcément statiques, cela peut être soit des formes en mouvement, soit des formes qui produisent des mouvements, soit des formes qui expriment le mouvement, une trajectoire; par exemple la forme que je crée avec ma main. Un danseur crée une forme, une morpho-cinèse, comme disent certains. Cette perception de la forme d'un mouvement est contrainte par des lois de la production par le cerveau du mouvement.

Il y a toute une série de travaux récents extrêmement intéressants à ce sujet. Il faut citer notamment les neurones miroirs, c'est-à-dire des neurones qui codent aussi bien la production d'un mouvement que la perception du mouvement. Cela a été découvert chez le singe et vérifié chez l'homme. Nous avons dans le cortex frontal des neurones qui déchargent avant que je fasse un geste; ce sont des neurones qui préparent un geste spécifique; mais si vous faites le même geste, le même neurone va s'activer dans mon cerveau. Autrement dit, la perception que j'ai de votre geste est simulée dans mon cerveau par les mêmes neurones que ceux qui vont produire le geste.

Lorsque nous créons des formes avec la main, avec le corps, en dansant ou même en fabriquant un objet qui souvent reflète le geste, l'évolution a trouvé des lois pour simplifier le contrôle du geste. Les sciences cognitives ont identifié toute une série de lois dont la vocation est de simplifier le contrôle du geste. Lorsque je fais un mouvement elliptique, un mouvement naturel, il y a une relation très simple entre la courbure de mon mouvement et la vitesse tangentielle. Tout mouvement naturel, y

¹ Le motif de Kanizsa est une illusion d'optique cognitive publiée en 1955 par Gaetano Kanizsa.

compris ceux que nous faisons avec les mains, obéissent à cette loi extrêmement stricte, dite loi de la « puissance $2/3$ ».

☞ J. Koenderink a montré que le cerveau utilise des géométries non-euclidiennes pour la perception des surfaces et des formes des objets.

Elle est aussi valable pour la locomotion. Si vous créez une forme locomotrice comme un danseur, si vous mesurez la vitesse tangentielle le long de la trajectoire et la relation avec la courbure, on trouve aussi cette loi. Viviani un de nos collègues, a montré que si on vous demande si le mouvement de ce doigt est à vitesse constante, vous ne le percevrez à vitesse constante que si, en réalité, mon doigt change de vitesse, s'il va vite ici et s'il ralentit à la courbure. Autrement dit, les lois de la perception sont contraintes par les lois de la production.

Tout ceci résulte vraisemblablement de principes très généraux de production du mouvement qui ont été appelés par les physiologistes « principes d'équivalence motrice ». On peut dessiner le « a » avec le bout du doigt, le dessiner avec la main, mais on peut aussi le dessiner en courant sur une plage. Ce que découvrent aujourd'hui nos domaines scientifiques, c'est qu'en réalité, cette possibilité de créer la même forme avec des effecteurs aussi différents, et aussi différents en complexité, vient sans doute du fait que le cerveau planifie, organise le geste, le mouvement en fonction de principe très généraux, soit des principes de minimum de secousses, de minimum d'énergie, de souplesse. Le cerveau aime les formes souples.

En réalité, il semblerait que le cerveau ne code pas le mouvement dans une géométrie qui est purement euclidienne, mais qu'il utilise des combinaisons de géométrie euclidienne affine et équi-affine. Tout cela est très compliqué et avait été déjà préfiguré par le physicien, devenu neuroscientiste, Jan Koenderink, en Hollande, qui a montré il y a très longtemps que le cerveau utilise des géométries non euclidiennes pour la perception de l'espace visuel et tactile et la perception des formes des objets.

Il y a donc une espèce de remise en cause du cadre classique de la représentation que nous nous faisons du monde des formes comme étant lié à la géométrie euclidienne, avec l'idée que ces géométries non euclidiennes introduisent aussi toute une dynamique, toute une cinématique.

Une autre découverte qui m'a semblé importante a été faite par Semir Zeki, un neuroscientiste anglais. Il a présenté simplement des formes statiques, des dessins et il a montré que lorsque l'on montre un dessin, fixe j'insiste, il y a une activation de l'aire médio-temporale du cerveau, c'est-à-dire l'aire qui est impliquée

particulièrement dans la perception de la vitesse dans le monde visuel. Lorsque nous voyons une calligraphie nous percevons le mouvement de la main du calligraphe. C'est ce que j'accuse les architectes d'avoir oublié en nous imposant à Bercy par exemple, au Ministère des Finances ou même à la Grande bibliothèque, des formes rectangulaires qui nous empêchent d'avoir le plaisir du mouvement.

☞ La perception du mouvement et de l'action est contrainte par les lois de la production du mouvement.

C'est pourquoi j'aime beaucoup cette architecture d'Andreu qui allège de façon extraordinaire et qui donne un mouvement que je perçois. Je le vis, je me promène mentalement dans ces formes extraordinaires.

Le cerveau a des systèmes différents pour l'action dans des espaces différents. L'espace est utilisé aussi depuis très longtemps pour stocker des concepts, des idées. On trouvera dans les livres de Frances Yates et de Mary Carruthers des études sur l'utilisation des espaces architecturaux pour la mémoire. Mary Carruthers suggère aussi que l'architecture des églises, des abbayes, organise la connaissance des moines sur la Bible. John Schied a trouvé un manuscrit romain qui contient des recommandations sur les règles sociales et qui utilise comme fil rouge une promenade dans Rome, de monument en monument etc.

On ne perçoit pas les objets de la même façon en fonction de leur distance. Pourquoi ? Parce que notre cerveau traite des espaces avec des réseaux neuronaux différents. Je traite la forme de cet ordinateur et ce qui se passe autour de moi ici avec un certain réseau. Si on pointe avec un laser vers un écran à 70 centimètres, on active un réseau dans le cerveau. Si on pointe avec le laser vers un écran à 2 mètres seulement, on active un autre réseau. Quand j'observe ce qui se passe ici autour de moi, quand je vous observe ou quand j'essaie de réfléchir à cette pièce, ou même à la ville de Paris, ce sont des réseaux différents qui travaillent. Nous ne savons pas encore exactement pourquoi, mais il est possible que ces réseaux ne travaillent pas dans les mêmes géométries et que nous n'ayons donc pas les mêmes grilles d'interprétation pour les différents espaces.

On oublie souvent, quand on conçoit des formes, que selon que cette forme, cet objet ou ce lieu dans lequel on fait vivre les gens fait impliquer des espaces proches ou lointains, nous n'allons pas traiter ces formes, ou les usages que nous en faisons, de la même façon, avec le même réseau dans notre cerveau.

Nous avons aussi plusieurs façons d'appréhender ou de mémoriser les espaces dans lesquels nous évoluons. Par exemple, nous pouvons nous rappeler un trajet en évoquant notre mouvement, les événements qui sont survenus, (mémoire dite

épisodique), c'est ce que nous appelons le point de vue « égocentré » et une stratégie de « route ». Mais nous pouvons aussi nous rappeler notre trajet en évoquant une carte, nous appelons cette stratégie cognitive « allocentrée », grâce à une stratégie de « survol ». Nous utilisons beaucoup la réalité virtuelle pour étudier les bases neurales de ces stratégies. Vous avez peut-être remarqué qu'aujourd'hui, les GPS ne montrent plus la carte de la ville, ils ne montrent pas non plus le trajet dans ce que nous appelons la route de façon « égocentrée ». Les GPS montrent maintenant les objets que sont les villes ou les lieux dans une perspective oblique.

☛ **Le cerveau utilise des réseaux différents pour l'action dans des espaces différents. L'espace et la forme des espaces sont utilisés pour la mémoire.**

Nous savons que ce sont des réseaux différents du cerveau qui traitent les stratégies de routes ou les stratégies de cartes. La stratégie oblique permet vraisemblablement d'encoder les lieux dans notre cerveau, dans ces différents réseaux, et ensuite pour l'usage, puisque le design c'est l'usage, d'aller éventuellement utiliser ces encodages en utilisant les stratégies différentes du cerveau. Peut-être est-il intéressant aussi de tenir compte de ces différentes stratégies du cerveau lorsqu'on conçoit des aides à la navigation.

Nous travaillons aussi actuellement avec EDF, à la fois sur ces espaces d'une complexité fantastique que sont les centrales nucléaires. Ces centrales sont des « lieux objets » dont le design est encore entièrement à concevoir. Nous travaillons actuellement avec les équipes de réalité virtuelle d'EDF pour essayer de comprendre les stratégies de navigation dans ces lieux dans lesquels les gens sont complètement perdus, car la disposition des machines, le design, ou plutôt l'absence de design, y est faite en fonction de caractéristiques techniques mais pas du tout en fonction des capacités qu'ont les hommes, les travailleurs d'aller s'y retrouver.

Pour finir, voici quelques pistes sur des domaines d'application des sciences de la cognition en interface avec des gens qui fabriquent des objets :

☛ **Quelques exemples de sujets possibles de coopération.**

Dans le sud de l'Italie, avec une alliance entre le département de mécanique de l'Université *La Sapienza*, et l'hôpital pour enfants, pour la rééducation des enfants infirmes moteurs cérébraux, nous travaillons sur la conception d'une petite plate-forme qui permet d'étudier la posture, la perception et la mémoire vestibulaire de ces enfants.

Dans notre laboratoire, nous composons des ensembles qui permettent de combiner mouvements du corps et réalité virtuelle pour des tâches d'étude des stratégies de navigation, mais aussi de rééducation, en permettant au sujet de se déplacer, c'est-à-dire de faire des mouvements qui lui permettent de naviguer mais en même temps d'être actif. On bricole des ensembles, mais étant donné que ces choses sont utilisées actuellement pour la remédiation, il y a peut-être tout un design à créer pour ces méthodes nouvelles faisant intervenir à la fois le corps du sujet en action et ces mondes virtuels.

Nous construisons des villes virtuelles, dans lesquelles on étudie les représentations égocentrées ou allocentrées, comme on le fait en voiture quand on passe de la conduite automobile au GPS. Il y a un problème d'intégration des deux. Dans l'aviation, on a fait des casques qui intègrent le réel et le virtuel (réalité augmentée), certaines automobiles le font, mais il y a là un problème intéressant d'intégration du réel et du virtuel.

Il y a beaucoup de travaux sur l'utilisation de ces technologies pour la réhabilitation de l'anxiété, l'agoraphobie, mais cela reste un grand défi puisque, aujourd'hui, ces techniques sont employées à la maison. C'est fait au Danemark, par exemple. J'ai visité un centre qui fait de la télé-rééducation pilotée par le centre de rééducation. Demain, peut-être, les médecins à Paris piloteront-ils des rééducations même dans des pays où il faudra faire des designs pas chers, en Afrique, en Asie, dans des pays qui ne peuvent pas se payer des technologies très élaborées. Donc il existe tout un champ nouveau de transfert vers des technologies moins chères mais pratiques, qui permettent d'exposer les gens avec des méthodes de réalité virtuelle interactives pour la remédiation, la réhabilitation personnelle.

☞ **Les humanoïdes? Faut-il donner une forme humaine?** **La « mobilité ».**

Je termine par un autre monde dans lequel je suis plongé, dont je n'ai pas parlé la dernière fois, celui des humanoïdes. Des formes de créatures artificielles, dans notre culture occidentale, sont craintes à cause du mythe du Golem, que vous connaissez. Au Japon, ce n'est pas du tout le cas, on aime les formes artificielles.

Un des défis, par exemple, dans tous les programmes qui existent actuellement sur les humanoïdes, est : faut-il donner ou pas une forme humaine à ces humanoïdes. Je crois que votre école est impliquée avec ALDEBARAN dans le programme ROMEO issu de leur travail sur le petit humanoïde NAO, qui avait une forme semi-humaine. Beaucoup de sujets intéressants de design apparaissent autour de la robotique

humanoïde et, de façon plus générale, autour de la robotique dans tous ses domaines. Nous avons été envahis par les technologies de l'information et de la communication, demain nous allons être envahis de robots de toutes tailles et de toutes fonctions. Cela va aussi être en relation avec le domaine émergent de la « Mobilité », concept très actuel qui recouvre aussi bien la marche que les transports dans tous leurs moyens qui seront l'objet de nombreuses innovations. De nouveaux champs de coopération vont naître entre Sciences Cognitive et Robotique.

Le design y aura un rôle majeur.

Berthoz, A. (2003) : « La décision », Odile Jacob, Paris, pp.391. Berthoz, A. (1997) : « Le Sens du Mouvement », Odile Jacob, Paris, pp.345. Berthoz, A. (2009) : « La simplicité »; Collection Science, O. Jacob, 2009, Paris, 256 p. Translation 2011 Simplexity Yale Univ Press. Berthoz, A. (2000) : « The brains sense of movement (Perspectives in cognitive neuroscience) », Harvard University Press, pp.352. Berthoz, A. (2006) : "Emotion and reason: the cognitive neuroscience of decision making", trad. G.Weiss, Oxford University Press, pp.312. Berthoz, A., Recht, R. (2005) : « Les espaces de l'homme », Berthoz, A., Recht, R (eds), Odile Jacob, Paris, pp.394. Berthoz, A., Vercher, J.-L. (2006) : « Le traité de la réalité virtuelle, volume 1 : L'homme et l'environnement virtuel », Les presses de l'École des Mines de Paris, Collection Sciences Mathématiques et Informatique, pp.380. Berthoz, A., Ossola C., Stock, B. (dir.)(2010) : « La pluralité interprétative » (« Conférences »), mis en ligne le 24 juin 2010. URL : <http://conferences-cdf.revues.org/154>. Berthoz, A. et Cloty : « Travail, identité, métiers : quelles métamorphoses ? » postcast d'un colloque du Collège de France (2009).

ROBERTO CASATI

Directeur de recherches au CNRS,
Institut Nicod (EHESS-ENS)

Merci de cette invitation. Je suis philosophe. Je travaille en contact avec les scientifiques de la cognition, mais j'ai un parcours un peu particulier de philosophe. Je vais présenter aujourd'hui cette réflexion qui a été suscitée par l'invitation d'Alain Berthoz.

Je suis philosophe mais j'ai eu un petit parcours de designer. J'ai fait en parallèle avec mes études de philo en Italie, à Milan, une école de design, dans laquelle le mariage entre la pratique et les sciences cognitives était déjà célébré, et le paradigme pour ce mariage était la grande période du Bauhaus qui s'informait sur les résultats de la psychologie de la Gestalt.

☞ La plupart des objets sont le résultat d'un processus qui a son origine dans un dessin.

A la Scuola Politecnica di Design, j'avais comme maître Bruno Munari, qui est connu pour un certain nombre d'objets qui sont entre le design et l'art, mais en même temps Gaetano Kanizsa, qui est connu aussi pour cette image, qui est probablement l'image la plus célèbre de la psychologie du XX^e siècle, le triangle virtuel. Il n'y a que du blanc ici, mais vous voyez un triangle qui paraît même plus blanc que l'arrière-fond, pour un certain nombre de raisons qui sont liées aussi aux optimisations suggérées par Jacques Droulez.



Mon point principal est qu'il n'est pas très évident de passer de l'information que l'on peut avoir à partir des résultats des sciences cognitives à la production, à savoir comment informer la production de ce type de résultat. Je vais faire une proposition dans la suite de cette présentation, sachant que les philosophes sont peut-être dans la société des médiateurs conceptuels, des négociateurs conceptuels. Ce n'est pas ce que la plupart de mes collègues philosophes pensent être, mais je suis un peu un militant de la philosophie.

Je vais parler d'un problème qui est le problème du dessin à l'intérieur de cette problématique de l'apport des sciences cognitives et du design. C'est un problème central parce qu'on dessine et on fait des projets qui sont souvent issus du dessin. J'ai un intérêt particulier pour le dessin. Sandro Pignocchi, à l'Institut où je travaille, a terminé une thèse de doctorat qui porte sur la récupération des intentions du dessinateur, tout à fait en harmonie avec les résultats dont on a parlé, la capacité que nous avons, en regardant un dessin, de comprendre quelles étaient les intentions du dessinateur, d'un point de vue statique, de récupérer non seulement le mouvement mais aussi les intentions du dessinateur.

☞ Notre société est complètement contrôlée par le dessin parce que le dessin a un fort pouvoir prescriptif.

En fait, notre société est complètement contrôlée par le dessin, non seulement les dessins de type descriptif, c'est-à-dire ceux qui nous permettent de représenter la réalité pour véhiculer l'information, pour communiquer des informations sur des choses qui existent et qui méritent d'être représentées, mais on est complètement contrôlé par le dessin parce que les dessins ont un très fort pouvoir prescriptif. Ils donnent des indications sur la façon dont les objets devraient être construits.

La plupart des objets qui sont autour de nous sont le résultat d'un processus qui a son origine dans un dessin, dans un croquis. J'ai pris un dessin de Leonardo pour la partie descriptive mais aussi pour la partie prescriptive. Le cheval a inspiré le projet du monument à Francesco Sforza qui n'a pas été achevé. Des siècles après, ce monument qui n'a pas été achevé a été finalement créé par une société de supermarchés et placé dans un parking. On voit le pouvoir prescriptif à long terme du dessin.

Les dessins sont directifs, mais leur capacité d'être directifs s'appuie aussi sur leur capacité d'être vus comme des dessins. Ce sont des objets assez mystérieux du point de vue cognitif. Lorsque vous êtes en train de créer une théorie cognitive sur n'importe quel sujet, vous avez besoin d'un certain nombre de phénomènes, des comportements ou des résultats sur des objets ou des faits que vous voulez expliquer, et dans le cas du dessin il y en a un certain nombre.

Par exemple, le fait que les dessins ont été probablement découverts et pas inventés. Il y a beaucoup de formes dans l'environnement qui se comportent comme des dessins. Je parle des dessins au trait. On a des tracés d'objets, par exemple des feuilles qui laissent des traces, qui ont probablement permis aux sujets humains de découvrir le pouvoir représentationnel des lignes. Il faut aussi noter qu'il est relativement facile d'apprendre à dessiner par rapport à d'autres activités graphiques comme l'écriture. L'écriture exige un apprentissage beaucoup plus long et plus structuré. Le dessin est aussi facile à interpréter, alors que la lecture requiert un vaste investissement en temps. Il y a encore une partie significative de la population mondiale qui ne sait pas lire, et l'apprentissage formel de la lecture exige de suivre un certain nombre d'étapes, qui sont aussi à synchroniser avec les étapes de maturation du cerveau pour ce qui concerne la partie visuelle.

Ce sont les données de base, mais il y a des choses encore plus intéressantes sur le dessin. Le dessin fonctionne avec des lignes qui sont composées pour obtenir des formes, mais les lignes en question sont relativement mystérieuses, ce ne sont pas des lignes quelconques. Vous ne pouvez pas dessiner en reproduisant toutes les lignes qui correspondent à des discontinuités visuelles dans votre environnement. Si vous faites ceci, vous obtenez des dessins qui ne sont pas facilement déchiffrables.

☞ Les dessins ont été découverts et pas inventés.

Si vous prenez une photo de cette salle et que vous retracez toutes les discontinuités chromatiques, p. ex. les discontinuités qu'il y a entre le blanc de ma chemise et la couleur de mon visage, vous éliminez la couleur, vous ne laissez que les lignes, l'image ne sera pas lisible. Il y a une sélection des lignes dans l'image qui peuvent être récupérées dans le dessin. Toutes les lignes n'ont pas la même valeur.

Les lignes qui gênent particulièrement, et qui sont donc éliminées dans la production du dessin, sont des lignes qui ne signalent que des discontinuités dues à l'éclairage, comme par exemple le profil des ombres.

Cela rend donc le dessin illisible que de représenter les discontinuités qui sont simplement dues à l'éclairage. En revanche, vous avez le droit de représenter des discontinuités qui ne sont pas visibles. Par exemple, un homme blanc sur le fond d'un mur blanc, cela sort très mal à la photo mais cela marche parfaitement bien dans le dessin. La discontinuité qui est signalée ici n'est pas du tout une discontinuité de type visuel.

Autre chose : les dessins supportent l'inversion de la polarité. Vous pouvez voir de façon aussi satisfaisante un dessin blanc sur un fond noir qu'un dessin noir sur un fond blanc, alors que les photos la supportent très mal, à cause d'accidents de lumière

comme les ombres. Lire des photos en négatif est très difficile, lire un dessin blanc sur fond noir est relativement simple.

Ensuite, vous avez la possibilité, dans un dessin, de représenter des lignes qui sont typiquement invisibles dans la structure d'un objet lorsque vous regardez l'objet. Vous avez cette capacité, en lisant le dessin, de comprendre certaines lignes. Une fois que vous avez décidé que ces lignes sont celles de la face avant, vous pouvez interpréter ces trois lignes comme partie invisible et donc les attribuer à la face arrière.

☛ Dans le dessin, il y a une composante motrice et une composante conceptuelle.

En outre, il y a la possibilité, dans les dessins, de récupérer une information motrice. Avant Zeki, il y a eu les travaux de Flores d'Arcais et d'autres. L'expérience était la suivante : on montrait au sujet des caractères chinois inventés, on lui demandait de les reproduire dans l'ordre dans lequel il pensait qu'ils avaient été produits, et typiquement les sujets étaient capables de reproduire les caractères dans l'ordre dans lequel ils ont été produits, sans avoir eu accès à cet ordre. Cela signifie qu'à l'intérieur de cette image, il y a suffisamment de traces pour que votre mémoire visuelle, à votre insu, soit capable de savoir dans quel ordre elles ont été produites.

Dernier point très important : les dessins ont un certain automatisme pour la reconnaissance. C'est lié à la possibilité d'apprentissage. En regardant ce dessin qui est très schématique, vous récupérez nettement l'information sur le fait que c'est un homme et pas un dirigeable ou autres. Votre concept d'humanoïde est activé .

Tout cela suggère qu'il y a une composante qui n'est pas seulement visuelle dans le dessin, il y a une composante motrice et aussi une composante conceptuelle importante : vous pouvez voir les parties cachées d'un objet et les représenter par des dessins. Tout cela suggère aussi qu'il n'y a pas une théorie écologique simple, c'est-à-dire une théorie qui se limite à considérer le dessin comme le codage d'une information visuelle.

Pour l'image photo-réaliste on pourrait imaginer une théorie écologique simple d'après laquelle l'image est en train de structurer le flux optique d'une façon semblable à celle dans laquelle l'objet représenté par l'image structure le flux optique. Cela marche dans certaines conditions, mais cette théorie simple qui marcherait très bien pour le trompe-l'œil, par exemple, ou l'image photo-réaliste très convaincante, ne marche pas pour le dessin, tout simplement parce qu'il n'y a pas ces lignes spécifiques dans l'environnement, elles ne se présentent pas sous la forme de lignes telles qu'on les voit dans le dessin, et il y a une sélection très forte des lignes.

Quelles sont les lignes qui sont utilisées par le dessin ? Ce sont les lignes qui signalent une occlusion, donc qui signalent un bord qui cache un autre bord. Pour pouvoir représenter quoi que ce soit par le dessin, vous devez faire une sélection des lignes pertinentes pour le dessin, et ces lignes sont celles qui signalent le fait qu'une surface est en train de cacher une autre surface. A ces conditions, et avec quelques exceptions et complications, le dessin marche. Vous pouvez dessiner des lignes qui sont cachées derrière, celles-là ne sont pas des lignes qui cachent quoi que ce soit dans l'image, ce sont des lignes potentiellement cachantes, des lignes qui pourraient cacher une partie de l'image si vous vous déplaçiez. Il y a une composante contrefactuelle, qui implique non seulement ce que l'on voit, mais ce que l'on pourrait voir si l'on se déplaçait. Quand vous faites un visage de face, vous tracez le nez par exemple, le nez ne cache rien, mais c'est une ligne qui cacherait l'arrière-plan si vous tourniez la tête.

☞ On a des niveaux de représentation d'un objet de plus en plus abstrait.

L'hypothèse est que les artistes, et ensuite les dessinateurs qui se sont spécialisés dans le dessin, ont été capables de faire une opération de piratage du code visuel pour la représentation des objets. L'hypothèse émise par certains scientifiques comme Patrick Cavanagh est très simple. On a des niveaux de représentation d'un objet de plus en plus abstraits, l'extraction des contours, la composition des lignes dans une forme. A un niveau intermédiaire, les objets dans le cerveau sont représentés dans un code qui est compatible avec le dessin, et les dessinateurs ont découvert ce code.

Je ne veux pas dire qu'il y a vraiment des dessins qui sont faits dans le cerveau, mais à certains niveaux de représentation, les objets sont représentés dans une forme qui spécifie leurs lignes d'occlusion, donc leur capacité de cacher d'autres objets s'ils sont placés dans le champ visuel. L'opération du dessinateur, c'est la découverte de ces codes internes et leur « hacking ».

Une bonne partie des artefacts cognitifs sont de ce type, ce n'est qu'un exemple d'une théorie beaucoup plus générale. Les neurones de l'écriture, de Stanislas Dehaene, est un très intéressant pour ceux qui s'intéressent au dessin car il y a nombre de parallèles qui sont féconds, (jusqu'à un certain point). Les systèmes d'écriture ont fait un « hacking » sur les systèmes de représentations visuelles qui spécifient les jonctions sur les objets comme des jonctions significatives du point de vue de probabilités environnementales.

Par exemple, si vous voyez un T dans une configuration quelconque, il est beaucoup plus probable que ce soit une surface qui cache un angle, par exemple, plutôt que ce soient trois surfaces qui sont jointes dans l'environnement.

On a cette capacité de reconnaître un certain nombre de jonctions particulièrement riches en informations qui sont exploitées par le système visuel pour créer des formes qui sont significatives pour la lecture. C'est la grande thèse de Dehaene mais qui est une thèse générale.

On a tout le temps, lorsqu'on a affaire à des artefacts épistémiques, des phénomènes de « hacking » de codes internes qui étaient censés faire autre chose. On n'est pas né avec la capacité de lire, on n'a pas eu une évolution qui privilégie le dessin et l'écriture, mais il faut exploiter les capacités qui sont déjà là. Les complexités du code interne sont des complexités qu'il faut explorer.

👉 **Les objets dans le cerveau sont représentés dans un code qui est compatible avec le dessin et l'opération du dessinateur c'est la découverte de ces codes.**

Je vais terminer avec quelques éléments de complications dues à la technologie et quelques perspectives.

J'ai dit que la plupart des objets sont produits aujourd'hui à partir de dessins, de croquis, donc à partir d'une compréhension des objets qui est en partie limitée mais aussi en partie augmentée par notre capacité de créer des profils d'objets et de les reporter sur le papier.

Aujourd'hui, on a des technologies qui permettent de passer à côté du dessin, de le by-passer, de passer directement de la construction du projet par un AutoCad 3D, avec une manipulation de formes qui ne sont plus des formes pensées pour un crayon mais qui sont décrites par un ensemble de formules, de propositions, et qui « parlent » à des imprimantes à extrusion de prototypage qui construisent des couches en 3D. On peut faire des objets qui ont une certaine simplicité, et là le point de vue sur l'objet, qui est essentiel pour le dessin, disparaît complètement.

Cela ouvre une certaine perspective pour notre compréhension du processus de création, et là, on quitte le côté recherche, on passe au côté normatif, est-ce bien d'abandonner le dessin, le croquis, pour ce genre de projet ? Le discours normatif peut contraindre, mais il faut ensuite une réflexion dans l'espace de la création, dans l'espace de la société. On perd des compétences, on acquiert d'autres compétences, on casse les équilibres et il faut donc une réflexion sur le sujet.

La technologie est toujours en train de produire ce qu'on peut appeler un désenchantement épistémologique. Elle nous fait regarder nos techniques jusqu'ici considérées comme acquises et nous oblige à les reconsidérer complètement.

Prenons l'exemple de la caméra qui était, jusqu'à l'avènement de la caméra dans le téléphone portable, un objet pour des cérémonies. On ne sortait pas avec une

caméra. Si les gens sortaient avec une caméra, c'étaient soit des professionnels, soit un père qui faisait des photos de famille. Les photos étaient donc typiquement liées à des cérémonies, à des événements, c'était un code dans lequel il était permis et prévu de prendre des images.

☞ La technologie produit un désenchantement épistémologique.

A un moment donné, on a mis des caméras dans les téléphones portables, pour des raisons qui n'ont rien à voir avec les résultats escomptés. On l'a fait parce qu'on voulait générer un trafic de MMS. Cela ne s'est pas produit de la façon dont les télécoms l'espéraient, mais du coup, le fait que tout le monde ait une caméra dans sa poche change complètement le rapport à l'image. La caméra n'est plus un objet de cérémonie mais un objet pour prendre des notes visuelles, un calepin visuel, ce qu'elle aurait dû être dès le début: or le contexte de la société avait changé cette notion ou l'avait rendue invisible. Dans ce cas, la technologie nous rend visible des propriétés des objets ou des pratiques qui étaient invisibles avant. C'est important pour garder sous contrôle l'aspect normatif.

Pour ce qui concerne les perspectives à venir, et notamment celles qui sont ouvertes par le passage d'un système parfaitement stable comme le dessin, stabilisé au long des siècles et qui exploite des capacités qui sont stables dans le cerveau, le passage de ce système dominant pour le projet, un système qui a certaines caractéristiques (privilégier le point de vue par rapport à la description abstraite) à un système où, par contre, on récupère le point de vue simplement de façon accessoire à la fin, au moment de la conception, pose le problème de comprendre la façon dont le système visuel représente des objets.

On a essentiellement deux grandes théories qui sont plus ou moins complémentaires sur la reconnaissance des objets: une théorie qui privilégie des modèles d'après lesquels la reconnaissance des objets se fait de façon indépendante des images stéréotypiques des objets, et une théorie d'après laquelle, en revanche, la reconnaissance de l'objet se fait à partir d'un certain nombre d'images stockées en mémoire qui représentent des points de vue canoniques sur les objets.

Dans la théorie qui suggère que notre reconnaissance de l'objet se fait par des éléments qui sont indépendants, le système visuel décompose les objets en des éléments plus simples. Ce microphone, par exemple, est décomposé en un cylindre, un ovoïde, etc. Le système visuel spécifie la taille de ces objets à partir d'un répertoire d'éléments primitifs, et la façon dont ils sont joints les uns aux autres. Des catalogues de formes, complétés par une typologie des jonctions entre les différentes parties, seraient suffisants pour spécifier des millions d'objets différents.

L'avantage pour la reconnaissance qui n'est pas dépendante de vous mais qui spécifie les objets de façon abstraite, c'est qu'il n'y a pas de dépendance d'un point de vue. Vous pouvez reconnaître les objets sous plusieurs points de vue parce que vous avez reconnu une forme qui, elle, est indépendante.

☞ On a essentiellement deux grandes théories sur la reconnaissances des objets.

Des recherches suggèrent, par contre, que nous sommes fortement conditionnés par les points de vue. Nos performances sont meilleures lorsqu'elles sont présentées avec un point de vue canonique des objets. Un chameau vu de côté, par exemple, est plus simple à reconnaître qu'un chameau vu d'en haut. C'est une donnée intéressante.

L'idée est que nous stockons un certain nombre d'images canoniques d'objets, puis lorsqu'on regarde un objet présenté sous un point de vue qui n'est pas canonique, on fait une espèce de morphing qui nous ramène à la forme que l'on perçoit par rapport à la forme canonique que l'on a stockée.

S'il y a une vérité, si l'un des deux modèles est meilleur que l'autre, on peut peut-être imaginer un avenir pour le dessin. Si le point de vue est un élément stable de notre cerveau par rapport à l'usage des décompositions canoniques dans des formes élémentaires, si on n'a pas de support empirique pour la deuxième théorie et si on en a un pour la première, il y aurait un avantage pour le dessin qui serait toujours présent, puisque le dessin, forcément, est la description d'un objet à partir d'un point de vue. Le dessin, ici, garderait une certaine inertie qui est une inertie due à la logique du système visuel qui est à sa base.

Ce sont des pistes qui ne sont pas forcément des pistes de recherche mais des pistes de réflexion. On quitte le domaine pur de la recherche, le domaine factuel, et on se retrouve dans le domaine de la normativité. Comme je viens de le dire, la normativité peut être contrainte. On ne peut pas tout prendre sous n'importe quelle forme, il faut respecter les capacités du cerveau. Peut-être y a-t-il là un espace de recherche empirique pour voir si le dessin a encore un avantage dans des projets.

Merci.

JEAN-FRANCOIS DINGJIAN

Designer / Directeur de projet a L'Ensci Les Ateliers

On nous a demandé, à Laurent et à moi, de parler des formes. J'étais d'abord très excité, puisque c'est le sujet principal de mes recherches. J'ai été ensuite très désemparé, puisque j'avais une multitude d'entrées pour pouvoir parler des formes et de la manière dont je peux les entrevoir.

J'ai donné comme titre à cette présentation *Les formes archaïques et les nouvelles technologies*. C'est plutôt une forme d'interrogation que vous découvrirez à la fin. J'ai voulu commencer par une chose qui m'est très chère : les process industriels qui génèrent des formes, process industriels ou manuels d'ailleurs.

☞ **L'extrusion est une manière de générer une forme continue,
la forme presque absolue;
fantasme de la production industrielle.**

Le premier process dont je voulais vous parler est l'extrusion. L'extrusion est une manière de générer une forme continue, une manière très sommaire de créer quelque chose qui, dans le fantasme du designer, est la forme presque absolue ; c'est-à-dire qu'elle peut ne jamais s'arrêter.

Pourquoi ai-je choisi l'extrusion ? Pour une raison simple : je collectionne des formes extrudées. Cela coûte moins cher que l'art contemporain et c'est aussi une façon de lire la manière dont les formes sont produites.

Qu'est-ce qu'une extrusion ? C'est un profil que l'on vient pousser dans une filière, que l'on dessine d'une manière très basique et qui permet de générer une forme continue, un profilé.

Une manière un peu plus élaborée de créer une forme extrudée, c'est la brique. Je collectionne aussi les briques. La brique est un objet intéressant car au départ, lorsque

l'humain travaillait la terre, il la travaillait avec ses mains, il avait donc une empreinte et l'extrusion est une sorte d'empreinte très élaborée puisque la matière terre, en l'occurrence, passe dans une filière ; c'est une manière de reproduire une forme, un peu comme une photocopieuse de forme.

Une autre chose intéressante dans l'idée de l'extrusion est que l'on crée de la matière avec du vide ; cette matière devient très solide puisqu'elle devient structurelle et c'est le vide intérieur qui donne finalement la fonction à l'objet.

Une autre possibilité d'extrusion beaucoup plus sommaire encore : une machine qui permet de faire des bordures. On met du béton à l'intérieur, puis une vis pousse la matière dans une filière et cela permet de dessiner une bordure.

☛ On commence à rentrer dans une complexité, ce que j'appelle de la deux dimension et demi.

Une autre forme extrudée beaucoup plus grande : une poutre. Avec une qualité structurelle très forte, une énorme brique en quelque sorte ; elle sert de coffre à volets roulants mais aussi d'élément constructif. Elle est produite par une entreprise française appelée Terreal qui est numéro un mondial de la brique et de la tuile.

C'est très intéressant car, à l'origine, Terreal est une tuilerie très localisée qui est experte de la terre et qui moule des tuiles à partir de cette terre. Au fur et à mesure de son évolution cette entreprise, qui est devenue énorme, a mis au point des technologies très évoluées qui permettent d'extruder et de produire des matériaux très intéressants, puisque la terre est un matériau qui a non seulement la qualité d'être pris sur place mais qui a aussi des qualités thermiques, phoniques, d'isolation, etc.

D'autres formes d'extrusion comme l'aluminium permettent d'aller vers des formes « techniques », par exemple, des refroidisseurs. Cela enrichit tout un langage de cette forme continue, de ce que j'appelle la photocopieuse de forme, qui relève vraiment d'une espèce de vision de la forme absolue. Ou encore, ici, une filière. On voit la partie par laquelle passe la matière.

L'extrusion, cela peut être de l'élastomère, du plastique, de la terre. Tous les matériaux qui peuvent devenir visqueux peuvent s'extruder. Ici un refroidisseur, ici des filtres qui sont extrudés de manière très fine...

Voici un objet énigmatique que j'ai fait dans le cadre d'un projet de recherche sur la céramique, une forme appelée *Enclos*, qui est simplement une forme très abstraite que l'on pose sur une surface, une table, un plan, et qui permet de délimiter un espace, donc de délimiter des usages et des fonctions. Ce qui m'importait dans ce cas, c'était vraiment l'idée que c'est la filière qui dessine l'objet et non plus la fonction qui le soumet.

Il y a une seconde manière d'entrer dans la forme que je trouve très intéressante. Tout à l'heure nous parlions de dessin. J'aime beaucoup votre réflexion sur l'idée du dessin. Aujourd'hui, l'outil numérique est un outil de conception et de dessin de la même manière que le dessin à la main reste un outil de conception. C'est une transposition de ce que sait faire la main de l'homme, c'est-à-dire prendre un outil et creuser la matière.

Un premier exemple qui est une petite expérimentation avec une fraiseuse très basique : une fraise passe dans la matière dans un sens, on retourne la pièce, on fait passer la fraise dans un autre sens, au croisement de ces passages se créent des à-jour, et on commence à entrer dans une complexité, ce que j'appelle de la deux dimensions et demie, c'est-à-dire pas tout à fait de la 2D, pas tout à fait de la 3D.

Ici, c'est exactement la même expérience. On a simplement fait varier le pas de la fraise. Au lieu de passer l'outil de manière régulière, on rentre dans la programmation. Le pas va se décaler, ce qui permet de ramener encore une complexité.

☞ L'usinage numérique, une forme de la complexité.

On ne perçoit même plus la manière dont l'outil est passé. C'est un dessin au trait qui est transposé dans un volume. Là, on perd cette notion de l'usinage pour aller vers une forme que l'on ne pourrait pas représenter par le dessin.

Sur cette dernière forme, la qualité n'est pas bonne. Elle ne rend pas vraiment compte de la précision de l'usinage. On pourrait très bien imaginer que c'est quelqu'un qui l'a travaillée à la main. En fait, c'est uniquement issu d'une modélisation 3D d'un programme.

L'intérêt d'enlever ou de fraiser la matière avec un outil numérique, c'est que l'on peut aller dans tous les axes. Ici, c'est une machine 5 axes. C'est un projet que j'ai fait avec une entreprise qui s'appelle Boostec Industries, qui fabrique des miroirs de satellites en Carbone de Silicium, une céramique qui touche la perfection, qui a une dureté incroyable et qui ne se déforme absolument pas.

C'est une matière qui coûte très cher, on essaie donc d'optimiser son utilisation. Elle est frittée à 1.500 degrés. Elle devient très dure. On l'usine avant frittage pour enlever tout le surplus de matériau, on récupère la poudre quasiment à 100 % - aujourd'hui ils sont à 99,9 % de récupération. L'idée est d'enlever tout le matériau superflu, donc, encore une fois, de dessiner les choses par le vide.

J'avais réalisé une table avec cette entreprise qui voulait absolument faire un objet qui n'indique aucune fonction pour eux. Ils voulaient simplement faire une expérience avec moi sur « comment générer une forme ». J'aurais adoré faire un miroir, mais faire un miroir avec cette entreprise veut dire polir une pièce pendant 6 mois.

Il fallait environ 1,5 M\$ pour polir un miroir, on a donc abandonné l'idée... et ils trouvaient cela assez saugrenu.

● **L'idée est d'enlever
tout le matériau superflu,
donc de dessiner par le vide.**

On a donc fait cette table, qui va être présentée bientôt au musée des Arts Décoratifs. Elle est simplement une représentation du matériau dont elle est composée. L'idée est que l'on part d'un bloc, on l'usine pour enlever au maximum toute la matière qui ne sert à rien, pour ne garder qu'une surface qui va devenir structurelle. Ensuite, avec un tracé aléatoire, on génère une forme qui est celle-ci, mais on peut générer plusieurs formes, une série de tables. Au final, cette forme n'est là que pour raconter la qualité du matériau. C'est une expérience que j'ai menée avec le Centre de Recherche sur les Arts du Feu et de la Terre. Cela n'a qu'une valeur expérimentale sur comment l'outil dessine la pensée.

Une autre manière de rentrer dans les formes, et c'est là où l'on va arriver à cette idée d'archaïsme, bien que je pense que l'extrusion est une forme d'archaïsme, de mise en œuvre archaïque, c'est quand un système technique est à l'origine de la pensée d'une forme.

Je prends un exemple très précis qui est celui d'un *zeerpot*, un objet très utilisé en Afrique qui permet de créer du froid, de la fraîcheur, uniquement par le système d'évaporation et de porosité de la terre. On retrouve chez nous des objets un peu similaires, notamment la carafe basque, qui génère du froid par évaporation et par porosité de la terre. C'est le même système que la transpiration.

L'intérêt est qu'il s'agit d'un système, et qu'en partant de ce système on arrive à générer des formes et des objets qui ont une qualité que seuls le matériau et le système peuvent leur donner. Le dessin devient très secondaire. L'idée est que l'on va exploiter une capacité d'un matériau pour améliorer une fonction.

Nous avons créé deux objets pour l'entreprise ENO : une brique à vin, très connue dans le sud de la France, que l'on trempe dans l'eau et qui ensuite, par le fait qu'il y ait une chaleur ambiante, génère du frais à l'intérieur, puis une carafe basque. C'est simplement un cylindre de terre qui est pincé et qui, par système d'évaporation, lorsque l'on met de l'eau à l'intérieur et qu'on la met au soleil, va rafraîchir l'eau et créer en permanence une sorte de froid passif.

Il y en avait un troisième qui était un *zeerpot* destiné à conserver les fruits et légumes et à remplacer une partie du frigo dans la maison.

Ce que vous ne voyez pas, c'est qu'il s'agit d'objets manufacturés qui ont été dessinés comme des objets industriels. Ce qui est intéressant, c'est que lorsqu'on est designer et que l'on dessine des formes, on doit toujours s'interroger sur la capacité à faire des formes reproductibles. Le design sans l'idée de la reproduction, c'est presque une sorte d'épiphénomène. Je n'entrevois pas du tout l'idée de dessiner pour dessiner. C'est toujours l'approche contextuelle qui fait qu'à un moment donné on se retrouve à produire des objets.

Le système technique, à l'origine de la qualité plastique d'une forme.

Nous avons donné à l'artisan qui fabrique ces objets un outil qui a été conçu de manière numérique. C'est une sorte de plaque avec un relief qui permet de pincer la terre de façon hermétique et de créer une sorte de grille. Il n'a qu'à tourner des cylindres, les écraser, et à essayer de trouver le geste le plus parfait.

Là, je vous ai montré des choses qui paraissent normales mais qui sont issues de techniques de mise en œuvre très complexes. Ce qui est intéressant, c'est que l'on ne les perçoit pas.

Au travers de l'atelier que je mène à l'école, j'ai pu travailler avec différents partenaires et avec différents questionnements. On a à la fois abordé des questions avec les nano et les micro-technologies, et avec d'autres laboratoires de recherche comme l'EPFL ECAL Lab, on a fait un projet qui pour moi est assez fondateur dans la façon de réfléchir sur la manière dont les technologies et les formes peuvent aujourd'hui se compléter. C'est un projet appelé *Sunny Memories*, qui est un sujet de réflexion sur une nouvelle génération de cellules photovoltaïques.

Ces cellules photovoltaïques ont la particularité et la qualité d'être souples, colorées, transparentes et de pouvoir s'appliquer sur à peu près n'importe quel support. Pour l'instant, leur rendement n'est pas aussi bon que celui des cellules Cilicium mais il s'améliore, et surtout leur production est 7 fois moins gourmande en termes d'énergie. C'est un sujet vraiment intéressant.

Je dis souvent aux élèves que le design c'est mettre en forme la pensée. Je précise toujours que ce n'est pas forcément mettre en forme sa propre pensée, la pensée du designer. C'est aussi être confronté à mettre en forme la pensée des autres. En l'occurrence, c'est le Professeur Grätzel qui a mis au point cette technologie, et c'est un très beau cadeau qu'il nous a fait car c'est un sujet vraiment passionnant sur la manière dont on peut s'emparer d'une technologie qui n'a pas de forme et essayer d'en trouver des usages qui soient pertinents.

Aujourd'hui, avec des techniques comme le roll-to-roll qui utilise des processus proches de l'imprimerie, on peut produire en continu des circuits imprimés. Le roll-to-roll est une manière de produire en couches minces des supports à des technologies. C'est très intéressant, car on n'est plus du tout lié ni à une matérialité, ni à un mécanisme. Cela veut dire que l'on a besoin de générer autour de ces technologies des formes qui deviennent, et je vais employer un terme qui peut être compris à différents niveaux, des interfaces entre l'utilisateur et l'objet, (sachant que je considère qu'une chaise est une interface). Du coup, on est tout à fait libéré de ce que je vous ai montré précédemment, c'est-à-dire le processus de mise en œuvre qui doit générer des formes.

☛ **Les technologies deviennent légères...** **Elles affranchissent les formes de leurs contraintes de mise en œuvre**

C'est vraiment intéressant, car on se retrouve à penser la forme dans l'objectif de rendre l'objet acceptable, de façon que l'on ne perçoive pas sa technologie, donc que l'on ne perçoive pas comment il va fonctionner.

On a été confronté plusieurs fois à cette question dans l'atelier, et on a fait à chaque fois un travail de collection de formes, de collection d'objets ou de collection de technologies pour essayer, à un moment donné, d'avoir une sorte de culture du sujet et de voir comment l'on pouvait combiner de manière pertinente et juste des formes qui auraient pu perdurer dans notre manière de les percevoir, mais qui surtout peuvent enrichir un système technique. C'est ce que nous allons voir dans le projet suivant:

J'ai pris l'exemple des cellules de Grätzel et j'ai commencé par un des projets emblématiques de cet atelier, qui est le projet de Guillan Graves, qui est ici.

Là, Vous voyez des cellules au silicium au fond, et devant un petit tableau dans lequel sont disposées des cellules de Grätzel. Les cellules peuvent s'imprimer comme une sorte de sérigraphie sur n'importe quel support.

Ce sont des cellules que l'on appelle « à colorant ». Elles sont constituées de nanoparticules de colorant qui sont appliquées sur une surface ; elles agissent exactement comme la photosynthèse, c'est-à-dire qu'elles captent l'énergie de la lumière.

Autre particularité que je n'ai pas précisée : elles ont un très bon rendement même quand elles ne sont pas exposées directement à la lumière. Elles captent la lumière incidente. Ils ont réussi à faire des cellules de Grätzel à partir de framboises écrasées, donc le colorant de la framboise marche. Bien sûr, le rendement est très faible.

Ce qui est intéressant, c'est qu'on n'est plus contraint ni dans la forme, ni dans la couleur, puisque c'est en train d'évoluer vers la transparence totale, ni dans le support.

Cela change complètement la vision que l'on a de la cellule photovoltaïque collée sur un toit, avec un angle précis, etc. C'est en cela que je trouve que c'est un très beau sujet qui a été proposé là.

☞ La miniaturisation nous oblige à reconsidérer la matérialité des objets...

Ici, on voit le projet de Guillan appelé *HORN*, qui est une enceinte acoustique. La première image qui vient à l'esprit est le pavillon, avec tout ce qu'il peut avoir d'archaïque, puisque sa forme amplifie le son.

Dans le projet, j'avais envie que l'on s'interroge sur la création d'une technologie à partir de ces cellules de Grätzel, sachant que l'objectif est de générer de l'énergie, que ces cellules ont un rendement assez faible, notamment en intérieur, mais en tout cas meilleur que les autres, même en intérieur. Il fallait donc trouver des systèmes qui nécessitent très peu d'énergie, qui soient très peu énergivores.

L'objet comprend un vibreur et un tout petit haut-parleur. Ce tout petit haut-parleur marche en Wifi et est connecté avec son iPhone. L'objet est mobile. On peut le transporter où l'on veut et le poser où on le souhaite. La forme de l'objet qui est le support aux cellules de Grätzel amplifie le son, donc demande vraiment très peu d'énergie.

Le deuxième objet que je vais vous montrer est une radio numérique. Pour faire marcher une radio numérique aujourd'hui, on a besoin d'une carte électronique grande comme une carte de crédit. Là, il y avait plusieurs problèmes à régler.

Le premier est toujours l'apport d'énergie. Vous pouvez voir que l'objet est décomposé par lamelles et par couleurs. Léa Longis, qui a fait ce projet, a réfléchi sur la manière dont on pouvait décomposer le spectre lumineux pour que, chaque fois que la lumière passe à travers d'une des lamelles, le spectre restant vienne alimenter la lamelle suivante. Du coup, cela a redonné un statut à cet objet, qui est un poste de radio. C'est très intéressant, puisqu'on redonne une matérialité à un objet que l'on pourrait considérer comme obsolète.

En France, on n'est pas encore tout à fait au point sur la radio numérique, mais cela arrive. C'est une manière d'écouter la radio un peu différente puisque, comme pour la télévision numérique, on peut enregistrer, repasser des émissions, etc.

En fait, ces deux objets sont inertes la plupart du temps. On écoute peut-être la radio le matin et le soir, et tout le reste de la journée ces objets vont accumuler de l'énergie. Ils ont donc une forme d'inertie, de passivité, on les oublie. C'est cela qui est intéressant. Aujourd'hui, il y a des technologies que l'on est à même d'oublier. On n'est pas obligé de connaître leur fonctionnement ni de les mettre en action en permanence.

On peut simplement les laisser de côté et elles remplissent très bien leur office. C'est dans ce sens que je trouve que les technologies deviennent légères et nous rendent des services vraiment incroyables.

☛ **Transporter du contenu numérique est aujourd'hui, quelque chose qui paraît commun...**

Le dernier projet sur les technologies que je voulais vous montrer est un projet qui s'est fait dans le cadre d'un partenariat avec Minatec Ideas Lab à Grenoble, un projet sur les nano et micro-technologies. C'est le projet d'un élève, Christophe Dubois, qui est un jouet composé comme un tangram. Le tangram est un assemblage de pièces qui permettent de créer des figures.

Dans ce projet, on nous a donné un package de technologies qui n'avaient pas forcément quelque chose à voir les unes avec les autres, et la question était : que faire avec cela ?

Quand on parle de nano et de micro-technologies, on parle de choses que l'œil ne perçoit pas et ne comprend pas. En l'occurrence, quand on parle de choses que l'œil ne peut pas percevoir, il devient très difficile de les comprendre. On s'est donc interrogé sur le fait de savoir comment les rendre perceptibles, compréhensibles, avec toujours, derrière, une idée de rendre les choses plus simples.

Le projet se compose de 10 pièces qui sont des pièces très basiques. Ces 10 pièces s'assemblent par un système magnétique. Elles communiquent entre elles et elles s'assemblent pour composer des objets comme un téléphone, une radio, un appareil photo, une caméra vidéo, un microscope, un périscope. Chaque composant comporte une technologie, et c'est en assemblant ces technologies que l'on arrive à créer des fonctions différentes.

Point intéressant dans ce projet : l'idée est de partir d'éléments qui sont presque des archétypes, et ces archétypes vont décrire la fonction. De plus, cela génère des usages, par exemple filmer une action, téléphoner avec un autre appareil, s'en servir comme d'un élément de prise de son, pouvoir observer à distance, etc.

Ce projet sur les nano et micro-technologies a été assez intéressant dans l'atelier. Il m'a beaucoup questionné sur le sujet des archétypes, qui est une question que les designers abordent très souvent. On vient de traverser une période, ces 15 dernières années, où l'on a beaucoup entendu parler de cette question de l'archétype. Souvent, l'archétype était pris dans le sens de forme symbolique, de représentation symbolique, il n'était donc qu'une représentation de quelque chose.

Il se trouve que lorsque nous sommes face à un fonctionnement que le commun des mortels ne peut pas comprendre ni percevoir, on est obligé de reconsidérer la question de l'objet archétype. Non pas pour en faire une image, mais en tout cas pour en faire un modèle qui a traversé les âges, et ce modèle va devenir une sorte d'apprentissage. On n'aura pas besoin d'apprendre à s'en servir puisque ce modèle existe.

☞ L'archétype comme modèle.

Le projet que je vais vous montrer est un projet sur le livre numérique qui a été fait par un étudiant dont j'ai dirigé le diplôme. La question était bien celle-ci : quel modèle pour un livre numérique, sachant que ce qui existe aujourd'hui, c'est cela (écran), que l'on est entre un ordinateur, un livre, une calculatrice, et que c'est un flop commercial puisque les gens ne s'approprient pas du tout cet objet, tout simplement parce qu'on ne perçoit pas la qualité que l'on aime dans un livre.

La première question qu'il a fallu se poser est : l'environnement de cet objet « livre numérique » va-t-il changer ? Les objets nouveaux n'effacent pas les objets anciens. On prend toujours l'exemple de l'escalier et de l'ascenseur, et l'ascenseur n'a pas remplacé l'escalier..

Cet objet livre numérique se positionne avec les autres livres. Son statut est celui d'un livre. On le sort de son boîtier, qui est aussi son boîtier de chargement. Il a une facture très particulière, puisque c'est un livre unique, en quelque sorte. Lorsqu'on veut qu'il entre en communication avec l'ordinateur, on corne simplement l'un de ses angles, ce qui est très lié à la notion du papier et du marquage. Cela le met en contact avec le contenu numérique de l'ordinateur. Ensuite on l'ouvre comme un livre normal, et on vient naviguer en touchant une surface tactile en cuir pour entrer dans le contenu du livre.

Lorsque le livre numérique est apparu il y a quelques années, beaucoup d'imprimeurs ont eu peur car ils pensaient que le support papier allait disparaître, or on n'a jamais imprimé autant de livres qu'aujourd'hui. Le support papier n'a pas disparu et surtout le support numérique, en tant que livre, n'a pas pris une place importante.

Je trouve pertinent de réfléchir à un livre numérique, car transporter du contenu est aujourd'hui quelque chose qui paraît tout à fait commun. On ne peut plus faire un trajet sans emporter beaucoup de contenu numérique avec soi. On se voit mal transporter un sac de livres, sauf quand on part en vacances. C'est un nouvel objet, il fallait le requalifier, et le requalifier en partant de son archétype, c'est-à-dire un objet qui s'ouvre et qui a du contenu écrit. C'est un travail qui a été fait avec cet étudiant. Il a fait d'autres projets que je n'ai pas montrés ici.

J'ai fait l'année dernière, un projet pour une exposition en Belgique appelée *In Progress*, qui proposait à huit designers d'investir la question du progrès. C'est une question très difficile, je ne crois pas qu'il y ait une réponse.

📌 **Comment conserver ou réhabiliter des formes archaïques et comment les mettre en lien avec des nouvelles technologies ?**

La réponse que nous souhaitions donner était tout d'abord de dire que le progrès n'est pas d'effacer ce qui existe, mais en faire la somme et se dire que l'on s'inscrit dans une continuité. Cela veut donc dire apprendre à observer ce qui existe déjà pour être capable soit de le faire évoluer, soit de l'augmenter, soit de le réutiliser ou de le réinterpréter.

Comme vous avez pu le constater au cours de la première partie, je suis très sensible aux mises en œuvre « archaïques », aux systèmes passifs qui permettent de générer du bien-être, de la lumière par exemple. Nous voulions mettre en lien plusieurs choses.

La première était de produire du froid ou du chaud simplement en réfléchissant et en réhabilitant une technique très ancienne qui existait en Europe et qui existe toujours en France, que l'on appelle le pisé, en France, mais qui a d'autres noms ailleurs.

Nous connaissons une ville au Soudan qui est construite en terre. C'est de la terre crue montée à la main.

Cette maison est recouverte d'un graphisme. Au début, je pensais qu'il s'agissait simplement d'un élément décoratif ou symbolique. En fait, c'est un peu plus que cela : elle est recouverte de motifs peints à la chaux qui ont la capacité d'éloigner les insectes.

Je trouve que cette architecture, qui est une architecture vernaculaire, qui ne semble pas pensée ou gérée par un architecte a une forme de justesse dans son environnement, puisqu'elle ne consomme pas d'énergie pour être réalisée, le matériau étant pris sur place ; elle génère du froid ou du chaud en fonction du jour ou de la nuit, et de plus elle éloigne les insectes. Elle a une forme de perfection.

Ce que l'on cherche quand on fait du design « industriel », c'est aussi une forme de perfection. On peut s'émouvoir d'un phare de voiture comme d'un très beau geste artisanal. Je trouvais que cet objet avait une forme de perfection.

On a voulu réfléchir à un système qui réutiliserait une technique très ancienne, le pisé, et qui viendrait mettre en parallèle ou mettre en œuvre des technologies très contemporaines. Ces technologies sont très douces, ne demandent aucune connaissance et sont totalement passives.

Nous avons créé un mur en pisé. Ce mur, pour augmenter son inertie, a un profil comme une tôle ondulée, il reprend le principe d'un radiateur qui est d'augmenter la surface pour augmenter la surface de chauffe. Il est percé de deux trous - jusque là, rien de très technologique - l'un en bas qui prend l'air froid, l'autre en haut qui retransmet de l'air chaud. Dos à ce mur, il y a ce que l'on appelle un mur Trombe, c'est-à-dire une cage en verre qui accumule la chaleur simplement par le soleil, et sur ce mur Trombe sont disposées des cellules de Grätzel qui, elles, génèrent de l'énergie. En fait, c'est une sorte de non système en quelque sorte, mais sans la technologie des cellules de Grätzel, cela ne marcherait pas.

☛ La question était de savoir comment le design peut s'emparer du progrès.

Nous nous sommes donc attelés à faire cela pour l'exposition *In Progress*. Quand le musée nous a vu débarquer avec un camion de 7 tonnes de terre, cela les a surpris, mais on a pris la terre sur place, dans un rayon de 10 kilomètres. On a monté un mur avec un coffrage.. encore cette idée d'une empreinte. Je suis très attaché à l'idée qu'un objet, même un objet thermoformé ou moulé en plastique, est toujours l'empreinte de quelque chose. Cette notion est très importante. A l'origine de la reproduction, il y a toujours l'idée que c'est l'empreinte du pouce qui va permettre de reproduire ou de créer une forme. Là, c'est un mur en pisé de 7 tonnes.

On a démoulé ce mur, il tient. Il a une forme de radiateur, il augmente donc l'inertie. L'intérieur, on l'a « formalisé » dans une sorte de cabanon, cher à Le Corbusier. Sa surface extérieure est recouverte d'un motif de cellules de Grätzel qui est là simplement pour capter l'énergie, laisser passer les rayons du soleil pour chauffer le mur Trombe, et l'inertie du mur en terre emmagasine la chaleur ou la fraîcheur.

Je termine sur ce projet car c'est une sorte d'état de la réflexion sur : comment conserver ou réhabiliter des formes archaïques et comment les mettre en lien avec des nouvelles technologies. C'est un sujet sur lequel je travaille en ce moment, qui est mon « hobby du soir », car on est à une période très charnière des formes liées aux technologies, et il faut absolument que le design s'empare de cette question.

Merci.

JACQUES DROULEZ

Médecin et directeur de recherche au CNRS

ALAIN BERTHOZ - *Jacques Droulez est polytechnicien, médecin et directeur de recherche au CNRS. Il anime dans notre laboratoire depuis longtemps une équipe qui a travaillé à la fois sur la perception des formes visuelles et la modélisation mathématique des interactions multi-sensorielles. Il a été aussi membre d'un certain nombre de projets de robotique européens, aux frontières neurosciences/robotique, sur des problèmes à la fois de navigation et de perception. Il est un homme de grande culture.*

JACQUES DROULEZ - *Merci de cette présentation flatteuse. Je dois beaucoup au travail de recherche qu'a mené Alain Berthoz. Je ne vais faire que répéter de façon plus modeste, avec un éclairage différent, ce qu'il vient de nous présenter.*

☞ **Percevoir l'invisible. Percevoir l'impossible.** **Pourquoi la perception est-elle incertaine?**

Vous pouvez vous demander pourquoi je montre cette image¹, un événement important qui vous rappelle qu'il y a une quinzaine d'années, pour la première fois un ordinateur battait un champion du monde d'échec. Le personnage intéressant dans cette image n'est pas Gary Kasparov mais le personnage que vous voyez de dos, qui en fait sert d'intermédiaire entre l'ordinateur et le jeu d'échec.

À cette époque, et toujours maintenant, on est capable de créer des machines qui effectuent des opérations logiques et arithmétiques à une vitesse absolument extraordinaire, qui arrivent à nous battre aux échecs ou à d'autres jeux, mais qui restent encore complètement incapables de se débrouiller dans la vie quotidienne.

En comparaison, vous voyez que ce personnage est très détendu face à Kasparov, qui réfléchit intensément. Il n'a pas grand-chose à faire, percevoir et agir, donc déplacer des objets sur l'échiquier.

¹ Deep Blue bat Garry Kasparov (1997).

C'est une opération que l'on fait tous les jours sans fatigue cognitive apparente. Cela paraît être pour nous une opération très simple par rapport à jouer aux échecs ou faire des calculs.

Je voudrais insister sur l'opposition que l'on peut faire entre les raisonnements logiques et arithmétiques que font les ordinateurs avec une extraordinaire rapidité, performance et précision, et leur incapacité totale à réaliser des opérations qui sont pour nous très simples, très naturelles, que l'on fait sans effort : percevoir un objet, agir dans un monde réel, prévoir le résultat d'une action, etc.

Pourquoi percevoir et agir sont-ils si difficiles pour un ordinateur et si simples pour nous ? Je vais avancer une hypothèse et essayer de la défendre, c'est notre hypothèse : c'est lié à l'incertitude. Les ordinateurs fonctionnent de façon complètement déterministe, ils ont été conçus pour cela, alors que nous vivons dans un monde incertain, et même un phénomène comme la perception, qui paraît si simple, si naturelle, percevoir un objet, c'est être confronté immédiatement à l'incertitude.

☞ **Percevoir un objet, c'est être confronté immédiatement à l'incertitude. La perception résulte d'une forme d'inférence probabiliste.**

Un exemple classique est celui du cube de Necker. Il s'agit d'un objet physique qui a une certaine forme, une certaine texture, qui va être éclairé dans certaines conditions, qui peut être en mouvement. Cet objet va faire naître une image rétinienne par un procédé d'interaction photon/matière extrêmement compliqué, en passant par des dispositifs optiques tel que l'œil, et le cerveau n'a à sa disposition que cette petite information de données sensorielles qui n'est pas la totalité de l'objet, qui ne peut pas tenir compte de tous les phénomènes très complexes d'interaction entre matière et photons, y compris les interactions qui se passent au fond de la rétine de l'observateur.

Le cerveau doit donc résoudre une espèce de problème inverse. Ce problème direct est déjà très compliqué mais il a une solution unique. Le problème inverse consiste, à partir des données sensorielles, à essayer de reconstituer un objet. C'est là où apparaît toute une série d'incertitudes qui vont être la cause de l'existence d'illusions perceptives, de variabilité dans la perception.

Ici, à partir de cette observation sensorielle classique du cube de Necker, il y a deux objets au moins qui peuvent être perçus qui présentent les mêmes qualités de régularité et de symétrie, qui font que ce sont en général ces deux objets que l'on préfère percevoir, mais en réalité on peut aussi percevoir ce dessin, qui est un objet plat. Il y a en fait une infinité de perceptions possibles à partir des impressions sensorielles.

Ce que l'on défend, c'est que la perception résulte d'une forme d'inférence tenant compte de l'incertitude, c'est-à-dire d'une inférence probabiliste. Notre cerveau est conçu pour gérer les incertitudes en permanence, y compris dans les perceptions les plus quotidiennes. Je suis désolé, il y a une formule mathématique dans ma présentation mais elle est très simple à comprendre, et c'est la seule que vous verrez.

On part de deux types de connaissance pour expliquer la perception. D'une part une connaissance a priori sur le monde : il est constitué d'objets ou d'espaces qui ont certaines propriétés de régularité, de symétrie, c'est ce dont Alain Berthoz parlait tout à l'heure. On verra d'autres exemples d'a priori que l'on peut avoir sur les objets ou les mouvements. C'est une connaissance que l'on a avant toute observation et c'est ce que l'on va projeter sur le monde extérieur, sur nos informations sensorielles. D'autre part, une connaissance de la façon dont fonctionnent nos capteurs, nos organes sensoriels, la vision, le toucher. On sait à quel point et dans quelles conditions ces organes sensoriels sont précis ou imprécis. On tient compte de ces deux types de connaissance pour avoir la meilleure connaissance possible *a posteriori*, c'est-à-dire en tenant compte à la fois de ce que l'on sait avant l'observation et de ce que l'observation apporte.

Voilà le cadre théorique général. L'utilisation du théorème de Bayes² et de la théorie des probabilités permet d'essayer de rendre compte d'un certain nombre de phénomènes perceptifs.

👉 Le monde est incertain

Dans le cas de l'action, c'est la même chose, les conséquences d'une action sont tout aussi incertaines. Si je prends l'exemple d'une machine à café, la plupart du temps les machines à café font ce que l'on attend d'elles, c'est-à-dire que vous appuyez sur le bouton café et vous obtenez le café que vous avez choisi, avec éventuellement du sucre et une cuillère, mais il arrive que l'on ait du café sans tasse, une tasse sans café ou uniquement une cuillère, etc. C'est rare mais cela arrive. Pourquoi ?

Le point important est que lorsque l'on parle de probabilité, d'incertitude, on pense à la notion de bruit, c'est-à-dire que l'on aurait un système perceptif ou moteur qui serait bruité. Ce n'est pas cela, c'est vraiment parce que l'on a des informations nécessairement incomplètes. L'image de cette machine à café³, c'est en fait l'image du monde. On ne peut pas tout savoir sur le monde. Ce n'est pas que la machine à café soit bruitée mais c'est parce que vous n'avez pas accès à l'information à l'intérieur. Pour savoir s'il reste encore des gobelets, par exemple, il faudrait avoir la clef et vous ne l'avez pas. Dans le monde, c'est la même chose, on n'a pas toutes les clefs et on ne les aura jamais. C'est pourquoi le monde est incertain.

² (théorème de Bayes) Posterior $P(S | O) = P(S) \cdot P(O | S) / P(O)$

³ Choix d'une action A en fonction d'un résultat attendu R: $P(A | R) = P(A) \cdot P(R | A) / P(R)$

Cette incertitude existe aussi dans la perception de notre orientation dans l'espace et notre perception du mouvement propre. Albert Einstein a montré qu'il y avait une ambiguïté fondamentale entre l'attraction gravitationnelle et les forces inertielles⁴. Nous avons dans l'oreille interne un capteur d'accélération linéaire qui n'est pas capable de séparer la composante gravitationnelle de la composante inertielle. Le problème qu'a le cerveau de notre sujet, c'est qu'il détecte une force globale qui résulte de la combinaison de la pesanteur et ici de la force centrifuge. Ce que le cerveau a à disposition comme connaissance, c'est uniquement la force globale, la résultante des deux. On peut se poser la question : comment fait le cerveau pour, sachant la somme de vecteurs, retrouver chacun d'eux ? A priori, c'est impossible. Il y a une infinité de combinaisons.

☞ Les a priori nous permettent de percevoir l'invisible, ils nous font percevoir des choses impossibles.

Pour résoudre ce genre de problème, notre cerveau utilise des a priori, par exemple le fait qu'a priori notre accélération inertielle est faible en général, et que l'essentiel des forces que l'on subit en permanence résulte de la gravitation.

On a pu montrer que c'était tout à fait plausible en reprenant d'anciennes données sur la perception que l'on a de notre mouvement lorsqu'on tourne autour d'un axe incliné. On peut incliner l'axe un peu ou à 90 degrés, le faire tourner à différentes vitesses, et on demande ensuite aux sujets d'indiquer le type de perception qu'ils ont de leur propre mouvement.

Avec ce modèle, on a un ensemble d'a priori que l'on peut penser raisonnables, notamment un a priori selon lequel l'accélération linéaire inertielle est faible, un a priori selon lequel notre vitesse de déplacement dans l'espace est également faible, a priori qui se révèle physiquement faux, notre terre se déplace à grande vitesse, mais on se perçoit immobile grâce à cet a priori, et on peut reproduire ainsi un certain nombre de résultats d'expériences psychophysiques.

Il y a aussi le fait qu'à certains moments, on observe des distributions bimodales dans la perception qui font que les sujets vont basculer brusquement d'un percept à un autre. Comme dans le cas du cube de Necker il y a plusieurs interprétations possibles, dans le cas du mouvement propre il y a aussi des illusions, des ambiguïtés qui sont inhérentes pas seulement à la vision mais aussi dans des cas de perceptions dynamiques, mécaniques.

Ces a priori nous permettent de percevoir l'invisible, et ici nous avons deux exemples. À partir d'un petit ensemble de points en mouvement, à gauche, vous êtes

⁴ La force totale F agissant sur un corps résulte de l'action combinée de la gravité G et de l'accélération inertielle A . F est mesurée par les capteurs vestibulaires (otolithes). L'état physique (A, G) ne peut pas être « logiquement » inféré à partir de la seule observation otolithique (F), mais il peut l'être de façon probabiliste en ajoutant des connaissances a priori (préférences sur A et G).

capable d'inférer que cette information extrêmement rudimentaire et courte est produite par le mouvement d'un être humain. Vous avez une connaissance a priori sur le type de mouvement, sur le type de dynamique qu'a ce mouvement, qui est très particulier. Avec quelques points seulement on peut reconstituer la marche et même savoir si c'est un homme ou une femme.⁵

L'autre type de percept invisible est celui-là : vous voyez une espèce de tôle ondulée qui oscille, en réalité ce sont simplement des points et si j'arrête le mouvement la tôle ondulée disparaît. Il n'y a pas de forme dans ces points, la forme n'apparaît que s'il y a du mouvement.⁶

Pourquoi perçoit-on une tôle ondulée dans ce cas ? Parce qu'on a un a priori qui nous fait rechercher un objet relativement rigide, qui se déforme le moins possible, et il se trouve que cet objet est une tôle ondulée. Vous percevez un objet qui n'existe pas, qui n'apparaît nulle part, comme une surface transparente qui relierait tous ces points de façon à ce que cette surface soit rigide.

Ce sont aussi ces a priori qui nous font percevoir des choses impossibles, un certain nombre d'objets impossibles ont été décrits. L'objet est impossible mais on peut le percevoir. On le perçoit grâce à nos a priori sur la connaissance de la perspective, la préférence pour la symétrie et la perspective. De même, on peut percevoir la fameuse cascade impossible d'Escher.⁷

Ici, vous voyez un visage qui tourne, imaginez que derrière il y aurait un masque, et vous voyez un nouveau visage qui apparaît en rotation inverse. Vous percevez une forme qui dynamiquement est impossible, un visage qui se transforme en masque puis soudainement redevient un visage.

Là, vous avez un exemple de perception a priori qui l'emporte sur l'information sensorielle.

☞ L'action du sujet modifie les ambiguïtés de perception.

Je vais montrer rapidement quelques autres types d'ambiguïtés auxquelles est confrontée la perception et comment l'action, le mouvement propre du sujet, modifie ce type d'ambiguïtés.

Un exemple classique est l'ambiguïté d'échelle. On est en vision monoculaire et on observe un objet se déplaçant à une certaine vitesse et à une certaine distance. Si vous faites une homothétie par rapport au centre optique de l'œil, un petit objet à vitesse plus faible et à distance plus faible va produire exactement la même impression rétinienne. De mon point de vue, on peut multiplier cette pièce par dix ou la diviser par dix, cela ne changera pas mon information rétinienne.

⁵ Johansson G (1973) Perception and Psychophysics.

⁶ Wallach H & O'Connell DN (1953) J. of Experimental Psychology.

⁷ M.C. Escher, la cascade impossible (1961).

Comment fait-on pour avoir une idée de l'échelle ? C'est un problème qui se pose en réalité virtuelle, on a une difficulté à restituer l'échelle d'un monde virtuel. Cela aide beaucoup d'avoir une vision binoculaire mais également un mouvement propre. Si vous connaissez le déplacement de l'observateur, les deux situations petite distance ou grande distance ont des effets radicalement différents, vous pouvez les interpréter différemment et connaître la distance, l'échelle, à partir de la connaissance de votre propre mouvement.

Nous avons fait une expérience. Dans une situation de réalité virtuelle, on montre un objet qui est simplement constitué de points en mouvement, on simule une distance entre l'objet et le sujet et on demande au sujet d'indiquer la distance, plus d'un mètre, moins d'un mètre, etc. Si on prend les essais de tous les sujets, vous voyez que dans les conditions où l'objet seul est en mouvement, tandis que le sujet reste immobile, les sujets sont capables d'indiquer la distance bien que rien dans le stimulus ne permette de savoir à quelle distance il est.⁸

● Le rôle de l'action dans la perception est fondamentale. Il y a une variabilité des réponses perceptives.

Il n'y a aucune différence entre les stimulations visuelles que l'objet soit proche et lent ou qu'il soit éloigné et se déplace rapidement. C'est extrêmement curieux. Nous nous sommes dit : les sujets arrivent à deviner ce qu'il y a dans l'ordinateur, puisqu'aucune information sensorielle n'est donnée sur la distance. En fait, ils arrivaient à faire cette inférence parce que, le plus souvent, les objets proches se déplacent relativement plus vite que les objets lointains. Les objets lointains ont tendance à être stationnaires.

À partir de cette constatation statistique qui n'est pas consciente, les sujets sont capables de reconnaître que des objets sont proches parce qu'ils se déplacent vite. Evidemment, quand ils connaissent leur propre mouvement, leur capacité d'estimer la distance avec précision est bien meilleure. Il y a une meilleure corrélation entre la distance perçue et la distance réelle.

Il y a également une ambiguïté concave/convexe.⁹ Vous avez vu un exemple avec le masque. On se limite à deux situations : soit c'est l'objet qui bouge, soit c'est le sujet qui bouge. Dans les deux cas, on peut créer exactement la même information visuelle, mais la perception est complètement différente, notamment pour cette ambiguïté concave/convexe en petit champ. Pour les petits objets, il y a une réduction très importante de l'ambiguïté concave/convexe quand c'est le sujet qui crée le mouvement, par rapport à des situations passives où il y a une très grande ambiguïté, les sujets répondent alors pratiquement au hasard que l'objet est concave ou convexe.

⁸ Panerai, Cornilleau-Pérès & Droulez, *Perception & Psychophysics*, 64: 717-731 (2002).

⁹ Dijkstra, Cornilleau-Pérès, Gielen & Droulez, *Vision Research*, 1995.

Un autre exemple de résolution d'ambiguïté entre deux indices en compétition : la perspective et le mouvement.¹⁰

On se sert de la perspective notamment grâce à une hypothèse qui n'est pas toujours vérifiée mais qui l'est souvent, notamment dans le monde artificiel, qui est l'hypothèse de régularité. Le plancher ici est régulier physiquement, mais son image sur la rétine ne l'est pas du tout. Les planches lointaines sont très petites, les autres sont plus grandes du point de vue de ma rétine, mais j'interprète cette différence de taille apparente comme étant l'indice d'une structure 3D.

Vous voyez ici un tableau en trompe-l'œil de Patrick Hughes. Il s'agit d'un objet réel, une peinture faite sur une structure en bois. Vous pensez que cela représente sans doute une pièce, dans laquelle il y a des dessins, des représentations d'art abstrait. Pour vous, c'est sans doute cette partie qui correspond au plancher de cette pièce, et ici le plafond. Il y a des murs avec des arêtes, etc. Vous avez une perception 3D d'un objet qui est en réalité complètement fausse. Si vous faites attention à ce qui se passe aux extrémités du mouvement, cette arête qui semble être à l'arrière est en réalité en avant. C'est un objet créé en perspective complètement inversée.

Si, au lieu de regarder cet objet en mouvement passivement comme vous le faites actuellement, c'est vous qui créez le même mouvement mais cette fois en vous déplaçant, en étant actif, il n'y aurait plus d'illusion, vous verriez la structure 3D de l'objet telle qu'elle est.

☞ La perception ne peut pas être déterministe.

On a reproduit expérimentalement en laboratoire, dans des conditions très simplifiées, cette situation de compétition entre le mouvement et la perspective. Dans la perspective, vous avez une image ici, il y a une infinité d'interprétations, une seule est régulière. Celle-ci donne la même image rétinienne mais elle n'est pas régulière en 3D. En revanche, elle peut correspondre à un vrai objet rigide.

On peut donc mettre en compétition, avec cette idée, les deux hypothèses que fait le cerveau : un, le monde est régulier, deux, le monde est relativement rigide. On peut mettre en compétition artificiellement ces deux priors, et on voit que le prior en faveur de la rigidité est beaucoup plus fort lorsque c'est le sujet qui se déplace. Ceci indique le rapport du poids des deux indices mouvement versus perspective. Ce poids augmente fortement, et est beaucoup plus élevé quand le sujet est en mouvement actif par rapport au cas où il est passif.

Dernier résultat : on demande au sujet d'indiquer quelle est l'orientation d'un objet plan uniquement à partir du mouvement de points répartis aléatoirement sur ce

¹⁰ Wexler, Panerai, Lamouret & Droulez, *Nature*, 409, 85-88 (2001).

plan. On a varié différentes conditions expérimentales, en particulier on a comparé ce qui se passe quand le mouvement est produit par le sujet, donc actif, et quand le mouvement est passif. Vous voyez ici l'orientation réelle du plan et ce qui est perçu.

En condition active, on a une très bonne corrélation. Vous voyez ici la distribution des erreurs de perception. En condition passive, il y a beaucoup plus de dispersion et vous voyez apparaître ici un deuxième pic de la distribution des erreurs qui indique l'ambiguïté, qui est en fait l'ambiguïté que l'on a vue plusieurs fois, celle du cube de Necker, c'est-à-dire que pour un plan donné, on peut voir indifféremment soit le plan réel soit son symétrique.^{11/12}

Ce sont ces données expérimentales, sujet immobile versus sujet actif, que nous avons essayées d'interpréter avec cette idée de combiner des informations a priori et des informations visuelles données par les capteurs. On peut reproduire très exactement ces distributions de perceptions, qui montrent qu'il y a d'abord l'illusion, illusion qui peut disparaître si le sujet est actif. Le rôle de l'action dans la perception est fondamental pour lever un certain nombre d'ambiguïtés, on le retrouve dans le modèle comme dans l'expérience.

Une idée qui est aussi importante : il y a une variabilité des réponses perceptives, variabilité entre les sujets mais également pour un même sujet. D'un jour à l'autre, d'un essai à l'autre, le sujet ne va pas percevoir la même chose. C'est la démonstration que la perception ne peut pas être déterministe.

¹¹ Van Boxtel, Wexler & Droulez, *Journal of Vision* 3(5) : 318-332. (2003).

¹² Colas, Droulez, Wexler & Bessière (2007) *Biological Cybernetics*, 97:461-477.

LAURENT MASSALOUX

Designer

Prenant la suite de Jean-François Dingjian, qui vient de parler de process de matériaux, je vais plutôt revenir sur les enjeux que proposent les outils amenant à des générations de formes. Le titre est un peu pompeux, je m'en excuse d'avance, car cette présentation n'a aucune prétention à l'exhaustivité. Cela permettra de poser certaines relations entre outil, formalisation et matérialisation. Je l'ai fait à travers différentes thématiques.

En guise d'introduction, je vous montre ce travail artistique. C'est le seul exemple lié à l'art contemporain que je montrerai. Il s'agit d'un travail de Michel Paysan, un autoportrait.¹ Cet exemple m'intéressait dans le sens où il s'est servi d'une Oculométrie, c'est un eyetracking qui est plutôt un outil d'observation pour les scientifiques. Il l'a fait dans un laboratoire de neurosciences à La Pitié-Salpêtrière.

👉 Générations et productions de formes pour de nouveaux imaginaires.

En fait, il a fait de cet outil d'observation un outil de production, de manière à ce que face à son image, c'est son œil qui fait l'œuvre. Je pense que certains d'entre vous savent ce qu'est un eyetracker. Il y a un système optique qui regarde la position de l'œil en fonction de ce qu'il regarde, puis cette position de l'œil est mémorisée, tracée et rendue à travers le graphe.

Ce qui est intéressant, c'est que plutôt que de prendre un crayon pour faire cet autoportrait, il a utilisé comme outil son œil lui-même. Il y a une espèce de mise en abîme entre le regardeur qui fait le tableau, là c'est le regardeur qui produit l'œuvre, en l'occurrence le regardeur étant lui-même l'artiste. Il y a une imbrication assez étrange, étonnante.

¹ Michel Paysan, *Eyedrwing*, 2010

Il y a un autre aspect beaucoup plus esthétique lié à cette œuvre. De prime abord, si je ne vous avais pas raconté cette histoire liée à la production de cette œuvre, vous pourriez vous dire : c'est une sorte de gribouillis presque enfantin. Je trouve qu'il y a un aspect intéressant entre ces formes très sommaires de reproduction et les technologies qui sont mises en face d'elles, où on n'est pas forcément au même degré.

Ceci était juste pour montrer des parallèles qui pourraient être opérés entre des outils et il est vrai que la plupart de ceux que j'ai rencontrés utilisent encore en partie l'ordinateur et agissent dans l'espace numérique pour la production d'objets tangibles.

Quand je dis objets, ce n'est pas au sens large, c'est plutôt en termes de volume. Je n'ai pas voulu parler des représentations bidimensionnelles, ou même bidimensionnelles et dynamiques. C'est vraiment comment ces outils, notamment numériques, arrivent à générer des formes matérialisables, des volumes matérialisés.

☛ Les outils informatiques étaient de prime abord dédiés à l'espace graphique.

En 1998, nous avons fait *Whippet Bench*². Il s'agit d'un banc où il y a une bascule entre l'image figurative et une forme d'abstraction, tout dépend du point de vue. On a parlé à différentes reprises ce matin du point de vue. J'aime bien les objets dont on n'a pas la même perception en fonction de l'endroit dans lequel on se place.

Si on se met sur la vue de côté de cet objet, on reconnaît immédiatement un chien. En l'occurrence, c'est un chien dont on n'a pas modifié la taille. On a cette image figurative qui apparaît très fortement et directement, mais dès lors que l'on se déplace et que l'on se met en face de ce meuble, on a quelque chose d'abstrait, d'assez inconnu, et pourtant il s'agit bien du même volume.

J'ai mis cet exemple en premier, car il est vrai que les outils informatiques liés à la conception étaient de prime abord dédiés à l'espace graphique, les modelleurs 3D sont venus à la suite, et là cela opère un mélange des deux, c'est-à-dire qu'il y a une part graphique et photographique, en l'occurrence, et une part liée à une modélisation 3D qui génère une extrusion.

Voici un autre travail sur cette espèce de collision ou de mélange entre image et objet. C'est un travail de Cyril Afsa³ qu'il a réalisé pour son diplôme. Il s'agit d'un packaging pour les cosmétiques où il a assemblé une image, en l'occurrence un perroquet, et un packaging qui, de prime abord, pouvait être un parallélépipède rectangle. Par le croisement de l'image et du volume, cela tord l'image et le volume. Il y a une sorte de distorsion des deux pour créer cette espèce de chose où l'on a quelque chose de très

²RADI DESIGNERS, *Whippet Bench*, 1998

³Cyril Afsa, *Objets polychromes*, 2008

reconnaissable, notamment sur la partie droite, et en même temps quelque chose de beaucoup plus inconnu sur la partie gauche.

Tout à l'heure, on parlait d'illusions. Les illusions, pour moi, cela fait tout de suite référence aux anamorphoses, il en a d'ailleurs été montré un certain nombre. Baltrusaitis, qui a beaucoup travaillé sur ces questions, appelle cela des images dépravées.

Ce que je trouve intéressant dans ce terme, c'est le double sens de l'image. C'est le cas typique dans une anamorphose. Il y a une part d'étrange et d'inconnu, voire de monstrueux à un moment donné, et en même temps, à un autre moment, à un autre point de vue, il y a quelque chose de complètement homogène et cohérent. C'est le passage de l'un à l'autre qui est pour moi un moment intéressant où j'ai l'impression d'être en bascule entre ces deux mondes, d'où ma question entre l'abstraction géométrique et la figurative.

Toujours dans le travail de Cyril Afsa et notamment l'objet *Radio*, il est très difficile de voir à quelle typologie fait référence cet objet. Dans son usage, il s'agit d'une radio. On ne peut le discerner qu'à travers des signes très précis comme certains marquages, comme une entrée de jack. Là, c'est plutôt une image en volume. Autant, dans les deux autres exemples, on avait un plaquage, une sorte de mapping d'une image sur un volume, là c'est vraiment l'image qui crée presque à 100 % le volume. Chacun pourrait lire ce qu'il veut : un météorite, des ondes sonores en mouvement, etc.

☞ Ce qui est intéressant c'est le double sens de l'image.

Il s'agit d'un travail réalisé avec un modelleur ; un modelleur particulièrement utilisé pour l'animation cinématographique.

Nous avons travaillé en 2001 sur une fontaine⁴ qui est installée à Paris, où il y a un passage entre deux images. Je ne sais pas si c'est tout à fait perceptible, mais ce volume est généré par deux silhouettes que l'on peut voir sur l'image en bas, à droite, qui sont deux silhouettes de femmes faisant référence aux cariatides des fontaines Wallace traditionnelles, historiques. L'une de ces cariatides est dans une posture statique normale, l'autre tend la main, et c'est de la main que sort un jet d'eau pour boire. En fait, tout le volume de cet objet est généré par le passage d'une silhouette à une autre.

Quand on est en face de cet objet, quand on tourne autour de celui-ci, on a la matérialisation d'un mouvement. On a toutes les séquences liées entre ces deux silhouettes. Cela fait un objet, en tout cas pour l'image présentée en gros plan, un volume assez étrange, assez peu reconnaissable, mais dès lors que l'on tourne autour, et la forme

⁴ RADI DESIGNERS, *Fontaine*, 2001

y invite, on a la compréhension du processus qui prévaut à cette génération de formes.

Là aussi, il s'agit d'un degré un peu supplémentaire par rapport à ce que peut être une extrusion. C'est une extrusion simple entre deux formes distinctes, qui arrive à recréer par exemple le mouvement de la main, mais aussi une forme de drapé lié à la robe de la cariatide, etc.

On avait vu l'interaction qu'il peut y avoir entre une image et la génération d'un objet. Je vais, à présent, vous parler d'une série d'exemples où l'on utilise déjà des objets existants pour en créer de nouveaux, une forme de « recyclage ».

☛ Ces propositions ne sont possibles que par le truchement autant des outils de conception de génération de formes, que des nouveaux outils de production.

En 2006, j'ai travaillé sur une série de trois objets qui tournent autour des vanités⁵. Je vais vous expliquer la démarche : J'ai cherché sur le net différents modèles 3D en accès libre ; j'en ai collectionné un certain nombre, pour reprendre les mots de Jean-François, que j'ai amalgamés. Après cette collecte, je les ai réunis dans un modeleur de manière à ce qu'ils forment une unité et à ce qu'ils s'interpénètrent les uns dans les autres, d'où l'image en haut, à droite, où l'on a cette espèce de corps unique fait à partir d'une multiplicité d'objets, en l'occurrence douze, qui peuvent appartenir à des répertoires très distincts, autant symboliques qu'en termes d'objets industriels, une espèce de réunion.

Dans mon esprit, c'était une sorte de mini-atlas. Notre monde est fait de ces référents-là et la typologie à laquelle je raccorde cette formalisation était une horloge.

Pourquoi ? C'est simplement un aspect narratif, c'est-à-dire qu'à chaque heure je fais correspondre des objets. Ainsi, à 10h10, l'aiguille des minutes se trouve sur le cœur, tandis que celle des heures désigne un pistolet. Cela crée une micro-histoire constituée de la réunion de ces deux objets. Il y a une espèce de champ narratif qui naît de la réunion de ces douze objets présents dans cette horloge.

Autre rassemblement, autre agrégation de modèles imbriqués les uns dans les autres : j'ai pris un seul modèle, en l'occurrence un chat, que j'ai cloné à loisir pour générer une sorte de tas. L'origine, car comme je parle de clones il y a forcément une origine, je l'ai peinte de manière naturaliste, alors que tous les autres sont blancs et dans la teinte d'origine du frittage de poudre. Il s'avère que tous ces objets sont réalisés par des procédés soit de frittage de poudre, soit de stéréolithographie, en tout cas des procédés qui permettent un certain nombre de contre-dépouilles.

Je ne vais pas forcément entrer dans le détail sur le sujet, mais Jean-François

⁵ Laurent Massaloux, *Vanitas*, 2006

parlait tout à l'heure de l'importance des processus de fabrication. Evidemment, ce type de proposition n'est possible que par le truchement autant des outils de conception, c'est-à-dire de génération de forme, que des outils de production nouveaux qui permettent un certain nombre de nouvelles matérialisations au sens physique du terme.

Ici, une réunion de crânes. Il s'agit de sept crânes qui sont réunis et intersectés les uns dans les autres. J'ai fait ce que l'on appelle une opération booléenne pour enlever toute la partie du dessus, ce qui crée une figure purement géométrique, une sorte de rosace, où il y a encore une fois cette espèce d'oscillation entre quelque chose de très géométrique et quelque chose de beaucoup plus figuratif et fortement symbolique qu'est le crâne humain.

Autre exemple venant de Greg Lynn, un architecte dont le travail informatique a une énorme importance dans sa réflexion et sa production. Il a fait une pièce de mobilier qui agrège des éléments existants⁶. C'est un projet où il a collecté, au véritable sens du terme, un ensemble de jouets en plastique rotomoulé. Il a collecté des jouets, il les a numérisés et ensuite dans un logiciel 3D il les a agrégés, agglomérés les uns aux autres, puis il les a découpés à l'aide d'une fraiseuse 5 axes de manière à pouvoir les imbriquer physiquement les uns dans les autres. C'est une sorte de recomposition d'objets existants, mais qui donne lieu à une nouvelle formalisation, à de nouveaux agencements. Le résultat final manifeste une sorte de chaos.

☪ .. De l'image/Objet..à l'objet/objet...

Il est vrai que dans tous les exemples que je vous montre, et c'est fait de manière consciente, il y a un caractère un peu monstrueux. C'est quelque chose qui m'intéresse, je m'en suis expliqué tout à l'heure, par rapport à cette part d'inreconnaisable, mais pour moi c'est une autre manière de fantasmer. Dans la tératologie, il y a une matière à imaginaire, il y a un univers qui s'ouvre, qui renvoie certainement à des choses archaïques que l'on a au plus profond de soi-même et je trouve que dans ces agencements un peu incertains, qui en même temps sont très calculés, il y a quelque chose qui atteint un degré inférieur ou supérieur, je ne sais pas, et qui me semble toujours intéressant.

On a parlé beaucoup de gestes ce matin à travers la danse et certaines questions qui ont été posées. Là aussi, il y a différentes technologies qui nous permettent d'avoir une passerelle beaucoup plus directe entre les outils de conception et la forme à laquelle je donne naissance.

Pour le projet de diplôme Quentin Vaulot⁷ a travaillé sur différentes propositions liées à des objets programmables où il convoque une matière numérique programmable. En fait, c'est la matière qui naît véritablement sous les yeux, en

⁶ Greg Lynn, *TechnoCra! - Toy Furniture*, 2008

⁷ Quentin Vaulot, *Objet programmable*, 2009

l'occurrence du concepteur, une sorte d'argile qui a une forme d'intelligence dans la manière dont peuvent s'agencer ses différents éléments.

Dans la séquence que je vous montre, la personne fait naître une sorte de casquette. Cela veut dire que chaque sous-élément, chaque particule, si on veut aller dans le sens de la prospective, est une sorte de micro-automate, et la programmation de l'ensemble permet d'agencer ces micro-automates les uns à côté des autres de manière à formaliser au mieux l'objet demandé.

☞ **Il y a différentes technologies qui nous permettent d'avoir une passerelle beaucoup plus directe entre les outils de conception et la forme à laquelle je donne naissance.**

Autre exercice, toujours lié à Quentin Vaumat⁸. Tout à l'heure, il y avait encore le truchement de l'ordinateur et d'une interface pour faire naître un objet. Là, il le produit très directement. On est vraiment dans le cas d'une glaise programmable où la matière accompagne les gestes que l'on peut faire sur la surface de celui-ci. On pourrait dire : c'est une manipulation, on peut le faire avec de la pâte à modeler. Là, il y a plutôt l'idée que par une sorte de passe magique autour de la surface et du volume de cet objet, on arrive à faire croître ou décroître des volumes, des excavations, des textures, simplement par manipulation à distance, mais à très légère distance, sur la surface de cette matière. Quand je dis : geste amenant à une génération de forme, on est très proche.

Un exemple très connu de tous les designers ici présents, *Sketch Furniture*, de Front Design⁹, qui propose de tracer directement dans l'espace des formes d'objets. Je vous montre très rapidement une vidéo.

Il y a tout un système, d'ailleurs très apparenté à celui que l'on peut trouver dans certains studios de cinéma, qui arrive à capter l'élément que le designer a au bout des doigts et, en fonction de cette captation, il arrive à faire monter une espèce de fil virtuel qui matérialise, en l'occurrence, des mobiliers.

Dans la vidéo présentée, on voit la créatrice en train de former une table ou une chaise, il faut savoir qu'elle ne voit pas ce qu'elle est en train de faire. On est plus dans une simulation de réalité augmentée, où il y a une matérialisation virtuelle de l'objet fait, mais réellement elle ne le voit pas. En fait, il y a vraiment une image mentale à laquelle elle essaie de faire correspondre un geste et qui, en même temps, est retraduite de manière informatique jusqu'à cette production. Il y a une chose assez étonnante dans cette image de l'objet qui est en train de remonter de son bain. On a beaucoup parlé de Golem tout à l'heure, on a l'impression que c'est un objet qui sort de la glaise et de la boue et qui devient presque vivant de par l'éclat qu'il a sur lui.

⁸ Quentin Vaumat, *Objet programmable*, 2009

⁹ Front Design, *Sketch Furniture*, 2007

On pourrait se dire que toute cette technologie pour en arriver à ces objets-là, la distance est peut-être un peu grande... Si je dis cela, c'est parce qu'on pourrait s'attendre à ce que par rapport à cette liberté du geste, il puisse y avoir aussi une liberté liée à l'interprétation des usages, à une formalisation peut-être un peu moins convenue, et là on a néanmoins des formes assez conventionnelles, qui ne remettent pas en cause la manière dont on s'assoit, dont on s'éclaire, dont on pose un verre sur une table, etc. ce qui veut dire qu'il y a encore beaucoup de choses à faire dans ce sens.

Dans le projet de Goliath Dyevre, *Silence Animal*¹⁰, Il y a tout un pan sur la morphogenèse animale, végétale. Il s'est attaché à voir comment naissent les formes d'architecture chez les insectes, les ruches, etc. Il a collecté tout un ensemble de références, lui-même d'ailleurs en a créé tout en s'en inspirant.

Ce que je trouve intéressant dans ces projets, c'est que la modélisation des comportements animaux, en l'occurrence des insectes, l'éthologie, amène à de nouvelles formalisations.

☞ La modélisation des comportements animaux amène à de nouvelles formalisations.

Il a voulu avoir une cohabitation pacifiée entre les fourmis et les hommes. Il a travaillé tout un environnement mobilier, de manière à ce que les fourmis puissent avoir accès aux détritits liés à la confection d'un repas. On voit qu'il y a un cerne bleu qui met à distance ce que peut faire la personne en train de découper des légumes et ce que font les fourmis en train de collecter et d'emporter les restes de victuailles. Cela se passe au sein d'un même espace avec des territoires distincts.

Sans parler de mimétisme, je trouve intéressant de regarder, par rapport à des insectes sociaux comme le sont les fourmis, les systèmes d'organisation, les systèmes de déplacement qui sont faits par elles, de manière à formaliser des objets qui prennent en tout ou partie certaines de ces composantes. Là, c'est un objet modélisé en fonction des architectures créées par les fourmis.

Ici, *Curiosité*¹¹, un travail que j'ai fait. Comme son nom l'indique, c'est une curiosité, une sorte de réceptacle. Il y a quelque chose de volontairement animiste là-dedans. Cela mêle des processus de génération de formes et de production de formes totalement artificielles et géométriques à quelque chose de complètement naturel, à savoir des plumes d'oiseau. C'était une espèce de lien, une collision entre les deux, mais qui en même temps amène à une cohérence liée à la portée symbolique de cet objet.

Je trouve intéressant aussi de mêler ces différents types de matériaux, si tant est que l'on puisse dire qu'une plume est un matériau. C'est plutôt un ensemble de matières

¹⁰ Goliath Dyevre, *Silence Animal*, 2009

¹¹ Laurent Massaloux, *Curiosité*, 2009

entre matières artificielles, comme peuvent l'être des résines stéréolithographiques et les plumes, avec leurs propriétés de réception de la lumière, et la manière dont elles peuvent s'agencer sur cette espèce de structure, qui pourrait s'apparenter à un derme mais qui n'en est qu'une structure très sommaire qui est formalisée par cette résine.

Un travail de Benjamin Graindorge¹², où il a joué sur des formes naturelles et le lien qu'il pourrait y avoir avec une forme créée. C'est une sorte de vase pour faire des ikebanas, de tradition japonaise.

☞ C'est dans le dialogue entre les différents types de représentation que l'on peut aller vers de nouvelles formalisations.

J'ai montré ces dessins parce que le travail au sein de ces outils numériques liés à l'ordinateur n'exclut évidemment pas le travail que l'on pourrait faire de manière plus classique avec le dessin. Je pense que c'est vraiment dans le dialogue entre ces différents types de représentations que l'on arrive à formuler de nouvelles formalisations, de nouveaux volumes tels que ceux-ci.

Il y a un imaginaire très fort qui peut s'échapper assez facilement et directement d'une esquisse avec une pointe graphite sur un papier quelconque, que ne permet pas forcément un travail avec des outils de modelage 3D où il y a parfois beaucoup de complexité dans les interfaces à gérer. Il y a sans doute un lien à faire entre cet exercice du geste sur une feuille de papier et ces manipulations d'une image de volume que l'on peut faire derrière l'ordinateur.

Dernière partie de ce court panorama pour montrer que l'on peut aussi créer des objets sans les dessiner. Evidemment, le dessin n'exclut pas la décision quand ce sont des objets décidés, mais en tout cas il ne passe pas par le truchement d'une représentation a priori de leur forme.

Je prends l'exemple d'un travail de François Brument¹³, où il s'est beaucoup attaché au programme qui prévaut aux formes des objets. Evidemment, il faut savoir pourquoi l'on fait des programmes. Lui, a mis tout un principe en action par lequel il a voulu générer une forme par rapport aux sons qui sortent de la bouche d'une personne, en fonction de la hauteur, de l'intensité, de paramètres d'ordre sonore. Il a réalisé un programme qui a permis de les interpréter et d'en générer un volume.

En termes de typologie, ce sont des vases, et chaque vase est une interprétation du son qui a été fait par la personne, en l'occurrence l'utilisateur et non pas le concepteur.. le concepteur étant là pour avoir généré le programme.

Ce qui est intéressant dans ce type de propositions qui sont très en relation

¹² Benjamin Graindorge, *Ikebana Medula*, 2010

¹³ François Brument, *Vase#44*, 2009

avec la programmation, c'est que l'on est dans des objets dynamiques, c'est-à-dire qu'il n'y a jamais de finalité. Souvent, quand le programme, l'algorithme est mis en place, il génère un ensemble de solutions, et il suffit d'arrêter le programme là où l'on veut pour retenir une solution et la matérialiser si on le désire. Il y a cette idée d'évoluer quasiment dans une génération continue dans laquelle on déciderait : là, je m'arrête.

Ceci est assez nouveau dans la manière dont on peut concevoir des objets. On conçoit souvent des objets dont non seulement la typologie est fixe mais dont la forme elle-même est fixe. Là, par le truchement de certains outils, on arrive à générer de la dynamique.

Nils Völker¹⁴, qui travaille beaucoup avec le logiciel processing a fait une proposition d'un mur, *One hundred and eight*, qui est un projet aussi piloté par les Arduino. Il s'agit de sacs plastiques, et l'animation de ces sacs, c'est-à-dire leur gonflement ou leur rétractation, est simplement faite à l'aide de petits ventilateurs qui sont placés derrière.

☞ Par le truchement de certains outils, on arrive à générer de la dynamique.

Ce qui est intéressant, c'est que la programmation générale de cet ensemble de sous-éléments, puisque chaque sac est un sous-élément, amène à quelque chose d'assez vivant. On arrive à reproduire des ondulations, des dynamiques, des vitesses qui semblent avoir un écho par rapport à ce que l'on connaît d'éléments plus naturels.

Evidemment, on pourrait en faire la programmation que l'on désirerait, c'est-à-dire simuler un balayement de vent, accentuer le passage d'une personne lorsqu'on est situé devant cette installation. Tout cela peut se complexifier selon le besoin.

Je terminerai par un travail que j'ai fait et qui s'appelle *NestedPaper*¹⁵. Il s'agit simplement d'un papier peint, mais j'avais pour volonté de faire un papier peint qui propose différents types de perceptions selon la distance à laquelle on le regarde. On a parlé ce matin de ces niveaux qui peuvent être différents en fonction de la distance. J'ai voulu travailler sur ce plan et voilà le résultat. Je vous montrerai par la suite la manière dont j'y suis arrivé.

A gauche, on a une image qui peut-être vue à longue distance, à environ 3 mètres, et qui représente un mur végétal composé de feuilles, quelque chose qui est du répertoire de l'image photographique. Plus on se rapproche, plus on évolue dans un univers géométrique à travers cette succession d'hexagones. Si on se rapproche encore plus, on voit que chaque hexagone est composé lui-même de gouttes d'eau, en l'occurrence de pictogrammes de gouttes d'eau.

¹⁴ Nils Völker, *One hundred and eight*, 2010

¹⁵ Laurent Massaloux, *NestedPaper*, 2010.

On a donc trois répertoires de styles : photographique, géométrique, pictographique, qui sont imbriqués à la manière de poupées russes les uns dans les autres. Pour faire un parallèle, c'est une modalité de cryptage que l'on appelle la stéganographie, qui consiste à imbriquer des images dans des images. Comme je viens de le dire, ce sont des méthodes utilisées en cryptographie de manière à coder des textes, notamment au sein d'images.

La manière dont j'ai réalisé ce papier peint est un travail par programme interposé. Je lui propose une image de base, celle que vous avez vue tout à l'heure, une image photographique avec des feuilles, et je demande à l'ordinateur, par itérations successives, donc par approches, de trouver des correspondances.

On voit l'ordinateur au travail. Ce n'est pas une animation, c'est l'ordinateur qui effectue les opérations en temps réel. Il cherche, par approches successives, les composantes, c'est-à-dire soit l'hexagone, soit les pictogrammes de gouttes, qui s'approchent le plus possible de l'image de référence qui est derrière lui. Si on s'approche, voilà ce qu'il se passe, en termes de valeur de couleurs mais aussi en termes de densité par rapport aux sous éléments qui sont présents dans les gouttes d'eau.

En conclusion, voici donc un petit panorama de travaux, non exhaustif, où il a une complémentarité évidente entre la génération des formes liée à des outils numériques, et leurs manifestations physiques opérées par de nouveaux moyens de productions. Ce qui est manifeste, c'est l'énorme flexibilité de ces outils et leur capacité à manipuler des données complexes. Mais reste encore à trouver de nouveaux scénarios, de nouveaux usages, de nouvelles typologies permettant d'exploiter au mieux ces croisements. Avec sens et sensibilité

Merci.

L'ensemble des images et vidéos sont visibles ainsi que l'exposé, dans son intégralité :
http://www.dailymotion.com/playlist/x1jtg_ENSCI_sciences-de-la-cognition-et-desi/1#videoId=xhuraw