

L' **ARCHICUBE**

23 • DÉCEMBRE 2017

Formes

Revue de l'Association des anciens élèves, élèves et amis de l'École normale supérieure

SOMMAIRE

Éditorial, <i>Marianne Laigneau</i>	5
LE DOSSIER : FORMES	
Introduction, <i>Véronique Caron et Étienne Guyon</i>	9
Préambule. Avatars du mot <i>forme</i> en français, <i>Philippe Le Moigne</i>	11
Connaître, théoriser les formes	15
Les maths en pleine forme ? <i>Cédric Villani</i>	15
Émergence des formes, <i>Jean Petitot</i>	23
La représentation et la reconnaissance des formes, <i>Wladimir Mercoureff</i>	33
Mises en formes en vision, <i>Jean Lorenceau</i>	39
Le domaine des plis : ordre, désordre et... origamis, <i>Étienne Guyon et Benoît Roman</i>	46
Lettre à Étienne Guyon, <i>Régis Debray</i>	49
Naissance des formes : l'exemple des plis, <i>Yves Pomeau et Martine Le Berre</i>	50
Les formes de la vie	60
Comment expliquer la diversité des formes en biologie ? <i>Jean-Pierre Henry</i>	60
Ce que disent les minuscules formes vivantes, <i>Antoine Danchin</i>	67
Les formes dans la nature pointent-elles vers... le sens de la vie ? <i>Stéphane Douady</i>	73
Remarques sur l'élargissement de la base des arbres, <i>Yves Pomeau et Martine Le Berre</i>	77
Mises en forme, créateurs, création	81
Valéry, la nature et les formes, <i>Michel Jarrety</i>	81
Formes errantes, <i>Marina Seretti</i>	86
Musique et poésie : vers une convergence des formes ? L'exemple du haïku, <i>Sarah Léon</i>	93
La forme, le trait, la trace. Rituels calligraphiques, <i>Benoît Vermander</i>	99
Génétique des formes, <i>Pierre-Marc de Biasi</i>	104
<hr/>	
<i>L'Archicube</i> n° 23, décembre 2017	3



De l'influence de l'art et des modes de représentation sur l'architecture, <i>Emmanuel Di Giacomo</i>	109
L'élaboration de la forme, <i>Vincent Gebel</i>	116
Du bon usage des formes	124
La forme en droit, ou comment conjuguer raideur indispensable et souplesse nécessaire, <i>Thierry Marembert</i>	124
Forme et diplomatie, <i>Stéphane Gompertz</i>	129
VIE DE L'ÉCOLE	
Commémoration du 11 novembre	135
VIE DES CLUBS	
« Rendez-vous Carrières » du 11 octobre 2017	139
Le prix Start-Ulm	142
LES NORMALIENS PUBLIENT	
<i>François Bouvier</i>	148
<i>Wladimir Mercouroff</i>	149
<i>Olivier Szerwiniack</i>	151
<i>Lucie Marignac</i>	157
ULMI & ORBI	
L'improvisation théâtrale : un art jeune, une question d'avenir	167
Table ronde : « Énergies africaines : l'Afrique subsaharienne, quelles perspectives, quelles solutions ? »	170
Témoignage d'Agnès Fontaine	171
Soirée pour Agnès : 22 juin 2017	174
Le courrier	179
<i>Addendum</i>	184

ÉDITORIAL



Marianne Laigneau (1984 l)
Présidente de l'a-Ulm

Quand le comité de rédaction de *L'Archicube* a annoncé au Conseil d'administration, il y a quelques mois, que le prochain numéro porterait sur la forme, cette perspective déclencha l'enthousiasme de nos camarades, chacun percevant les promesses de richesse et de diversité multidisciplinaire de cette thématique.

Ce brillant numéro répond parfaitement aux attentes alors suscitées, je vous laisse le découvrir sans en dire plus, certains des auteurs comme notre camarade Régis Debray ayant poussé l'image de la forme jusqu'à la presque métaphore de leur propre expérience.

Le croisement des disciplines au cœur de notre vocation se retrouve également dans la table ronde que l'association organise chaque année à l'occasion de la publication d'un numéro de *L'Archicube* qui s'y prête tout particulièrement. L'année 2017 fut faste à cet égard puisqu'après l'inauguration des nouveaux bâtiments de Jourdan contemporaine de la publication du numéro consacré à ce lieu, une conférence fut organisée par nos camarades Jean Hartweg et Stéphane Gompertz, dans les nouveaux locaux du boulevard Jourdan, qui vit la participation d'une cinquantaine d'auditeurs venus écouter cinq conférenciers de haut niveau débattre des Énergies africaines, thème du dernier numéro de 2017.

L'interdisciplinarité fut également au cœur du dîner de notre association, le soir de l'Assemblée générale, où nous eûmes le privilège d'entendre Stanislas Dehaene, professeur au Collège de France et titulaire de la chaire de neurosciences, évoquer de manière passionnante et concrète le fonctionnement de notre cerveau.

Rappeler les conférences et tables rondes qu'elle organise de manière régulière me permet de poursuivre mon propos en vous parlant de l'a-Ulm de manière plus globale.



En termes d'activité, de qualité de ses publications, de soutien aux projets de nos camarades et de leur carrière, de diversité et de renouvellement de son conseil d'administration, de coopération étroite avec la Direction de l'École, notre association se porte bien. Elle connaît pourtant une baisse de ses adhérents en 2017 en partie liée aux difficultés matérielles rencontrées lors de la publication de l'Annuaire en 2016 et lors de son routage en 2017. Je vous prie de bien vouloir de nouveau accepter les excuses de notre association pour ces évènements qui tiennent à des incidents chez nos prestataires de fabrication et de routage. J'espère que vous ne nous en voudrez pas trop en vous rappelant que notre association ne fonctionne que grâce à la bonne volonté de ses bénévoles et n'a comme recettes que les cotisations de ses membres, au montant inchangé depuis plusieurs années.

Je vous invite donc à renouveler votre cotisation et, comme le fait chaque membre du Bureau à chaque fois qu'il rencontre un camarade archicube un peu perdu de vue, à poser comme première question, certes peu délicate mais cruciale : « As-tu payé ta cotisation à l'a-Ulm ? »

LE DOSSIER

FORMES

Introduction, *Véronique Caron et Étienne Guyon*

Préambule. Avatars du mot *forme* en français, *Philippe Le Moigne*

CONNAÎTRE, THÉORISER LES FORMES

Les maths en pleine forme ! *Cédric Villani*

L'émergence des formes, *Jean Petitot*

La représentation et la reconnaissance des formes,
Wladimir Mercouroff

Mises en formes en vision, *Jean Lorenceau*

Le domaine des plis : ordre, désordre et... origamis,
Étienne Guyon et Benoît Roman

Lettre à Étienne Guyon, *Régis Debray*

Naissance des formes : l'exemple des plis,
Yves Pomeau et Martine Le Berre

LES FORMES DE LA VIE

Comment expliquer la diversité des formes en biologie ?
Jean-Pierre Henry

Ce que disent les minuscules formes vivantes,
Antoine Danchin

Les formes dans la nature pointent-elles vers... le sens de la vie ?
Stéphane Douady

Remarques sur l'élargissement de la base des arbres,
Yves Pomeau et Martine Le Berre



MISES EN FORME, CRÉATEURS, CRÉATION

Valéry, la nature et les formes, *Michel Jarrety*

Formes errantes, *Marina Seretti*

Musique et poésie : vers une convergence des formes ? L'exemple du haïku

Sarah Léon

La forme, le trait, la trace. Rituels calligraphiques,

Benoît Vermander

Génétique des formes, *Pierre-Marc de Biasi*

De l'influence de l'art et des modes de représentation sur l'architecture,

Emmanuel Di Giacomo

L'élaboration de la forme, *Vincent Gebel*

DU BON USAGE DES FORMES

La forme en droit, ou comment conjuguer raideur indispensable
et souplesse nécessaire, *Thierry Marembert*

Forme et diplomatie, *Stéphane Gompertz*

INTRODUCTION



Le thème de ce numéro, celui des *formes*, s'est imposé à notre comité de rédaction car il s'ouvrait à de nombreux domaines, touchant les sciences comme les humanités. Mais comment ne pas y voir une boîte de Pandore, où se combinent les complexités des multiples manifestations de cette forme ? Les collaborateurs de ce dossier nous aident, une fois encore, chacun par son éclairage propre, à comprendre mieux les choses. Nous suivrons donc avec eux non seulement les avatars du mot, avec Philippe Le Moigne, mais aussi l'histoire et la diversité des sens et des manifestations qui sont associés à l'idée qu'il convoie.

Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre, était-il inscrit, dit-on, au fronton de l'Académie, l'école fondée à Athènes par Platon. C'étaient donc naturellement les mathématiques qui nous invitaient d'abord, avec Cédric Villani qui examine la diversité des manifestations géométriques des formes, et les travaux des mathématiciens au cours des siècles. À sa suite, le mathématicien et philosophe Jean Petitot, qui fut associé à René Thom, présente de façon qualitative les formalismes qui ont accompagné les études de forme et leur stabilité structurelle. Les plis qu'évoque la missive de Régis Debray sont des manifestations omniprésentes de l'ordre et du désordre des formes dans le monde physique ; ils font ici l'objet de plusieurs présentations (Étienne Guyon et Benoît Roman, Yves Pomeau et Martine Le Berre). Cette émergence des formes est également au cœur des contributions portant sur leur représentation (Wladimir Mercoureff), sur la place de la vision (Jean Lorenceau), avec aussi le regard curieux du physicien naturaliste Stéphane Douady.

Les biologistes Jean-Pierre Henry et Antoine Danchin, dans la lignée de D'Arcy Thompson, nous exposent la diversité fascinante des formes de la vie à plusieurs échelles et les contraintes physiques auxquelles elles sont soumises. Car en nous et autour de nous, tout est forme et métamorphose, « tout s'écoule, et les êtres ne revêtent qu'une forme fugitive », comme le remarquait déjà Ovide.

Acte premier de création de la nature, manifestation de la vie, la forme s'impose cependant aussi à l'homme devenu à son tour créateur, artiste, écrivain, peintre,



poète, plasticien ou designer. Pierre-Marc de Biasi nous apporte une présentation génétique des formes, transposant la classique approche du langage en langue des formes. Michel Jarrety nous fait rencontrer un Paul Valéry fasciné par la géométrie des coquillages tandis que Benoît Vermander nous initie aux rituels de la calligraphie. Les regards croisés de musicien (Sarah Léon), d'historien ou de philosophe de l'art (Marina Seretti, Pierre-Marc de Biasi), d'architecte (Emmanuel di Giacomo), de designer (Vincent Gebel), nous font entrevoir les influences des modes de représentation et des nouvelles approches conceptuelles et techniques sur leur art ou leur métier. Enfin, au-delà du carcan ou de la raideur du formalisme, le juriste Thierry Marembert ou le diplomate Stéphane Gompertz, nous rappellent à quel point la sensibilité de ceux qui maîtrisent et respectent les formes est indispensable à la bonne marche de nos sociétés.

Merci à eux tous d'avoir permis à ce nouveau dossier, dont nous vous souhaitons une bonne lecture, de voir le jour.

Véronique Caron (1981 L)
Rédactrice en chef de *L'Archicube*
Professeur en classes préparatoires à la Maison d'éducation
de la Légion d'honneur de Saint-Denis

Étienne Guyon (1955 s)
Chercheur au laboratoire de Physique et Mécanique
des milieux hétérogènes (PMMH-ESCP)
Directeur de l'ENS de 1990 à 2000

PRÉAMBULE

AVATARS DU MOT *FORME* EN FRANÇAIS

Philippe Le Moigne

Il est professeur de langue et littérature grecques à l'Université Paul-Valéry Montpellier 3. Ses recherches portent sur le judaïsme hellénistique, et plus particulièrement sur la première traduction grecque de la Bible hébraïque, dite des Septante. Son service d'enseignement comporte aussi des cours d'orthographe et de lexicologie françaises, dans le cadre d'une préparation aux concours des écoles d'orthophonie.



Il y a plusieurs manières de concevoir l'étymologie. Sans même parler des dictionnaires de langue qui ne mentionnent pas l'étymon – le mot de la langue source qui est à l'origine du mot de la langue cible qui nous intéresse – c'est-à-dire qui se contentent de décrire synchroniquement – à un temps *t*, le plus souvent actuel – les différents sens d'un mot, on peut constater que les lexiques qui font l'effort de mentionner l'étymon le font le plus souvent de manière minimale ; ainsi le *Logos Bordas* nous indique que *forme* vient du latin *forma*, « forme, figure, beauté », ce qui, au fond, ne nous apprend pas grand-chose, les sens « latins » se retrouvant tels quels en français, comme si les deux millénaires d'histoire qui nous séparent de Cicéron avaient eu pour seul effet de changer le *-a* final du latin en *-e*.

Il convient donc de consulter des dictionnaires spécialement consacrés à l'étymologie. La référence actuelle, depuis un quart de siècle, est le *Dictionnaire historique de la langue française*, sous la direction d'Alain Rey (Le Robert, 1992). C'est de lui que nous tirerons la majeure partie de nos informations.

Le sens premier du latin *forma* semble être le « moule », que l'on retrouve dans le *formaticum*, ce que l'on met dans le moule, et qui a donné en français, par métathèse (c'est-à-dire par interversion), le *fromage*, avec sa spécialisation, sans métathèse cette fois-ci, la *fourme*. Le sens primitif de « moule » se retrouve à la fois dans plusieurs sens de notre mot et peut aussi expliquer de manière satisfaisante certaines évolutions sémantiques au sein du français lui-même.

Ainsi, il existe quelques sens techniques de notre *forme* : par exemple la *forme à chaussure* sert à donner au soulier la forme requise ; de même pour la *forme à découpe*, qui confère au carton la configuration désirée ; on parlera de même d'un médicament



qui se présente sous la « forme » de gélule ou de comprimé. De façon plus abstraite, on parlera d'un *poème à forme fixe*, comme si le sonnet était le « moule » dans lequel on coulerait la « pâte » des vers ; en ce sens, la « forme » s'oppose au « fond ». De même, en musique, il existe par exemple la *forme sonate*, structure traditionnelle – toujours notre idée de « moule » – à laquelle doit se plier le compositeur.

Cette idée de règles à respecter s'observe notamment dans la langue du droit ; la *forme* désigne alors l'ensemble des conditions qui doivent être respectées pour qu'un acte juridique ou une décision judiciaire soit valide ; on évoquera ainsi un jugement cassé pour *vice de forme*, c'est-à-dire compte non tenu du fond de l'affaire. Comme assez souvent en français, le langage du droit a donné des expressions en français courant, sans même parfois que l'origine juridique soit perçue par les locuteurs ; en l'occurrence, nous pouvons évoquer le syntagme *en bonne et due forme*, ou encore *pour la forme*, c'est-à-dire pour respecter les règles communément observées, abstraction faite des événements considérés ; ou encore *sans autre forme de procès*, ce qui veut dire sans formalités, sans plus de façons.

Dans la même perspective, le mot *forme* – alors souvent au pluriel – peut désigner la manière d'agir imposée par le bon usage, le savoir-vivre : on parlera alors d'observer *les formes de la politesse*, toujours avec l'idée d'une norme fixée extérieurement et antérieurement à l'agir du sujet. *Mettre les formes* peut à l'occasion s'opposer alors nettement au contenu de l'action.

Mais par métonymie, et sans idée de norme, la *forme* désigne couramment l'aspect extérieur d'une chose ou d'un être ; le « moule » devient alors indéterminé, et seul compte le résultat du « moulage ». Ainsi parle-t-on de la « forme » d'un objet, en considérant uniquement l'aspect visible de la chose, et non plus de son modèle idéal, fixé par un « moule ». On parlera alors de « la forme pure d'un vase grec », en considérant son apparence, indépendamment du modèle qui l'a inspiré. Cela est très net dans l'expression *prendre forme*, où précisément le « modèle » arrive au terme du processus, et n'est plus à son origine. Le terme en arrive à désigner simplement l'aspect extérieur d'une chose ou d'un être ; lorsque l'on dit *j'ai vu une forme gigantesque dans le brouillard*, on voit bien que l'idée de modèle primitif est oubliée, et que seul compte le résultat du « moulage », ici indéterminé.

Comme beaucoup de mots hérités venant du latin ou du grec – à la différence des mots empruntés, qui sont le plus souvent isolés –, le mot *forme* est au cœur d'une famille. Le terme le plus immédiat est le verbe *former*, qui signifie, selon l'étymologie, « donner une forme (à) » ; on lit ainsi « Dieu a formé l'homme », c'est-à-dire qu'il lui a donné une forme, un aspect extérieur. Conformément à l'étymologie, on dira d'une jeune fille qu'elle est « formée » lorsqu'elle aura ses règles, c'est-à-dire qu'elle se *conformera* au « moule », au modèle, des femmes.



Sur le verbe *former* ont été construits des termes préfixés ; ainsi *conformer*, d'après la préposition latine *cum* qui signifie « avec », signifie « rendre conforme », c'est-à-dire donner une *forme* en accord avec une idée préconçue ; *déformer*, d'après la préposition latine *de*, qui exprime l'éloignement, voudra dire « éloigner du modèle attendu » ; *informer*, d'après le latin *in* qui signifie « dans » (à ne pas confondre avec l'homonyme *in*, élément négativisant, que l'on a par exemple dans *informel*), signifie au sens propre « donner une forme à une chose » et, par extension et dans la langue courante, « mettre au courant » ; *réformer* signifie « modifier » de façon à améliorer – et à conformer au « moule » ; *transformer* signifie « faire passer d'une forme à une autre », etc. ; par l'intermédiaire de l'anglais, *performance* désigne au sens propre le résultat obtenu à chaque compétition par un cheval ou un athlète ; au sens figuré, « exploit ».

Le mot latin *forma* a fourni un diminutif, *formula*, qui désigne, en ancien français, une règle à suivre pour exprimer une idée ; ainsi *formuler* veut dire « exprimer de façon précise », toujours, suivant l'idée première, « conformer à un moule » ; si l'on passe aux autres mots de la même famille, on peut toujours les rattacher à la même étymologie ; ainsi *formalis* a donné *formalité*, « ce qui se conforme à un modèle donné » ; *uniformis* aboutit à *uniforme*, « qui a la même forme », c'est-à-dire « qui se conforme au moule », etc.

Si l'on passe au grec, on constate que ce qui correspond au latin *forma* est *morphè*, où l'on observe encore une métathèse ; en réalité, il semble bien que celle-ci ait eu lieu plutôt de l'étymon indo-européen en latin, par l'intermédiaire de l'étrusque, c'est-à-dire que c'est le grec qui conserve la forme originelle. On la retrouve par exemple dans l'adjectif *amorphe* « qui n'a pas de forme déterminée », qui correspond exactement au mot venu du latin *informe*. Quant à la *morphologie*, elle désigne l'ensemble des *formes* prises par un mot au cours de sa flexion.

Mais un exposé sur un mot français ne saurait être complet si l'on n'évoquait pas l'autre source de notre civilisation occidentale ; celle-ci est certes fille de l'Antiquité classique, mais aussi de la culture judéo-chrétienne. Dans l'Ancien Testament hébreu, le mot *temûnah* désigne une « figure », une « ressemblance » ; ainsi, en Nombres 12, 8, est-il question de la « forme » du Seigneur, que d'ailleurs nul humain ne saurait voir sans mourir ; c'est le même mot que l'on retrouve dans le Décalogue, en Exode 20, 4, lorsqu'il est prescrit de ne pas fabriquer d'idole, c'est-à-dire, pour en revenir à notre idée première, de « mouler » une image de ce qui se trouve dans le ciel.

CONNAÎTRE, THÉORISER LES FORMES

LES MATHS EN PLEINE FORME ?

Cédric Villani (1992 s)

Professeur à l'École normale supérieure de Lyon avant de rejoindre l'Université Claude-Bernard Lyon 1, il a dirigé l'Institut Henri-Poincaré jusqu'en 2017. Il est l'auteur de nombreux ouvrages sur les mathématiques et leur vulgarisation. *Les Coulisses de la création*, un dialogue avec Karol Beffa (Flammarion, 2015), intéressera tous les lecteurs de *L'Archicube*. Il a reçu la médaille Fields en 2010 et est devenu depuis peu député de l'Essonne.



En 1994, avec Roger Fauroux.

En mathématiques, le mot « forme » a de nombreux sens, mais son acception classique, en géométrie, suffit déjà à ouvrir la porte vers de nombreux champs d'étude riches et féconds. On y trouve des polygones, des formes minimales, des formes optimales... Les formes sont partout !

En mathématiques, que recouvre le mot « forme » ?

Cédric Villani : C'est un mot... multiforme ! De fait, on peut même parler de la « forme » d'un résultat, au sens de sa structure. On est donc là dans le domaine de la géométrie abstraite. Les mathématiciens manipulent également des « formes » dites linéaires qui sont définies sur un espace de vecteurs. Autre exemple, un polynôme de degré 2 est une « forme » quadratique. Les géomètres parlent quant à eux de 2-forme, 3-forme, 4-forme... À leurs yeux, un volume est une n -forme lorsque n est une dimension. Et puis il y a la « forme » au sens où on l'entend d'habitude, c'est-à-dire un polygone, un polyèdre, une surface, une variété (dans une géométrie à plusieurs dimensions...). C'est cette dernière définition du mot « forme » que l'on



retiendra ici parmi les très nombreuses formes possibles, car – en exagérant un peu – on pourrait presque dire que les mathématiques sont l'étude des formes.

Dans vos travaux, avez-vous été confronté à des formes ?

Oui, j'ai beaucoup travaillé sur la courbure de Ricci, qui est l'une des façons les plus connues de déterminer qu'un espace est courbé. Par exemple, elle est utilisée en théorie de la relativité. Un des problèmes sur lequel j'ai énormément planché est le suivant : comment savoir qu'une géométrie est courbée quand elle est non lisse, c'est-à-dire lorsque, notamment, elle a des coins ? Elle peut être tarabiscotée, mais on veut quantifier à quel point elle est courbée. Même un simple cône pose problème : en dehors de la pointe, cette forme est plane (on peut déplier un cône) et donc lisse. Mais qu'en est-il au niveau de la pointe ? Le cône étant une surface, c'est-à-dire une géométrie en deux dimensions, on peut répondre sans utiliser la notion de courbure de Ricci. Mais dès que l'on passe à des géométries de dimension 3 ou plus, cela devient nettement plus subtil.

Je raisonnais de façon très générale afin de n'imposer aucune hypothèse sur l'espace. Cependant, des formes servent parfois de référence, c'est le cas de la sphère. De façon schématique, pour dire qu'un espace métrique – aussi tordu soit-il – est courbé positivement, on le compare à une sphère en cherchant à savoir s'il est plus ou moins courbé qu'elle. Une sphère de grand rayon est peu courbée, voire presque plate, comme la Terre, alors qu'une sphère de petit rayon est très courbée : les sphères fournissent donc une échelle de comparaison. Ici, on s'intéresse à la fois à des formes très générales, puisque l'on ne peut même pas supposer qu'elles sont lisses, et à des formes très particulières, en l'occurrence les sphères qui servent de modèle.

Le problème isopérimétrique illustre ce tiraillement entre formes générales et formes particulières. C'est d'ailleurs l'un des problèmes les plus fondamentaux en géométrie. Il s'énonce de deux façons, parfaitement équivalentes : pour un volume donné, quelle est la surface minimale ? Ou bien, pour une surface donnée, quel est le volume maximal ? Les cas pour lesquels on sait calculer la solution sont extrêmement rares. Les sphères en font partie, ainsi que quelques autres géométries, mais elles sont toujours très simples. Là encore, on s'intéresse aux situations les plus générales, mais on ne sait résoudre le problème complètement que dans des cas particuliers. À défaut de résoudre le problème dans une situation générale, on cherche à le comparer à une situation particulière.

Cette question se pose aussi pour des polygones, par exemple ?

En effet, pour les pentagones, les octogones¹... Dans plusieurs problèmes, on cherche des pavages qui vérifient des conditions d'isopérimétrie, donc en un certain sens



d'optimalité. Les géomètres qui travaillent sur ces questions s'intéressent donc à des formes particulières, explicites. En 2001, Thomas Hales, aujourd'hui à l'université de Pittsburgh, avait montré que le pavage hexagonal régulier est la partition du plan en surfaces égales ayant le plus petit périmètre : c'est le théorème du nid d'abeilles.

De son côté, Frank Morgan, du Williams College, aux États-Unis, étudie des problèmes similaires avec les pentagones, sachant que les pentagones réguliers ne peuvent pas le plan. Avec ses collègues, il a montré que le pavage du Caire (ainsi nommé parce que présent dans les rues de la capitale égyptienne) et celui dit prismatique sont les meilleurs en termes d'isopérimétrie (voir les figures a et b).

Les pentagones interviennent dans d'autres types de problèmes, confirmant que même les figures les plus simples n'ont pas encore livré tous leurs secrets ! Depuis 1918 et les travaux du mathématicien allemand Karl Reinhardt, on avait identifié quatorze types de polygones convexes à cinq côtés pouvant paver le plan, dont quatre l'ont été par Marjorie Rice, qui s'est penchée sur la question après avoir lu un article sur le sujet de Martin Gardner dans l'exemplaire de *Scientific American* de son fils. Un nouveau a été identifié en 2015, par Casey Mann, de l'université Washington Bothell, aux États-Unis, et ses collègues. Les pentagones sont un bel exemple de mathématiques où amateurs et professionnels se côtoient.

Dans ces problèmes de pentagones aussi, le général se distingue du particulier, mais à un autre niveau que celui évoqué précédemment. En mathématiques, on aime bien opposer ceux qui préfèrent les généralités à ceux qui privilégient les exemples. Ce sont ainsi deux pôles entre lesquels chacun se situe. On est tenté soit de vouloir faire quelque chose d'aussi général que possible, soit d'approfondir autant que faire se peut certains exemples emblématiques.

Outre la courbure, d'autres formes ont-elles jalonné vos travaux ?

J'ai aussi retrouvé certaines formes dans mes travaux sur l'équation de Boltzmann qui décrit l'évolution d'un gaz peu dense hors d'équilibre. Voyons le problème suivant. Lorsque l'on met du gaz dans une boîte, les très nombreuses particules rebondissent sur les parois. L'équation de Boltzmann modélise l'ensemble et l'on se demande si le système tend vers un équilibre. Eh bien la réponse dépend de la forme de la boîte.

Quand le gaz est enclos dans un parallélepède, il atteint un état d'équilibre où il se trouvera au repos. Mais si la boîte a une autre forme, cela n'est pas forcément vrai. En particulier, dans un cylindre, le gaz peut garder un mouvement de rotation d'ensemble lié à la symétrie du cylindre. Dans une sphère, les choses peuvent être encore pires. Aussi, pour être sûr que le gaz va bien relaxer vers un équilibre, on doit veiller à ce qu'il n'y ait dans le récipient aucun axe de symétrie autour duquel le gaz puisse décrire un cycle.



C'est un problème important quand on s'intéresse, comme ce fut mon cas, au taux de convergence vers l'équilibre. Comment la forme du récipient influence-t-elle ? Avec quel outil l'appréhender ? Comment quantifier le fait que ce n'est pas un cylindre, par exemple ? Pour répondre à cette dernière question, avec mon collaborateur Laurent Desvillettes, aujourd'hui à l'École normale supérieure de Cachan, nous avons introduit l'idée de nombre de Grad. Inspiré d'un travail du mathématicien américain Harold Grad dans les années 1960, ce nombre indiquait à quel point une forme n'était pas de révolution.

Un dernier exemple de problème sur les formes auquel je me suis intéressé en profondeur est la question du plongement isométrique peu lisse de John Nash. Je l'ai décortiqué avec mes élèves, je l'ai enseigné... Ce théorème célèbre, qui a ouvert un domaine, relève à la fois de la géométrie et des équations aux dérivées partielles. Il permet de construire une forme qui intrinsèquement a une géométrie très simple (par exemple, plate) et qui extrinsèquement a un aspect très particulier, avec toutes sortes d'échelles, et qui n'est ni aussi lisse qu'une courbe ni aussi rugueux qu'une fractale².

Dans certains cas, on doit oublier la forme...

En effet, quand on s'occupe d'équations aux dérivées partielles³, on aime bien, au moins dans un premier temps, s'affranchir de l'influence de la forme (par exemple celle du récipient qui contient un fluide) dans laquelle l'équation est posée. En effet, l'interaction du fluide et de la paroi est un sujet important, mais souvent très délicat. Pour y parvenir, on se place dans des conditions dites périodiques : on impose au système mathématique de se répéter à l'infini. C'est comme une mer idéale où toutes les vagues seraient identiques et séparées de la même distance : on peut alors étudier une vague sans se soucier de sa distance au bord. Dans mon étude de l'amortissement Landau, avec Clément Mouhot, nous avons travaillé sous ces hypothèses. C'est une démarche classique.

Quelquefois, des formes surgissent de façon inattendue

C'est le cas avec la formule de l'équerre (*hook-length formula* en anglais). Elle s'applique aux tableaux de Young où les partitions d'un entier n en sous-entiers sont rangées par ordre croissant. Lorsque l'on introduit des mesures de probabilité sur ces partitions et que l'on regarde la limite où le nombre de subdivisions tend vers l'infini, on trouve une forme, une sorte de profil universel. C'est saisissant. On part d'un problème combinatoire pour aboutir à une forme bien déterminée.

Autre exemple. Quand on regarde d'une certaine façon les valeurs propres d'une grande matrice aléatoire (ce sont les niveaux d'énergie d'un atome abstrait), on voit



qu'elles s'arrangent selon un demi-cercle : c'est la loi du demi-cercle du physicien hongrois Eugene Wigner. Là, le problème est algébrique, ce qui n'empêche pas une forme de surgir.

Ces deux formes bien identifiées ont fait sensation en leur temps. Désormais, on essaie de comprendre pourquoi elles apparaissent et de raffiner.

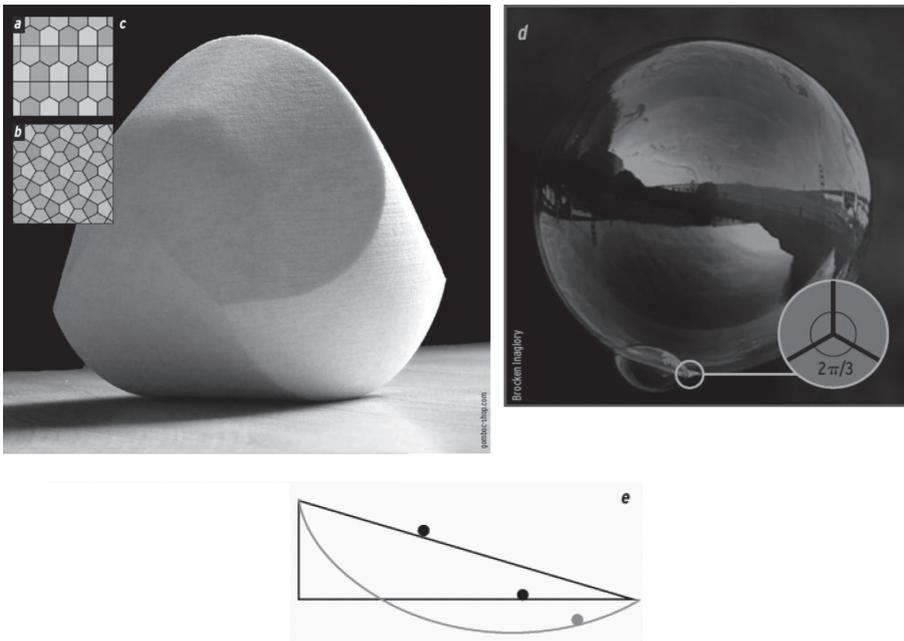
Au-delà des formes polygonales ou elliptiques dont nous avons l'habitude, quelles sont les formes les plus célèbres ?

En géométrie courbée, ce sont probablement les formes minimales. Elles sont au cœur de toute une « industrie » ! Ces formes sont par définition dotées d'une courbure moyennée égale à zéro. Elles sont physiquement adoptées par un film de savon tendu sur un cadre rigide. On les imagine rares, mais elles sont en fait très nombreuses, et c'est tout une affaire de les classer. Par rapport à ces formes, la conjecture de Willmore a récemment été démontrée et a beaucoup fait parler d'elle. L'idée est de minimiser l'énergie de courbure d'une surface compacte sans bord de genre 1 (avec un seul trou). C'est le résultat de Fernando Marques et André Neves⁴.

En lien avec ces formes minimales, on peut citer la conjecture de la double-bulle, démontrée en 2002 par Franck Morgan (celui des pentagones) et ses collègues Michaël Hutchings, Manuel Ritoré et Antonio Ros. Elle stipule que l'interface entre deux volumes donnés (par exemple la frontière entre deux bulles de savon de tailles inégales) est une surface sphérique qui respecte la condition suivante : les trois surfaces (celle des deux volumes et l'interface) se rencontrent avec des angles de $2\pi/3$ sur un cercle commun aux deux volumes (voir la figure d). On pourrait aussi évoquer les surfaces à courbure constante dont les surfaces minimales sont un cas particulier.

Une autre forme célèbre est celle de la fameuse Gömböc, élaborée en 2007 par le mathématicien Gábor Domokos et l'ingénieur Péter Várkonyi, tous les deux de l'Université polytechnique et économique de Budapest. L'objet en question (voir la figure c) répond à une question posée en 1995 par Vladimir Igorevich Arnold : « Existe-t-il un corps convexe homogène avec seulement deux positions d'équilibre, l'une stable, l'autre instable ? »

La réponse fut ardue à trouver. Dans le plan, une partie convexe a toujours au moins quatre positions d'équilibre. En revanche, quand on passe dans un espace à trois dimensions, un convexe solide peut n'avoir que deux points d'équilibre, la Gömböc le prouve. La découverte de cette forme a beaucoup marqué. Cet exemple nous ramène à l'opposition général-particulier. Nous avons, d'une part, un théorème très général en dimension 2 (un convexe du plan a au moins quatre positions d'équilibre) et, d'autre part, un cas particulier très malin qui prouve qu'en dimension 3, deux positions d'équilibre suffisent.



Des formes remarquables. Le pavage pentagonal du Caire (*a*) et le prismatique (*b*) sont isopérimétriques, c'est-à-dire que parmi les pentagones de périmètre donné qui pavent le plan, ils ont la plus grande surface possible. La Gömböc (*c*) est un corps convexe homogène avec seulement deux positions d'équilibre, l'une stable, l'autre instable. La conjecture de la double-bulle stipule que la frontière entre deux bulles de savon (*d*) de tailles inégales n'est pas plane. La brachistochrone (*e*) est le toboggan le plus rapide !

Le problème soulevé par la Gömböc a-t-il un sens dans des dimensions supérieures ?

C'est une bonne question... même si l'interprétation est plus compliquée. Le problème s'apparente à celui du *kissing number*, c'est-à-dire le nombre de sphères qui peuvent toutes toucher une autre sphère, toutes ayant le même diamètre. Selon les dimensions, ce nombre est seulement borné ou bien connu (dans quelques cas) : en dimension 15, il est compris entre 2 564 et 4 866 ; en dimension 24, ce nombre est égal à 196 560.

Dans ce dernier cas, on est en présence d'un réseau particulier (le réseau de Leech, du nom du mathématicien britannique John Leech) qui intéresse notamment les spécialistes en cryptographie, car ils l'utilisent pour concevoir des codes correcteurs d'erreurs, tel le code de Golay.



Quelles leçons peut-on tirer de tous ces exemples ?

Nous avons parlé de problèmes de géométrie des convexes classiques, d'équations aux dérivées partielles, de probabilités avec des formes qui émergent... Et puis en analyse, nous avons vu que c'est souvent à travers le calcul des variations que les formes surgissent, par exemple avec le problème isopérimétrique.

Une grande direction du calcul des variations a été de généraliser la notion de forme de façon à inclure des objets très irréguliers. Au début, on se limitait aux courbes régulières dont on cherchait à maximiser l'aire, par exemple : on obtenait un disque. Ensuite, après les courbes, on s'est intéressé à des objets discontinus, et puis à des ensembles quelconques mesurables. On a donc assisté à une généralisation importante de ce calcul des variations.

Le théorème de régularité de l'Américain Frederick Almgren s'inscrit dans ce processus en ce sens qu'il s'applique en toute dimension, mais aussi sans aucune hypothèse de régularité. Il généralise le concept de surface minimale et de leur régularité. En termes mathématiques, ce théorème stipule qu'« une surface minimale a un ensemble singulier qui est de codimension 2 ». Pour l'anecdote, c'est une des plus longues preuves de l'histoire des mathématiques, avec quelque 956 pages. Le mathématicien italien Camillo De Lellis, de l'université de Zürich, a entrepris avec l'un de ses étudiants de réécrire l'ensemble du papier de façon plus concise et plus synthétique. Ils s'y sont attelés il y a déjà plusieurs années.

Qu'en est-il des formes dans la nature ?

Les organismes vivants, végétaux et animaux, doivent obéir à certaines contraintes et résoudre les problèmes qui en découlent. Les formes qui en résultent peuvent répondre à des objectifs qu'il faut atteindre ou bien naître et émerger de processus plus flous. Le livre qui a popularisé ce genre de problèmes est *Forme et croissance*, publié par D'Arcy Wentworth Thompson au début du XX^e siècle⁵.

En parallèle, les ingénieurs et les chercheurs peuvent s'inspirer de la nature pour identifier des formes résistantes et harmonieuses. La forme de l'œuf en est une belle illustration : des architectes ont ainsi érigé à Mumbai, en Inde, un immeuble de bureau qui a cette forme ovoïde. De même, quand on regarde la fondation Louis-Vuitton, créée par l'Américano-Canadien Frank Gehry, on voit des formes vaguement organiques. On sait que l'architecte catalan Antoni Gaudí cherchait autant que possible à imiter la nature. Il avait une tendresse particulière pour les chaînantes renversées pour dessiner ses arches. Ces courbes, nommées chaînettes, correspondent à la forme que prend un fil (ou une chaîne) lorsqu'il est suspendu par ses extrémités. Il prétendait que tout ce qu'il faisait s'inspirait de la nature.



Toutefois, quand on cherche une forme optimale et jolie, il n'y a pas de règles⁶. Le beau, que ce soit pour une voiture, une chaise ou un presse-agrumes, ne se met pas en équations. Dans les bureaux d'études, on applique plutôt des combinaisons de règles élémentaires pour satisfaire un cahier des charges. Dans certains cas, on cherche des formes algébriques de degré assez bas, dans d'autres, on tente de résoudre des problèmes variationnels.

Quelquefois, on a la chance de pouvoir résoudre une équation pour répondre à un problème. Un exemple est la courbe brachistochrone. Ce fragment de cycloïde est la solution à la question suivante : quelle est la forme du toboggan qui permet d'aller le plus vite d'un point A à un point B (voir la figure e). On doit cette démonstration à Jean Bernoulli, à la fin du XVII^e siècle.

Comment s'y retrouver dans cette diversité de formes ?

Le mieux est peut-être de les manipuler. C'est l'objet du projet *Imaginary* (<https://imaginary.org/fr>), conçu sous l'égide d'Andreas Matt, de l'Institut de recherches en mathématiques d'Oberwolfach, en Allemagne. Il consiste notamment à mettre à la disposition de tous des logiciels libres. L'un d'eux, *Surfer*, permet d'appréhender de façon interactive le lien entre les formules et les formes : il suffit d'écrire des équations simples pour produire à l'écran de belles images de formes dans l'espace. C'est un complément parfait à la lecture de ce numéro dédié aux formes en mathématiques.

Propos recueillis par Loïc Mangin
Extrait du dossier n° 91, avril-juin 2016
© *Pour la science*

Notes

1. Voir Ch. Audet, « La saga des petits octogones », Dossier *Pour la science*, avril-juin 2016, p. 20.
2. Voir V. Borrelli, « Un tore carré et plat », Dossier *Pour la science*, avril-juin 2016, p. 70.
3. Voir N. Berglund, « Mayonnaise et élections américaines », Dossier *Pour la science*, avril-juin 2016, p. 102.
4. Voir I. Cantat, « La forme idéale du globule rouge », Dossier *Pour la science*, avril-juin 2016, p. 88.
5. Voir P. Chossat, « Des équations pour de bons motifs », Dossier *Pour la science*, avril-juin 2016, p. 80.
6. Voir F. Jouve, « En quête de la forme optimale », Dossier *Pour la science*, avril-juin 2016, p. 94.



ÉMERGENCE DES FORMES

Jean Petitot

Il est né en 1944. Après une formation mathématique spécialisée en théorie des singularités et en théorie des systèmes dynamiques, il a travaillé avec René Thom sur la modélisation des morphologies en sciences naturelles et des structures en sciences humaines (perception et langage). Il est directeur d'études retraité au Centre d'analyse et de mathématiques sociales de l'EHESS-PSL.



L'histoire des théories de la forme est singulière. Nous vivons dans un monde constitué de formes naturelles. Celles-ci sont omniprésentes dans notre environnement et dans les représentations que nous nous en faisons. Et pourtant, jusqu'à une époque récente, on ne disposait d'aucune science morphologique à proprement parler. Ce n'est que vers la fin des années 1960 que l'on a commencé à développer des modèles dynamiques de formes (que j'appelle « morphodynamiques ») compatibles avec les modèles physiques et chimiques habituels. Jusque-là, en l'absence de tels modèles, la compréhension théorique des formes oscillait entre deux perspectives :

1. Une perspective philosophique, voire métaphysique, héritée de l'hylémorphisme aristotélicien et encore très vivace chez Leibniz, chez le Kant de la *Critique du jugement*, chez Goethe et sa « Morphologie », pour ne pas parler des biologistes vitalistes du XIX^e et du début du XX^e siècle.
2. Une subjectivisation des formes, par exemple dans la phénoménologie de la perception chez Husserl et Merleau-Ponty, ou dans la psychologie de la *Gestalttheorie* de Stumpf et Meinong jusqu'à Kanizsa.

Dans ces quelques pages, nous nous restreindrons (de façon brève et non technique, et en nous fondant sur certains de nos textes des années 1970-1980) au problème de la modélisation des formes naturelles conçues comme *objectives*, c'est-à-dire comme *émergeant* de leur physique, chimie ou biochimie sous-jacentes. Ces formes sont innombrables, physico-chimiques (cristaux, flammes, turbulences, nuages, réactions chimiques oscillantes, ondes chimiques, transitions de phases, défauts dans les cristaux liquides, etc.) ou biologiques (plantes, animaux, etc.).

Les caustiques en optique

Commençons toutefois par un exemple physique mais en quelque sorte « immatériel », celui des caustiques en optique. Dans l'approximation de l'optique géométrique dans un milieu homogène et isotrope les caustiques sont faciles à décrire. Soit S_0 une surface émettrice de rayons lumineux, c'est-à-dire un front d'onde initial dans



l'espace ambiant. Le front S_0 évolue au cours du temps t parallèlement à lui-même et les rayons lumineux sont les droites normales à la famille de ces fronts d'onde S_t (figure 1).

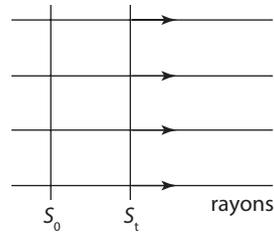


Figure 1. Évolution d'un front d'onde initial. Les rayons lumineux sont les normales à S_0 .

Ce qui peut rendre la propagation non triviale en introduisant des singularités sur les S_t est l'existence d'une *enveloppe* C des rayons. Si elle existe, elle est dite *caustique* de la propagation. Sur C l'intensité lumineuse devient « infinie ». Elle diverge dans l'approximation de l'optique géométrique. C'est pourquoi dans un médium lumineux où l'on a interposé un écran, seules les caustiques sont observables comme formes. La caustique de la figure 2 est bien connue. Elle est celle des rayons de soleil réfléchis sur la paroi d'un verre d'eau. Une foule de caustiques s'observent au fond des piscines par un beau soleil lorsque la surface de l'eau fait des vaguelettes.

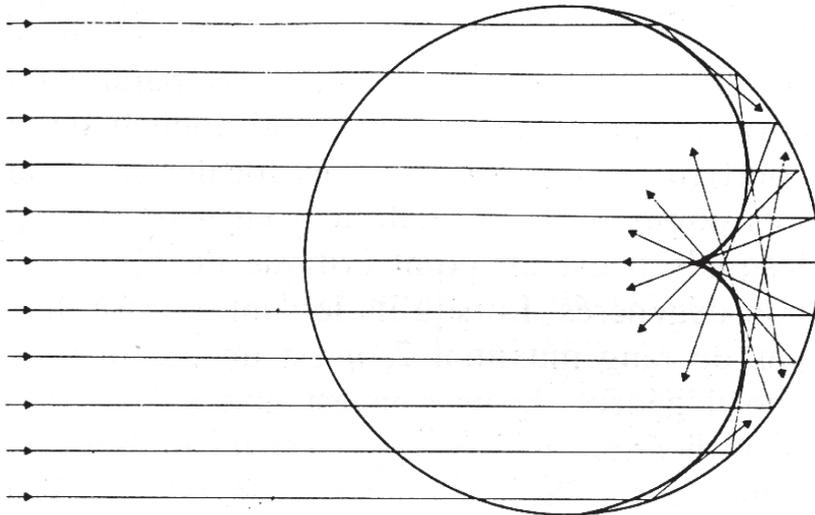


Figure 2. Caustique d'un faisceau de rayons parallèles réfléchis par la paroi circulaire d'un verre.



L'étude technique des caustiques comprend deux parties, la première purement géométrique et la seconde plus proprement physique. Du côté de l'optique géométrique, on sait classer, depuis les travaux fondamentaux de Hassler Whitney et René Thom, les singularités que peuvent présenter les caustiques *génériquement*. On obtient, dit avec le lexique imagé de la théorie des singularités, des lignes « plis », des « cusps » isolés (seules caustiques structurellement stables en dimension 2), des « queues d'aronde », des « ombilics elliptiques » et « hyperboliques » (seules caustiques structurellement stables en dimension 3), des sections 2D ou 3D de « papillon » et « d'ombilic parabolique » qui habitent en dimension 4 (ombilic elliptique perçant une ligne pli, etc.). Michael Berry en a obtenu de belles images en envoyant un faisceau laser à travers un verre de surface irrégulière ou une ouverture remplie par une goutte d'eau (figure 3).

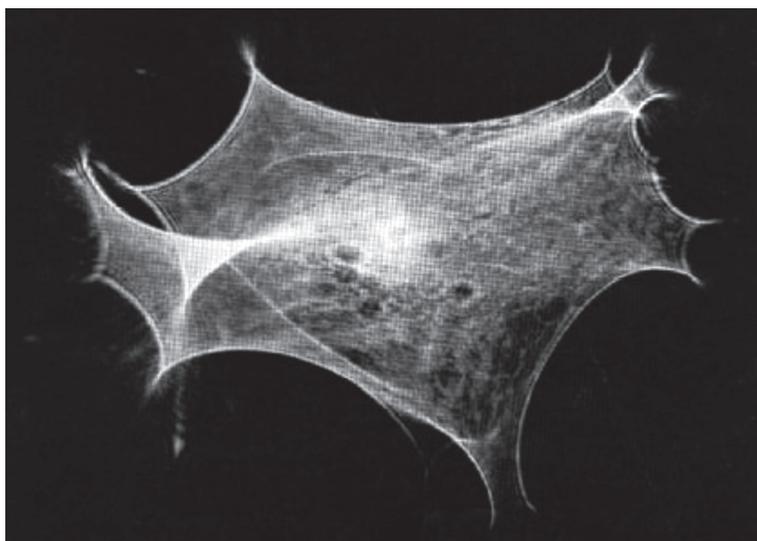


Figure 3. Des caustiques photographiées par Michael Berry.

Du côté de l'optique ondulatoire, la théorie est compliquée. On doit regarder des solutions de l'équation des ondes et calculer leur limite lorsque la longueur d'onde tend vers 0. Pour cela des outils sophistiqués sont nécessaires. On obtient ce que l'on appelle des « catastrophes de diffraction » où le « squelette » géométrique de caustiques est recouvert d'une « chair » ondulatoire. La figure 4, toujours due à Michael Berry, montre, à gauche, la catastrophe de diffraction d'une section d'un ombilic elliptique et, à droite, la simulation obtenue par le calcul. L'accord entre modèle et réalité empirique est remarquable.

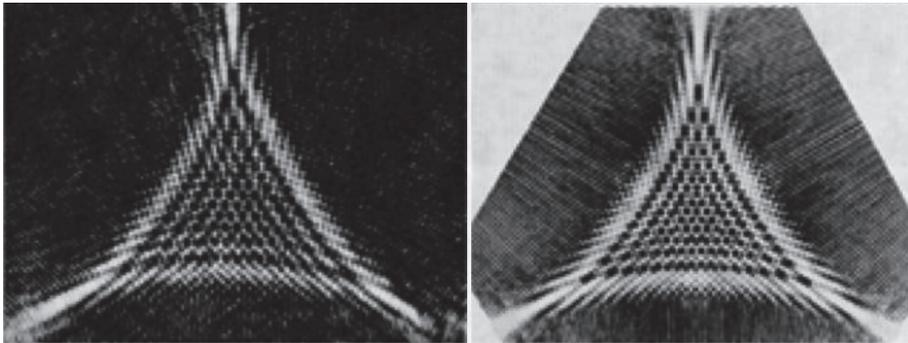


Figure 4

Cet exemple est paradigmatique des processus d'émergence de formes.

- (i) On y voit un système naturel organisé à deux niveaux de réalité : un niveau « micro », « fin », « complexe » correspondant à la physique fondamentale du système et un niveau « macro » de nature morphologique.
- (ii) Le niveau morphologique « macro » émergent est organisé autour des *singularités* de la physique « micro » sous-jacente. Ces singularités concentrent l'information. Elles sont phénoménologiquement dominantes. « L'infrastructure catastrophique » qu'elles constituent est prise en charge par la perception.
- (iii) On peut lire dans la modélisation mathématique du niveau physique « micro » les principes du passage « micro » → « macro », c'est-à-dire du changement de niveau.
- (iv) Il existe des contraintes abstraites et formelles, mathématiquement formulables, imposées au niveau émergent (existence d'un nombre restreint de singularités génériques des caustiques). Bien qu'émergent, ce niveau possède donc une certaine *autonomie* et une certaine *universalité*.

Instabilités de Turing

Un des domaines privilégiés d'observation de formes est la morphogenèse en chimie et en biologie. Les premiers modèles modernes remontent à Alan Turing et à son article pionnier de 1952 « The chemical basis of morphogenesis ».

L'idée de base est formulée dès la première phrase :

It is suggested that a system of chemical substances, called morphogens, reacting together and diffusing through a tissue, is adequate to account for the main phenomena of morphogenesis.

Et l'année d'après (1953), Turing la formule de façon frappante :

It was suggested in Turing (1952) that this might be the main means by which the chemical information contained in the genes was converted into a geometrical form.



Dans une certaine mesure, toute forme est engendrée par une telle *conversion* de processus physiques, chimiques, biologiques « internes » en formes géométriques « externes ».

Le collègue de Turing, Claude Wilson Wardlaw, a bien expliqué, dès 1952, que ce qu'il faut en plus de la biochimie pour comprendre l'émergence de formes spatiales est « a patternized distribution of morphogenetic substances ».

Turing a été inspiré par ce que Conrad Hal Waddington appelait des *form producers* et des *evocators*. Les morphogènes sont contrôlés par des gènes qui catalysent leur production mais, contrairement aux gènes, ils peuvent diffuser dans le tissu et véhiculer ce que l'on appelle une information positionnelle¹.

Pour comprendre l'émergence d'un ordre spatial à partir de réactions biochimiques génétiquement contrôlées, Turing pense les formes comme l'apparition d'*hétérogénéités* dans les substrats et donc comme des *ruptures des symétries* induisant l'homogénéité.

Des *réactions* chimiques « internes » entre des concentrations de morphogènes se produisent dans le substrat. Elles sont décrites par des équations cinétiques de réaction décrivant des interactions moléculaires locales, équations différentielles non linéaires (la non-linéarité exprime entre autres des propriétés de catalyse et d'autocatalyse). Par ailleurs, dans l'extension spatiale « externe » du substrat, des processus de *diffusion* (*i. e.* des phénomènes de transport) se produisent. Et l'idée de base est que le *couplage* de dynamiques aussi différentes peut déclencher, sous certaines conditions si le système est ouvert et loin de l'équilibre thermodynamique, des processus morphogénétiques mathématiquement descriptibles par des équations de « réaction-diffusion ». En effet, la diffusion peut déstabiliser les équilibres chimiques internes et engendrer des patterns compliqués qui émergent de façon stationnaire. L'effet de l'autocatalyse peut se trouver inhibé par d'autres réactifs et, suivant les vitesses de diffusion relatives des produits de la réaction, les morphologies peuvent être très variées.

Et Turing avait une conscience claire du fait que la résolution de telles équations posait « a problem of formidable mathematical complexity ».

Patterns

La pertinence des équations de réaction-diffusion pour l'embryologie est encore débattue, mais leur validité en biochimie est indubitable depuis les premiers exemples étudiés par le groupe de Patrick De Kepper à Bordeaux dans les années 1990². Le couplage entre les dynamiques internes et les diffusions externes peut induire des patterns variés comme des réseaux de bandes avec défauts ou des nids d'abeille (figure 5).

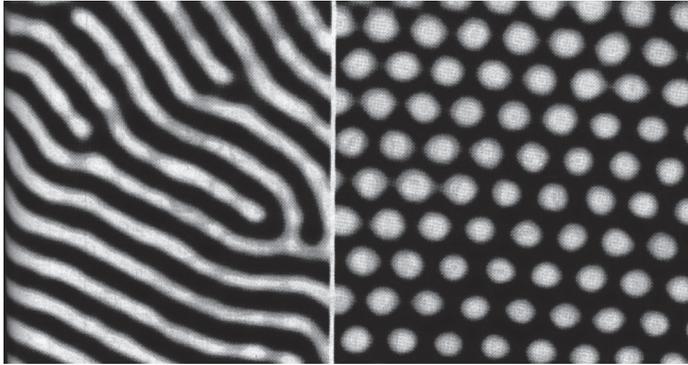


Figure 5. Deux exemples de solutions d'équations de réaction-diffusion (d'après De Kepper *et al.*, 1998).

Une des belles réussites de ces théories des patterns est la modélisation des coquillages par Hans Meinhardt. Comme la croissance d'une coquille est due à l'accrétion de matériel calcique le long du bord, le processus est en fait de dimension 1 et peut être décrit par un diagramme de dimension 2 $D = \text{bord} \times \text{temps}$. La diffusion de l'activateur d'un morphogène M à partir d'un pic local de concentration induit un triangle dans D où la concentration de M est forte. Mais comme M engendre son propre inhibiteur qui diffuse plus vite que son activateur, le triangle de diffusion est stoppé par inhibition latérale. D'où une cascade de triangles. La figure 6 montre le célèbre modèle de *Conus marmoreus*. L'accord entre la réalité empirique et le modèle est là encore remarquable.

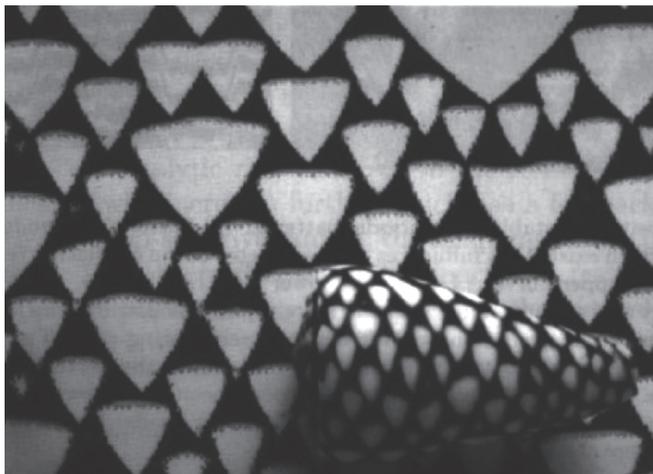


Figure 6. Modèle de Meinhardt pour le coquillage *Conus marmoreus*. Au premier plan une vraie coquille ; à l'arrière-plan le modèle (d'après Meinhardt, 1982).



D'autres mécanismes peuvent également engendrer des patterns. Par exemple, en analysant les instabilités de champs continus d'oscillateurs, qui peuvent se synchroniser et se désynchroniser localement. Pierre Coulet a montré comment on pouvait engendrer un nombre considérable de formes de types différents : défauts, ondes spirales, cellules hexagonales, réseaux de bandes, turbulence développée, etc. La figure 7 en montre quelques exemples.

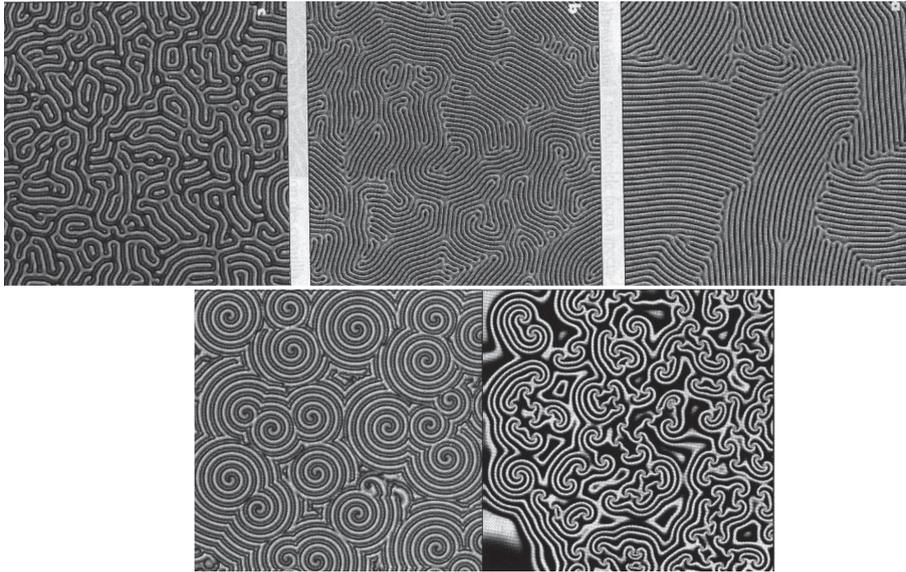


Figure 7. Quelques exemples de patterns obtenus par synchronisation/désynchronisation de champs d'oscillateurs (d'après Coulet et Emilsson, 1992).

Les modèles morphodynamiques de René Thom

C'est René Thom qui, à partir de la fin des années 1960, a le plus approfondi mathématiquement les modèles dynamiques d'émergence de morphologies dans tous les domaines. Il a unifié les modèles de patterns avec les modèles de phénomènes critiques. Le concept clé est celui de *bifurcation* des états internes du système considéré.

Le modèle est introduit dans l'article *princeps* « Une théorie dynamique de la morphogenèse » écrit en 1966 et publié en 1968. Il concerne la biochimie de la différenciation cellulaire. Thom suppose qu'il existe dans le substrat des substances dont les concentrations évoluent selon des dynamiques métaboliques internes qui sont celles (fortement non linéaires) de la cinétique chimique. Il « localise » alors ces réactions biochimiques internes en les faisant dépendre de l'extension spatiale



du substrat et il introduit sa toute première équation qui est en fait une équation de réaction-diffusion. Dans une note, il explique alors que :

Cette idée d'interpréter la différenciation cellulaire en termes de « régime stable du métabolisme », d'attracteur de cinétique biochimique est attribuée souvent à Delbrück et Szilard. En fait, on la trouve énoncée (sous sa forme locale, qui est la seule correcte) dans C. H. Waddington, *An Introduction to Modern Genetics*³.

La proximité entre l'article de Turing de 1952 et celui de Thom (qui ne le connaissait sans doute pas) de 1966 est saisissante sur plus d'un point. D'abord les références aux maîtres de la morphogenèse sont les mêmes : D'Arcy Wentworth Thompson, Child, Waddington. Le problème traité est identique. Et l'idée clé initiale est la même. La différence fondamentale entre les deux modèles vient de ce que Thom évince la diffusion au nom de la stabilité structurelle. Les termes de diffusion peuvent selon lui être traités comme des petites perturbations et, donc, si les dynamiques de cinétique chimique sont structurellement stables, ils ne changent pas la situation qualitative et n'ont pas d'effets morphogènes. À partir de là Thom introduit son propre modèle fondé sur des bifurcations et des déploiements d'instabilités.

Dès le début, Thom visait une théorie mathématique *générale* des formes avec toute sa diversité scientifique et sa profondeur philosophique depuis Aristote. Sans doute que l'un des principes qui a le plus étonné ses collègues a été celui de « l'indépendance par rapport au substrat » qui affirme que la géométrie des morphologies observées dans la nature est en grande partie indépendante de la physico-chimie spécifique du substrat. Thom le formule dans son article *princeps* dès la phrase d'ouverture en disant qu'il utilise le terme de « morphogenèse »

pour désigner tout processus créateur (ou destructeur) de formes ; on ne s'occupera ni de la nature (matérielle ou non) du substrat des formes considérées, ni de la nature des forces qui causent ces changements.

« Difficile à admettre » comme le reconnaît Thom lui-même, ce principe est justifié par l'existence des théorèmes de classification des singularités et de leurs déploiements universels, théorèmes qui montrent qu'il existe des modèles géométriques universels en quelque sorte « platoniciens » de rupture de symétries (comme il existe des modèles universels « platoniciens » de symétrie ainsi qu'on le sait depuis Platon).

La méthodologie thomienne élargit les modèles classiques de type physique (à base d'équations différentielles) à une *phénoménologie* générale, c'est-à-dire à des situations où l'on ne connaît pas d'équations sous-jacentes. Au-delà du souci de modéliser telle ou telle classe de morphologies empiriques, Thom voulait refonder mathématiquement le concept primitif de « phénomène ». Pour cela il a identifié explicitement la notion de morphologie à celle de phénomène.



Au symposium de Katada de 1967 (sa première présentation), il définit un phénomène naturel dans un domaine de l'espace-temps par l'opposition entre les points phénoménologiquement *réguliers* au voisinage desquels le substrat est localement homogène et les points phénoménologiquement *singuliers* au voisinage desquels le substrat est rendu localement hétérogène par des discontinuités qualitatives. Au début de l'article *princeps*, il explique que « le propre de toute forme, de toute morphologie est de s'exprimer par une discontinuité des propriétés du milieu ». Il affirme également dans « Topological models in biology » (1969) que toute morphologie repose sur des discontinuités. Il s'agit d'un leitmotiv : « phénomène » → « morphologie » → « points réguliers/singuliers » → « système de discontinuités qualitatives ». Il y revient constamment.

Les modèles locaux de morphogenèse développés par Thom sont des modèles de champs morphogénétiques à la Child-Waddington présupposant que si les gènes *contrôlent* bien les différenciations cellulaires, ils ne sont pas pour autant la *cause* des morphologies observées. Selon Thom, les morphologies sont, nous l'avons vu, contraintes par des contraintes topologico-géométriques « platoniciennes » imposées par le principe de stabilité structurelle. Dans les années 1960, il existait un antagonisme marqué entre une encore jeune biologie moléculaire et un structuralisme embryologique, antagonisme hérité du conflit virulent entre biochimie et vitalisme de la seconde moitié du XIX^e siècle. Au début du XX^e siècle les grands embryologistes Hans Driesch (1867-1941) et Hans Spemann (1869-1941, prix Nobel 1935 pour la découverte de l'induction embryologique) étaient encore vitalistes de façon déclarée. Même si les structuralistes comme Waddington, Brian Goodwin ou Gerry Webster n'étaient plus vitalistes au sens du XIX^e siècle, ils maintenaient fortement la thèse que les processus de morphogenèse et l'expression du génotype par le phénotype resteraient incompréhensibles tant qu'on n'aurait pas donné un statut scientifique rigoureux à la notion d'information positionnelle contrôlant la différenciation cellulaire. Selon eux, c'était la position des cellules qui sélectionnait certains régimes métaboliques en déclenchant certains gènes.

Thom est entré de plain-pied dans ce débat en offrant aux structuralistes l'appui de ses nouvelles mathématiques. D'où une dure controverse avec les tenants de la biologie moléculaire. Le débat était passionnant et passionné. Il est toutefois sur le point d'être en partie dépassé depuis les travaux (par exemple ceux d'Edward Lewis, prix Nobel 1995) sur les gènes homéotiques (gènes « architectes ») qui marquent la position d'une cellule. Les homéogènes sont des gènes de régulation déterminant les sites où certaines structures anatomiques vont se développer. Comme le remarquait en 2007 Alain Prochiantz dans sa Leçon inaugurale au Collège de France, jusqu'aux années 1980, le développement était conçu avant tout comme une affaire de différenciation cellulaire, et donc d'expression de gènes, la question des assemblages



morphologiques n'étant que peu abordée par la biologie moléculaire. Situation (contexte des premiers travaux de Thom) qui a radicalement changé avec la découverte, en 1991, des homéoprotéines qui peuvent franchir les membranes cellulaires et agir comme des morphogènes diffusants. Elles relient position et différenciation par un mécanisme qui ressemble énormément à celui dont Turing et Thom ressentent le besoin. Il y a là une convergence remarquable qui permet enfin de surmonter partiellement l'obstacle épistémologique d'une théorie à la fois géométrique-dynamique et génétique de la morphogenèse.

Notes

1. Pour une introduction au concept d'information positionnelle chez Waddington, Wolpert, Goodwin et Thom, voir J. Petitot, *Morphogenèse du sens*, Paris, PUF, 1985.
2. On utilise la réaction bistable et oscillante du ferrocyanure + iodate + sulfite ou la réaction dioxyde de chlore-diiodate-acide malonique.
3. Ce texte de Waddington est en fait de 1939 et est suivi de près par l'ouvrage de 1940 *Organizers and Genes*.

Références

- Berry, M. V. et Upstill, C., « Catastrophe optics : Morphologies of caustics and their diffraction pattern », *Progress in Optics*, Elsevier, North-Holland, 1980, p. 258-345.
- Child, C. M., *Patterns and Problems of Development*, Chicago, The University of Chicago Press, 1941.
- Coullet, P. et Emilsson, K., « Strong resonances of spatially distributed oscillators : a laboratory to study patterns and defects », *Physica D*, n° 61, 1992, p. 119-131.
- De Kepper, P. *et al.*, « Taches, rayures et labyrinthes », *La Recherche*, n° 305, 1998, p. 84-89.
- Delbrück, M., « Unités biologiques douées de continuité génétique », Paris, CNRS, 1949.
- Goodwin, B. C. et Webster, G., « The origin of species : A structuralist approach », *Journal of Social and Biological Structure*, n° 5, 1982, p. 15-47.
- Meinhardt, H., *Models of Biological Pattern Formation*, Londres, Academic Press, 1982.
- , *The Algorithmic Beauty of Sea Shells*, Berlin, Springer, 1995.
- Petitot, J., *Morphogenèse du sens*, Paris, PUF, 1985 ; trad. angl. *Morphogenesis of Meaning*, Berne, Peter Lang, 2003.
- , « Forme », *Encyclopædia Universalis*, XI, 1989, p. 712-728.
- , (éd.), *Logos et théorie des catastrophes* (colloque de Cerisy en l'honneur de René Thom), Genève, Patino, 1989.
- , « Modèles de structures émergentes dans les systèmes complexes », in *Complexity and Emergence*, International Academy of the Philosophy of Science, Singapour, World Scientific, 2003, p. 57-71.



- , « Complexity and self-organization in Turing », *The Legacy of A. M. Turing*, Académie internationale de philosophie des sciences, Milan, FrancoAngeli, 2013, p. 149-182.
- Prigogine, I., *Physique, temps et devenir*, Paris, Masson, 1980.
- Prochiantz, A., « Géométrie du vivant », Leçon inaugurale au Collège de France, 4 octobre 2007.
- Thom, R., « Une théorie dynamique de la morphogenèse », in C. H. Waddington (éd.), *Towards a Theoretical biology I*, Édimbourg, University of Edinburgh Press, p. 152-166, 1968 (suivi d'une correspondance avec C. H. Waddington).
- , « A dynamical theory for morphogenesis », *Katada Symposium on Topology*, 1967, p. 1-11.
- , « Topological models in biology », *Topology*, n° 8, 1969, p. 313-335.
- , *Stabilité structurelle et morphogenèse*, Paris, InterÉditions, 1972.
- , *Modèles mathématiques de la morphogenèse*, Paris, 10/18, 1974.
- , « The chemical basis of morphogenesis », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B, 237, 64, 1952, p. 37-72.
- Thompson, D'Arcy Wentworth, *On Growth and Form*, Cambridge, Cambridge University Press, 1942.
- Waddington, C. H., *An introduction to Modern Genetics*, New York, MacMillan, 1939.
- , *Organizers and Genes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1940.
- Webster, G., Goodwin, B., *Form and Transformation : Generative and Relational Principles in Biology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996.
- Wolpert, L., « Positional information and the spatial pattern of cellular differentiation », *Journal of Theoretical Biology*, vol. 25, n° 1, 1969, p. 1-47.

LA REPRÉSENTATION ET LA RECONNAISSANCE DES FORMES

Wladimir Mercoureff (1954 s)

Docteur en Sciences physiques (physique des solides), il a enseigné à l'Université de Paris-Sud (Orsay). Ancien directeur scientifique du CNRS, il a été chargé de mission à l'informatique du ministère de l'Éducation nationale et président du département d'Informatique d'Orsay.



La représentation des formes

Nous appréhendons le monde extérieur par nos cinq sens, notamment la vue et l'ouïe, ce qui nous permet de nous faire une représentation du monde et de ses formes. Pourquoi vouloir les représenter au-delà de notre « for intérieur » ? Pour les mémoriser, pour les reconnaître, les comparer, les comprendre, les visualiser, pour les transmettre et, enfin, pour les concevoir, les réaliser, les reproduire.



Dès l'aube de l'humanité, les représentations ont utilisé les arts plastiques : les premières images d'animaux sur les parois des grottes préhistoriques avaient peut-être cette fonction. Les peintures, les sculptures, les photos, accompagnées souvent d'une description écrite (après l'invention de l'écriture), ont pris le relais de ces dessins. De telles représentations permettent par exemple de comparer des outils préhistoriques et de les rattacher à des époques. De nos jours, cette description des formes permet d'identifier des délinquants avec les clichés anthropométriques (de face et de profil) et la mention de signes distinctifs.

Les mathématiques s'intéressent aussi aux formes : la discipline qui leur est consacrée s'appelle la topologie. Par exemple, on a compris la nature des fractales ; on sait aussi caractériser la connectivité des formes, c'est-à-dire la présence de trous : une boule est simplement connexe, une bouée (ou une tasse à anse) est doublement connexe, un bretzel multiplement connexe. Pour caractériser cette connectivité, mais aussi l'existence de bords, de faces..., Poincaré a montré que l'on pouvait utiliser des invariants topologiques appelés « nombres d'Enrico Betti¹ ». Par ailleurs, Herbert Freeman a proposé de noter les contours en codant ses changements de direction successifs : un carré – ou un quadrilatère – est ainsi codé par ses quatre coins. Les mathématiciens ont à cœur de généraliser ces notions à des espaces à plus de trois dimensions.

Un autre but de la représentation des formes est leur visualisation. Pour s'orienter dans l'espace où nous vivons, on a imaginé des plans, des cartes : dès le II^e siècle, Ptolémée a ainsi décrit le Monde et la Terre. Les vues en perspective, inventées à la Renaissance, ont donné encore plus de réalisme aux dessins et tableaux, introduisant une troisième dimension aux vues présentées.

Pour visualiser des formes, on a eu aussi recours à des maquettes. Un exemple très spectaculaire est celui des plans-reliefs de Vauban qui furent d'abord un outil militaire pour visualiser des projets d'aménagements ou des campagnes autour de sites fortifiés. Les architectes font encore des maquettes pour présenter leurs projets. En 2016, une maquette de la grotte de Lascaux a été inaugurée à proximité de l'original, pour lui éviter les dégradations d'une fréquentation touristique intense.

Pourtant, de nos jours, ces maquettes sont de plus en plus souvent remplacées par des « réalités virtuelles », les objets, monuments, bâtiments, villes visibles en trois dimensions avec des lunettes spéciales ; les vues interactives sont produites à partir de fichiers numériques et de logiciels adaptés, qui permettent de se déplacer dans ces décors virtuels. Ces nouvelles visualisations ouvrent des perspectives à un autre tourisme : des visites de villes et de musées lointains, voire des visites dans le temps des monuments disparus.

La représentation des formes permet aussi de concevoir, de réaliser et de reproduire des objets, par exemple des meubles Ikea à partir de leur plan et de leur mode



d'emploi, des bâtiments à partir de plans d'architecte, des engins mécaniques divers (automobiles, avions, etc.) à partir de dessins de machines conçus par des ingénieurs.

Ces représentations ont évolué depuis Vitruve, l'un des premiers grands architectes et ingénieurs romains au dernier siècle avant notre ère, et même depuis Léonard de Vinci : initialement simples croquis accompagnés de descriptions écrites, elles sont devenues des dessins très précis, notamment des plans d'architecture « cotés » ou des dessins de machines, élaborés dans des ateliers d'architectes ou des bureaux d'études. La géométrie descriptive, comportant deux vues en projection sur un plan horizontal et sur un plan vertical (développée par Gaspard Monge sous la Révolution), a été au départ considérée comme un secret de guerre et enseignée dans des écoles militaires et à l'École polytechnique.

Aujourd'hui, on représente les formes grâce à des fichiers numériques ; ces fichiers sont simplement des nuages de points ou des équations qui permettent de dessiner des formes². La numérisation sur poste de travail informatique a remplacé le dessin au bureau d'études ; elle a permis le développement de la conception assistée par ordinateur (CAO) : le logiciel Catia de Dassault Système domine dans les usines³ (devant le logiciel américain Autodesk). Outre la conception, ces logiciels de CAO permettent aujourd'hui la fabrication assistée par ordinateur (FAO), en incluant des commandes pour machines à usiner numériques.

La dernière mutation de la fabrication assistée par ordinateur est l'impression en trois dimensions : à l'inverse des machines outils qui usinent en enlevant de la matière, les imprimantes 3D réalisent des pièces couche par couche en ajoutant de la matière. Cela permet notamment de fabriquer des pièces mécaniques très complexes difficiles à usiner. Malheureusement, le procédé est assez lent (ce qui rend compliquée la fabrication de grandes pièces ou en grande série) et les matériaux utilisables sont en nombre limité, plastiques (purs ou chargés de poudre métalliques ou céramiques) polymérisés par rayonnement UV ou poudres métalliques fondues par rayon laser.

La reconnaissance des formes

La reconnaissance des formes a été un problème assez central dès les premiers temps de l'informatique. L'œil (les deux yeux) et le cerveau humain sont adaptés à reconnaître des formes, des visages⁴, des lettres et autres caractères, sans que l'on sache bien faire la part entre l'inné et l'acquis. La reconnaissance des formes est restée un problème emblématique avec les développements du monde numérique, en devenant une branche de l'intelligence artificielle, ce qui a encouragé de nombreuses recherches.

Une image en informatique se présente sous la forme d'un fichier de 0 et de 1 ou, au mieux, sous la forme d'un nuage de points sur un écran. Comment y reconnaître



une forme ? La comparer avec un catalogue de formes ? Impossible, car ce catalogue est infini. Y découvrir des discontinuités d'ombres et de lumières, des discontinuités de couleurs qui marqueraient des « contours » ? C'est une première étape certes, mais ensuite ?

On peut illustrer ce problème avec la reconnaissance optique de caractères (ROC ou OCR en anglais). Sur le plan pratique, cette question est née avec l'automatisation du courrier à la Poste : il fallait reconnaître automatiquement les codes postaux. Il existe aujourd'hui une base de données de chiffres écrits à la main, MNIST (Modified ou Mixed National Institute of Standards and Technology), grâce à laquelle on peut comparer divers systèmes de reconnaissance en mesurant leurs taux d'échec. Mais pour de nombreuses applications automatisées, la ROC a été remplacée par des codes-barres, voire des codes carrés, faciles à imprimer et à reconnaître : tout possesseur de smartphone peut s'en assurer.

La reconnaissance optique de caractères a été au centre des polémiques françaises sur le projet de numérisation des bibliothèques par Google sous le nom de *Google Books* (en français *Google Livres*). René de Possel (1923 s) fut un précurseur dans ce domaine dès les années 1970 : il pensait que tout le savoir humain était (à cette époque) accumulé dans les livres, et qu'il fallait fabriquer des machines capables de les lire. Il a essayé de comparer les images de caractères à un catalogue de polices typographiques, mais il a échoué car la science informatique n'était pas encore assez développée (faute aussi de moyens disponibles). Depuis, le problème a été pratiquement résolu : on a numérisé un grand nombre de bibliothèques (Gallica à la BnF), quant aux nouveaux livres, aux nouveaux textes, ils sont tous produits sous forme numérique. Il existe de nombreux logiciels de ROC, libres ou commerciaux ; la difficulté de la numérisation des bibliothèques n'est plus informatique, mais mécanique : il faut placer les livres sur la machine à numériser et tourner les pages ! S'il reste des recherches théoriques dans ce domaine, elles sont méthodologiques.

Une autre reconnaissance des formes, qui n'a pas attendu l'informatique pour être mise en œuvre, est celle des empreintes digitales (ou dactylogrammes) popularisées depuis la France par Alphonse Bertillon et Edmond Locard. Depuis 1987, la reconnaissance est réalisée en France par comparaison avec les empreintes de délinquants d'un fichier automatisé des empreintes digitales (FAED), par accord de points singuliers (appelés minuties) : la loi exige douze minuties concordantes et aucune discordante pour authentifier l'empreinte d'un suspect.

Un autre défi pratique est la reconnaissance vocale ; les humains comprennent la parole et reconnaissent même les locuteurs. De nos jours, les machines informatiques réagissent à certaines interrogations vocales, en appelant au téléphone un correspondant dont on énonce le nom, en répondant à certaines demandes (adresse



d'un correspondant, cours de bourse ou recherche sur Internet). Les assistants vocaux intelligents sur smartphone se sont multipliés : *Siri* pour l'iPhone d'Apple, *Google Assistant* sous Android, *Alexia* pour Amazon connecté à son haut-parleur *Echo* capable de répondre vocalement aux questions de ses utilisateurs...

La reconnaissance de visages, familière aux amateurs de séries criminelles américaines, est relativement facile à réaliser. En effet, la reconnaissance faciale est une technologie biométrique très efficace, utilisée dans de nombreuses applications liées à la sécurité. Les systèmes automatisés sont capables d'identifier des individus en fonction de caractéristiques telles que l'écartement des yeux, des arêtes du nez, des commissures des lèvres, des oreilles, du menton, etc. qui sont analysées puis comparées à une base de données existante. Tous les logiciels de photos sur smartphones proposent une telle reconnaissance du visage de leurs propriétaires. Le nouvel iPhone sorti en septembre 2017 utilise également cette reconnaissance pour identifier son propriétaire.

Une illustration plus contemporaine (encore que futuriste) de la reconnaissance des formes est celle de la voiture sans chauffeur ou véhicule autonome : muni de capteurs, ce véhicule reconnaîtrait en roulant les obstacles fixes ou mobiles, les signalisations routières et les avertissements climatiques et policiers, remplaçant ainsi le conducteur humain. Cette reconnaissance peut être améliorée avec une vision stéréoscopique à trois dimensions, en comparant les vues de deux caméras distinctes. Des voitures de ce type circulent déjà, mais leur mise au point n'est pas encore parfaite, comme l'illustre un accident de voiture Tesla survenu en juillet 2016, en Californie, qui a coûté la vie à son passager, les capteurs éblouis par le soleil n'ayant pas reconnu la forme d'un camion blanc qui avait coupé la route au véhicule autonome.

La reconnaissance des formes est liée aujourd'hui à l'apprentissage. En effet, on a découvert que l'on pouvait de cette manière entraîner les machines à reconnaître des formes, en leur présentant de nombreux exemples. Cet apprentissage est réalisé de nos jours à l'aide de « réseaux de neurones formels » ; on savait, dès les années 1980, que ces réseaux étaient capables de mémorisation, comme en témoigne le livre de Gérard Weisbuch (1961 s)⁵. Ces réseaux sont construits par analogie avec les réseaux de neurones biologiques : ces derniers sont munis d'axones, sorte de conducteurs qui transportent les influx nerveux d'un neurone à plusieurs autres ; quand la somme des signaux plus ou moins atténués aboutissant à un neurone atteint un seuil, ce neurone envoie un influx aux autres neurones vers lesquels pointent ses axones. La nature de la mémorisation est fixée par les jeux de coefficients d'atténuation des influx entrants.

On peut construire des réseaux de neurones formels en couches sous forme informatique : une première couche de neurones reçoit le signal d'entrée qu'il envoie à une deuxième couche de neurones, celle-ci à une troisième, etc. jusqu'à la dernière. Ces réseaux sont capables de faire des classifications et donc de reconnaître des formes.



Ce domaine de recherche a connu une accélération extraordinaire au XXI^e siècle par l'utilisation de puces informatiques très puissantes, initialement employées pour le traitement d'image, et qui servent actuellement à créer des réseaux de neurones formels à nombreuses couches. C'est l'utilisation de ces réseaux pour l'apprentissage que l'on a appelé « l'apprentissage profond » (*deep learning*).

Cet apprentissage se fait à partir de très grandes bases de données (big data) maintenant disponibles grâce à l'usage massif des outils internet (moteurs de recherche et réseaux sociaux) qui collectent de grandes quantités de données, souvent à l'insu de ceux qui les fournissent. C'est avec un grand nombre d'exemples que l'on « apprend » à des machines munies de capteurs, à reconnaître des lettres, des visages, des voitures, des animaux, etc. Le Collège de France vient d'y consacrer une chaire annuelle en « Informatique et sciences numériques⁶ ».

Pendant, cet apprentissage, qui a obtenu des succès spectaculaires (et a de nombreuses applications, notamment dans le domaine du marketing), soulève encore des problèmes théoriques et pratiques. Il est en effet bien moins performant que l'apprentissage humain : il faut beaucoup plus d'exemples à une machine qu'à un enfant pour apprendre. De plus, l'apprentissage des machines fonctionne très mal s'il n'est pas « supervisé », c'est-à-dire si on ne lui fournit pas des exemples bien caractérisés de formes à reconnaître. Autrement dit, l'apprentissage des machines est mal adapté pour mettre en évidence des formes nouvelles, à ce que l'on appelle leur « émergence ». Néanmoins, l'introduction de réseau neuronaux convolutifs a permis de très grands progrès et on commence à avoir des systèmes « prédictifs », capables par exemple de concevoir de manière plausible les images qui pourraient suivre une séquence vidéo.

En fait, la reconnaissance des formes pose le problème de la classification, identifiée en biologie au XVII^e siècle par Carl von Linné sous le nom de « taxonomie ». Quelles sont les différences significatives pour une classification ? Jusqu'à quel niveau de détail faut-il descendre ? L'ornithorynque est-il un canard mammifère qui pond des œufs ? Les virus appartiennent-ils au règne vivant ? Enfin, peut-on se fier à une classification automatique, ce qui serait fondamental en intelligence artificielle ?

Il existe donc une grande différence entre l'apprentissage profond et l'apprentissage humain que l'on étudie en neurosciences. On ne sait pas vraiment comment des concepts émergent dans le cerveau humain, et on sait encore moins les transposer dans des réseaux de neurones formels.

Ces questions sont d'actualité à l'École normale supérieure. On a en effet inauguré en décembre 2016 une chaire intitulée « Modèles et sciences des données », financée par CFM (Capital Fund Management), entreprise créée par Jean-Philippe Bouchaud (1981 s). Cette chaire se trouve à mi-chemin entre les départements de Mathématiques, d'Informatique et de Physique (voire de Biologie et de Chimie),



La reconnaissance des formes pose enfin un problème philosophique : « Qu'est-ce qu'une forme ? » Un test classique de reconnaissance des formes consiste à comparer les performances des machines à celles des humains pour la lecture des codes postaux. Mais que veut dire cette performance humaine ? À partir de quelle déformation le 1 et le 7 (sans barre) sont-ils distincts ? Le lecteur humain ne corrige-t-il pas les 15 en 75 en estimant qu'il y a plus d'adresses à Paris que dans le Cantal ? Comment objectiver la performance ? Comment définir les bons chiffres et toutes leurs déformations possibles acceptables ? Le fonctionnement du cerveau humain peut-il se réduire à celui d'une machine, même si celle-ci est un ordinateur de Von Neuman ?

Notes

1. Les nombres de Betti sont : b_0 le nombre de composantes connexes ; b_1 le nombre de courbes fermées indépendantes ; b_2 le nombre de surfaces indépendantes.
2. Des « splines » ou des courbes de Bezier (approximations polynomiales à deux dimensions), et des surfaces de Bezier. Ces dernières ont été introduites par Pierre Bezier qui travaillait alors chez Renault. Paul de Faget de Castelliau (1951 s) travaillant chez Citroën les avaient découvertes avant lui ; mais ses employeurs n'avaient pas attaché d'importance à cette découverte, fondamentale en CAO. Les splines et β -splines sont utilisées pour le dessin des polices typographiques postscript.
3. Catia l'a emporté sur Euclid, développé par le CNRS et porté par Matra.
4. La prosopagnosie est une maladie rare qui empêche ceux qui en sont atteints de reconnaître les visages.
5. *Dynamique des systèmes complexes. Une introduction aux réseaux d'automates*, Paris, InterÉditions/Éditions du CNRS, 1989.
6. <https://www.college-de-france.fr/site/yann-lecun/Recherches-sur-l-intelligence-artificielle.htm>

MISES EN FORMES EN VISION

Jean Lorenceau

Directeur de recherche au CNRS, il travaille actuellement à l'Institut de la vision (UPMC-INSERM-CNRS) où il développe des recherches fondamentales, cliniques et appliquées relatives aux activités oculomotrices et pupillaires en vision. L'objectif est de tester de nouveaux paradigmes d'étude de ces mouvements, d'analyser ces activités oculaires pour identifier des marqueurs diagnostics potentiels de pathologies, et de mettre au point des dispositifs intégrés pour une utilisation en routine en milieu clinique.



Ouvrons les yeux : le monde est là ! Instantanément, sans effort apparent, en un clin d'œil, nous pouvons désigner les objets présents dans une scène visuelle, caractériser cette scène (scène d'intérieur, scène d'extérieur, tableau « artificiel », dessin ou photographie) ; nous pouvons repérer si un animal



est présent ou s'il s'agit d'objets manufacturés ou naturels. Mais nous ignorons tout des caractéristiques physiques des photons à l'origine de cette perception : longueurs d'ondes, distribution ou nombre !

Que les yeux bougent, que nous nous déplaçons dans la scène, ou que l'éclairage change, tous les objets restent là, identiques à eux-mêmes, stables, malgré le fait que le flux de photons est radicalement différent. Si un objet rigide tourne dans l'espace, montrant à chaque instant une facette différente, il conserve son identité et sa « forme ». Que cet objet soit souple et déformable, vivant, et ces modifications d'apparence sont alors perçues comme intrinsèques à l'objet, et non le résultat de changements de points de vue ou de lumière. Tout cela en 3D, à partir d'une projection, principalement bidimensionnelle, sur nos deux rétines, ce qui implique que le relief et la profondeur sont une construction cérébrale et non le résultat d'une perception « directe ». Certaines composantes du flux de photons qui tombent sur la rétine, pourtant saillantes, ne sont pas perçues comme objet, malgré le fait qu'elles possèdent des propriétés de « formes » : les ombres, qui sont « éliminées » de la représentation, alors même qu'elles sont étroitement associées aux formes et objets qui les produisent.

Parfois, dans des conditions bien particulières, rien ne va plus ! Des « illusions » visuelles apparaissent, contre lesquelles nos connaissances sont impuissantes : nous savons qu'il s'agit d'interprétations perceptives « erronées », mais nous ne pouvons contraindre notre perception pour qu'elle corresponde à ce savoir. Preuve qu'il existe une autonomie du cerveau « visuel » qui impose ses lois d'organisation.

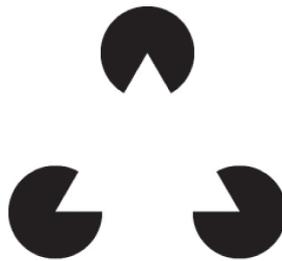


Figure 1. Triangle de Kanisza : la perception d'une forme triangulaire possédant des contours et une surface est « illusoire », et produite par notre cerveau.

La première difficulté, centrale pour comprendre les mécanismes de la perception de « formes » visuelles, est l'élaboration d'une définition univoque et consensuelle de ce qu'est une forme. L'origine de cette difficulté réside peut-être dans la propension irréprouvable à donner du sens à ce que nous voyons, à faire rentrer le « voir » dans un cadre contraint, à construire des hypothèses façonnées par l'expérience, le lexique



et le langage. Les mots, les substantifs, sont bien là pour désigner des choses ayant substance, des objets, des « formes ». Mais existe-t-il des propriétés spécifiques pour qu'un « voir » mérite l'attribut de forme ? Sa géométrie ? Sa structure (mais quelle métrique) ? L'autonomie de « l'objet » par rapport au contexte ? Les relations dynamiques entre traits élémentaires de l'image d'entrée, mais quels sont ces traits ?

Et dans ce contexte mal défini, comment construire une approche expérimentale et développer une théorie qui permettraient de comprendre quelles transformations du flux de photons initial conduisent notre cerveau à identifier, et reconnaître, des « formes visuelles » ?

Les « grands principes » élaborés au début du XX^e siècle par les gestaltistes (Wertheimer, Koffka¹, Köhler) proposent de s'appuyer sur des lois conceptuelles d'organisation et de structuration perceptive : ségrégation figure/fond, prégnance, courbure et clôture, bonne continuité, destin commun, proximité, symétrie, similarité et bonnes formes (!) pour lesquelles « le tout est plus que la somme des parties », qui définissent des processus et des opérations qui seraient appliqués aux réponses nerveuses en réponse au flux de photons initial. Les exemples proposés et leur définition d'une grammaire abstraite de l'image sont convaincants et opérationnels. Mais comment ces opérations sont-elles « implémentées » dans le cerveau visuel ? Comment les étudier ? Quels stimuli employer et sont-ils en effet des « formes » ?

Première découverte majeure, chaque neurone, rétinien ou cortical, possède un champ récepteur, zone délimitée au sein de laquelle des traitements correspondant à une région précise de l'espace visuel sont réalisés. Difficulté – ou atout – supplémentaire, les travaux des années 1950 démontrent que, dès la rétine, les cellules ganglionnaires dont les axones forment le nerf optique conduisant les impulsions nerveuses aux aires cérébrales, réalisent une transformation radicale : leur champ récepteur agit comme un filtre biologique qui extrait les composantes fréquentielles des distributions rétiniennes de chrominance et de luminance : ainsi passe-t-on d'une projection bidimensionnelle conservant les propriétés géométriques et relationnelles d'un espace euclidien, à une représentation spectrale de fréquences spatiales. Chaque cellule ne répond alors qu'à des distributions spécifiques de luminance sur son champ récepteur, entraînant un morcellement de l'espace visuel en réponses localisées et restreintes, chaque cellule indiquant la présence, ou l'absence, de telle ou telle fréquence spatiale dans l'image rétinienne. Dans le cortex visuel primaire, les champs récepteurs des neurones ont une forme allongée qui leur confère une sélectivité à l'orientation locale d'un contour. Il y a donc là la brique élémentaire d'une forme : un contour local.

L'ensemble des réponses des neurones apparaît alors comme un puzzle complexe, où chaque pièce ne reflète qu'une partie de l'ensemble. Ceci suggère le besoin d'une



(re)construction qui (ré)assemble le puzzle. De fait, on sait aujourd'hui que ces traitements, distribués dans plus de trente aires cérébrales, sont organisés en étapes, du cortex visuel primaire vers des aires où les neurones répondent à des caractéristiques spécifiques de l'image, révélant une spécialisation fonctionnelle progressive pour des attributs de complexité croissante. Où, quand et comment émergent les « formes » dans ces traitements ? C'est tout l'enjeu de la recherche !

La découverte que les neurones du cortex visuel primaires sont couplés par les connexions à longue distance (jusqu'à 8 mm dans le cerveau, ce qui correspond à des distances importantes dans le champ visuel), et que celles-ci lient préférentiellement des neurones répondant sélectivement à des contours ayant des orientations similaires, est venue donner un substrat physiologique au principe de « bonne continuité » proposé par les gestaltistes. Ainsi un neurone est connecté aux neurones de son voisinage, pourvu que leurs champs récepteurs soient co-alignés, permettant ainsi le traitement de contours étendus, prémisses de formes plus complexes (voir l'article de Jean Petitot ici même, *supra*, p. 23). Ces connexions horizontales à longues distances se développent pendant l'enfance, en interaction avec l'environnement visuel, et forment ainsi un « champ d'association » permettant de traiter un contour plus étendu que la taille du champ récepteur d'un neurone isolé. Ce développement lent semble refléter la distribution statistique des contours rencontrés dans les images naturelles, où la probabilité que deux contours possèdent une orientation proche décroît avec la distance entre ces contours (figure 2).

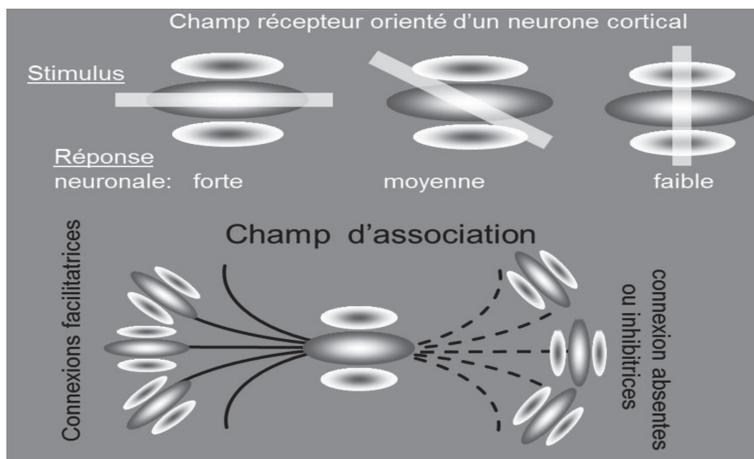


Figure 2. *Haut* : champ récepteur d'un neurone cortical et sa préférence pour un stimulus orienté horizontal. *Bas* : connexions d'un neurone cortical orienté avec des neurones sensibles à des contours similaires, distants dans le champ visuel. Chaque neurone analyse une région d'environ 1 degré d'angle visuel.



Les méthodes d'électrophysiologie et d'imagerie cérébrale sont des outils précieux (mais parfois pernicieux) pour disséquer ces traitements et la spécialisation fonctionnelle de régions corticales pour l'analyse des formes. En règle générale, les protocoles expérimentaux comparent les réponses neuronales induites par deux stimuli. Pour caractériser des régions spécialisées dans les traitements de formes et d'objets, on utilise ainsi des « objets » et des « non-objets », ou des « formes » et des « non-formes », et on contraste les réponses obtenues avec ces stimuli. Mais, à nouveau, quels stimuli utiliser pour activer les neurones ? Il faut là encore définir les termes et préciser les traits (géométriques, structurels ?) qui seront manipulés. Selon quels critères ?²

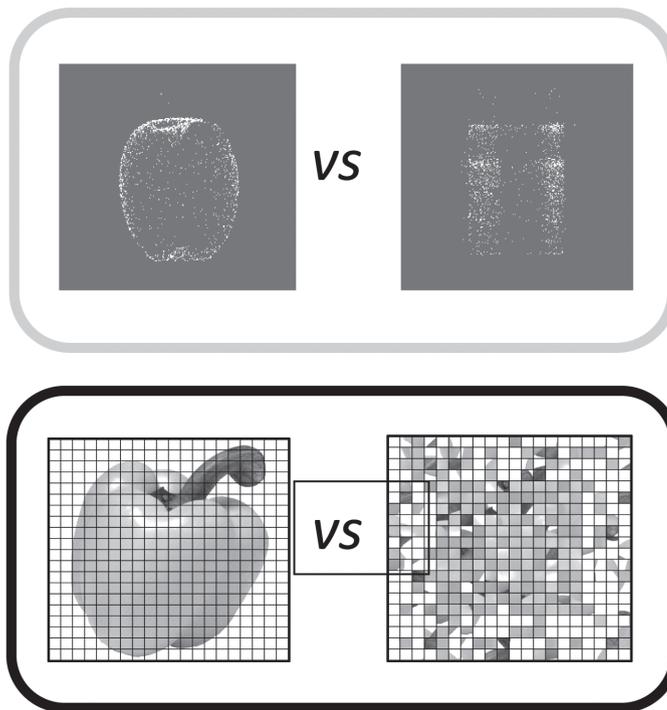


Figure 3. Exemples d'objets et de « non-objets » dérivés utilisés pour identifier le cortex occipital latéral (LOC) où les réponses obtenues en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) sont plus importantes pour un « objet » comparé au « non-objet » correspondant.

Pragmatiques, les chercheurs utilisent ce qui leur semble correspondre aux catégories de « formes » et « non-formes ». Par exemple, on utilisera des dessins « d'objets », tels qu'un verre, un couteau, un animal, une table, une chaise, etc., dont on modifiera la structure pour générer des « non-objets », par exemple en découpant les images en



petits morceaux qui seront mélangés et réassemblés en désordre. Le résultat obtenu n'est, en effet, ni une chaise, ni une table, etc., mais c'est quand même « quelque chose ». Avec ces stimuli et des protocoles appropriés, des régions cérébrales apparaissent plus actives pour des « objets » que pour des « non-objets ». C'est, entre autres, le cas du lobe occipito-temporal latéral (LOC, figure 3). D'autres régions sont plus activées par des lettres et des mots que par leur contrepartie « mélangée ». C'est le cas d'une région appelée aire visuelle des mots (*word form area*). De la même façon on a identifié des régions plus actives pour la présentation de visages (*fusiform face area* : FFA).

On peut également contraster les réponses neuronales évoquées par différents « objets », par exemple comparer les réponses corticales à des visages et à des maisons. On trouve alors des régions où les réponses sont plus importantes pour les uns ou les autres, indiquant l'existence de régions plus « spécialisées » pour le traitement de ces formes.

Ces différents travaux indiquent que les traitements de formes d'objets se déploient dans de nombreuses régions, chacune ayant une certaine spécialisation fonctionnelle pour analyser certains traits de l'image. Bien qu'il soit tentant d'imaginer que ces traitements sont hiérarchisés et suivent un décours temporel progressif, passant du simple au complexe, deux aspects pour lesquels il existe en effet de bons arguments expérimentaux, il faut garder à l'esprit que les latences des réponses des neurones sont variables et que certains traitements sont réalisés en parallèle dans différentes régions. Ce point est d'autant plus important à considérer qu'il existe de très nombreuses connexions provenant de régions « hiérarchiquement plus élevées » vers les régions plus précoces. Malgré l'identification progressive des régions cérébrales impliquées dans le traitement des formes et des objets, il reste difficile d'identifier quelles régions traitent quelles dimensions spécifiques des formes, et d'établir si cette hypothèse est valide.

Car le diable est dans les détails : verre, couteau, visage, table, chaise, mots, maison sont vus depuis l'enfance, et probablement appris par l'intermédiaire d'une plasticité corticale qui (ré)organise les connexions entre neurones, formant ainsi des assemblées neuronales, groupes de neurones présentant une spécialisation fonctionnelle pour des attributs de formes spécifiques. Un bon exemple est celui de l'écriture et de la lecture, où les symboles sont appris dans l'enfance, et dont on trouve l'empreinte dans une région cérébrale spécifique, l'aire de la forme visuelle des mots (WFA).

Toute « représentation » cérébrale est-elle le résultat d'un apprentissage ? Dans un travail récent, Daniel Pressnitzer et son équipe « Audition »³ (LSP, DEC-ENS) ont montré que l'on pouvait apprendre à reconnaître des bruits (au sens sonore du terme, mais aussi, et surtout, au sens d'une absence de structure explicite ou perceptivement



évidente). Ce résultat, étendu à la vision⁴, montre que le cerveau est capable de détecter et d'encoder des régularités, y compris avec un stimulus ne possédant pas de caractéristiques structurelles et géométriques particulières. D'autres travaux ont démontré qu'il était possible d'apprendre des formes fractales inconnues auparavant, et que cet apprentissage s'accompagnait de transformations plastiques dans le cerveau⁵. À la lumière de ces découvertes, on peut se demander si, *in fine*, une « forme perceptive » n'est qu'une régularité statistique où les éléments conservent leurs interrelations au cours du temps, régularité que le cerveau identifie comme telle, et qu'il est capable d'encoder de façon durable au sein d'une connectivité plastique entre les neurones.

Ainsi, débarquant sur une autre planète où rien de ce qui est vu n'est déjà connu, un explorateur, d'abord « aveugle » aux « formes », pourrait, avec l'accumulation progressive d'expériences de ses sensations en relation avec ses actions dans ce nouveau monde, repérer des invariants sensori-moteurs⁶, et réorganiser la connectivité entre ses neurones de façon à identifier ces régularités statistiques, témoins de l'existence de relations stables entre particules « sensorielles » élémentaires, relations qui, seules, signent l'existence de « formes » dans ce nouvel univers. Un exemple concret est celui de personnes aveugles qui peuvent apprendre à reconnaître des « images sonores » issues de la transformation d'une image visuelle en une série temporelle de sons, chacun correspondant à un pixel de l'image, et étant produit sur la base de la luminosité et de la position spatiale de ce pixel, avec des conventions arbitraires (mais stables). N'est-ce pas là cette « intelligence naturelle » capable d'extraire et de classer n'importe quel jeu de « données » pourvu qu'existent en son sein des régularités et des redondances, intelligence plastique des formes, aujourd'hui implémentée dans des réseaux « artificiels » ?

Notes et références

1. K. Koffka, « Perception : An introduction to the Gestalttheorie », *Psychological Bulletin*, n° 19, 1922, p. 531-585.
2. Dans le laboratoire d'électrophysiologie de Tanaka au Japon, un hangar est réservé au stockage d'une vaste collection « d'objets », qui sont ensuite présentés à des primates pendant que sont enregistrés des neurones du cortex inféro-temporal, pressenti pour constituer une région dédiée à l'analyse et à la reconnaissance « d'objets ». On tente alors d'identifier quelles « formes » suscitent les réponses les plus amples, pour en conclure qu'ils (re) présentent, ou non, telle ou telle forme.
3. T. Andriillon, S. Kouider, T. Agus, et D. Pressnitzer, « Perceptual learning of acoustic noise generates memory evoked potentials », *Current Biology*, vol. 25, n° 21, 2015, p. 2823-2829.
4. S. Maharjan, J. Gold et R. Sekuler, « Incidental learning and memory for spatial, temporal and spatio-temporal visual stimuli », *Journal of Vision*, vol. 15, n° 12, 2015, p. 952-952.



5. Y. Miyashita, N. Masui et S. I. Higuchi, « Primal long-term memory in the primate temporal cortex. Linkage between visual perception and memory », in *Representation of Vision*, Cambridge, Cambridge University Press, 1991, p. 141-152.
6. J. K. O'Regan et A. Noë, « A sensorimotor account of vision and visual consciousness », *Behavioral and Brain Sciences*, vol. 24, n° 5, 2001, p. 939-973.

LE DOMAINE DES PLIS : ORDRE, DÉSORDRE ET... ORIGAMIS

Étienne Guyon (1955 s)

Chercheur au laboratoire de Physique et Mécanique des milieux hétérogènes (PMMH-ESPCI), ses intérêts le portent aussi vers les actions de culture scientifique et la terminologie. Il a été directeur de l'ENS de 1990 à 2000.



Benoît Roman (1993 s)

Il est directeur de recherche au CNRS (laboratoire PMMH-ESPCI). Ses travaux portent sur les instabilités mécaniques de films minces (rupture, plis, clouage). Il rapproche les communautés de mécanique et de physique en animant le Groupement de recherche en mécanique et physique multi-échelle (GDR MePhy).

Les plis jouent un rôle particulier dans l'univers des formes. Les formes remplissent tout un volume. En revanche, les géométries de surface et de ligne sont le domaine des plis. On parle alors de forme *élançée* lorsque le système physique, tel un *fil* ou une *feuille*, est caractérisé par le fait qu'une ou deux de ses dimensions sont très grandes par rapport à son diamètre ou son épaisseur.

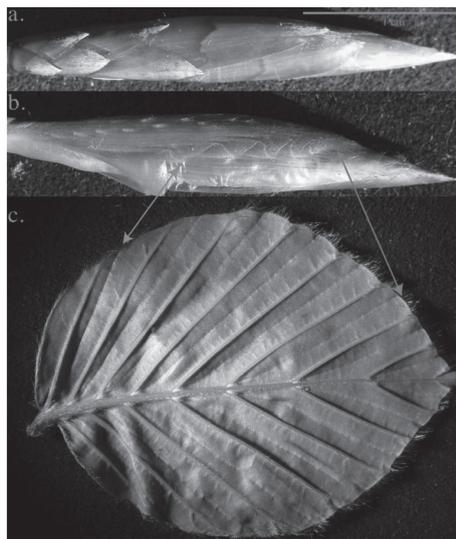
Les contributions qui suivent notre texte concernent ces géométries. La première est une lettre de Régis Debray, de « forme » personnelle. Il l'a envoyée après avoir rendu visite à notre équipe de recherche en mécanique physique¹ qui travaille sur ce thème. Régis a souhaité la laisser sous cette forme ! Dans sa note, il associe les plis à des effets d'ordre et de désordre, même si l'on voit que sa préférence va vers l'aléatoire et la dynamique que le désordre permet de mobiliser.

La contribution des physiciens Yves Pomeau et Martine Le Berre s'appuie sur la réalité picturale des plis dans l'art et les messages scientifiques que l'on peut en tirer. Ils partent du regard de l'artiste et précisent le sens physique que l'on peut donner à un pli en statique et dynamique, comme sous l'effet de la pesanteur, de formes sous-jacentes ou du vent. Yves Pomeau a été, avec Martine Ben Amar (1973 S), il y a quelques années, à l'origine de l'intérêt international porté actuellement au sujet, intérêt que l'on peut associer à son article séminal sur les papiers froissés. Dans leur



article, Yves Pomeau et Martine Le Berre abordent également le volet mathématique du sujet qui a motivé de nombreux savants au cours de l'Histoire², à savoir l'impossibilité de plaquer exactement une feuille de papier sur une boule. Le D-cône illustre la forme la plus simple d'un pli obtenu en pressant une feuille de papier sur un cylindre. Comme l'indique leur propos, c'est la structure élémentaire qui permet de définir les plis et les pointes que forme une boulette de papier écrasée que les physiciens voient ainsi comme un assemblage désordonné de lignes et de points singuliers.

Mais les plis ne sont pas que le royaume du désordre. Ils sont essentiels pour mettre en forme une feuille que l'on plie régulièrement comme une carte routière ou la voile soigneusement rangée d'un navigateur ou d'un parachutiste. Si le coquelicot s'ouvre en dépliant ses pétales froissés, certaines feuilles comme celles du hêtre sont déjà organisées régulièrement dans le bourgeon avant éclosion.



Le cas du hêtre commun : a. Bourgeon de hêtre. b. On enlève l'enveloppe supérieure. c. À la base de la feuille pliée, les plis sont tangents à l'enveloppe. Le pli n'est donc pas axe de symétrie du bord (flèche de gauche). À la pointe de la feuille, les plis sont transverses à l'enveloppe. Le pli est donc axe de symétrie du bord.

Les plis permettent à une feuille de pouvoir s'étendre dans les trois dimensions. Le domaine des *origamis* (en japonais « plis de papier ») connaît un regain d'intérêt. Cet art du pliage si familier en Extrême-Orient, mais que nous avons pratiqué aussi en construisant des cocottes à l'école (telle celle qui apparaît en couverture de ce numéro de *L'Archicube*), permet en effet de développer des structures planes dans l'espace. Il est même possible de tracer d'un seul coup, sur une feuille posée à plat,



tous les plis en creux ou bosses sur la feuille afin de faire apparaître une forme très sophistiquée dans l'espace. Une des applications actuelles est le domaine spatial, où l'on cherche à faire tenir des structures de grandes tailles dans un petit volume lors du lancement : ainsi, le miroir de 6,5 m de diamètre du prochain télescope spatial James-Webb, qui sera envoyé dans l'espace en 2019 pour imager le fond du ciel, devra être plié pour pouvoir voyager dans Ariane 5 !

Doit-on cependant opposer forcément ordre et désordre, origami et froissement ? Une nouvelle technique de pliage, les *origamis froissés*, marie les deux mondes. Il s'agit de commencer par un pliage ordonné de la feuille que l'on va froisser par la suite. Ceci permet d'organiser, à l'aide des plis principaux, la répartition et l'orientation de zones de froissement. Les objets obtenus, souvent réalisés avec des feuilles très fines, évoquent des organismes vivants : fragiles méduses aquatiques, champignons improbables. Cet art de l'origami froissé, qu'illustre l'œuvre de Vincent Floderer, nous rappelle évidemment la nature, parce qu'il associe la complexité de l'aléatoire avec une structure globale bien définie (ici la trace toujours visible du plan des plis réguliers).



Frou frou
par Vincent Floderer.

Notes

1. José Bico, Benoît Roman et Étienne Reyssat.
2. On consultera avec intérêt une conférence donnée il y a deux ans aux élèves, à l'École en salle des Actes, par le mathématicien Étienne Ghys. Il retrace, de façon simple et illustrée, l'histoire du sujet depuis Johannès Euler jusqu'aux recherches actuelles... et aux coutures du ballon de football brésilien (<https://www.youtube.com/watch?v=-FUGmiqD408>).



LETTRE À ÉTIENNE GUYON



Mon cher Étienne. Tu présumes de mes capacités intellectuelles en me demandant de cogiter sur la notion de pli. Je ne connais rien à Leibniz et n'ai aucune lumière d'ordre théorique ou philosophique sur le sujet. M'étant jadis occupé des espèces textiles sous un angle historique et matiériste, en vue d'un aide-mémoire pratique (*Dictionnaire culturel du tissu*, Fayard/Babylone, 2005), curieux que j'étais du tissu comme médiateur d'humanité, cette matière pénétrée d'esprit qui a donné au singe nu son vêtement, je n'en ai gardé qu'une approche sensible, sensorielle et pour ainsi dire existentielle, un peu celle d'Henri Michaux évoquant *La vie dans les plis*. Elle part du modelé des étoffes et de leur figuration en peinture, des draperies, robes, dais, tentures et linceuls, toutes choses auxquelles Caravage a donné une étonnante intensité dramatique (et que prolonge aujourd'hui, en dessin, Ernest Pignon-Ernest). C'est le point de départ : l'amplification pathétique d'une scène par le biais d'un trouble visuel, d'un dérèglement des attentes, à partir de quoi toutes sortes de métaphores peuvent venir à l'esprit.

J'exclus donc le pli au singulier industriel ou militaire. Le pli impeccable du papier, de la carte Michelin, du pantalon bien repassé ; le pli de la chaise pliante et même ceux de la jupe, des jabots ou des rideaux : ces plis-là sont attendus, fonctionnels et conformes, comme une mise en plis chez le coiffeur. Je n'en veux, pour ma part, qu'aux accidents à la fois inévitables et imprévisibles, au chiffonné, au froissé, au désajusté, aux vilains plis de la bouche et du cou qui font pendre, avec les années, un fanon sous le menton ou des bajoues à la mâchoire. En réalité, ces plis-là, effets de l'âge et de la pesanteur, je ne leur en veux pas, ils me permettent d'en rabattre, ils rabaisent le caquet formaliste et géométrique. Ils me dessillent les yeux et m'enlèvent bien des orgueils, à commencer par l'illusion cérébrale d'un monde pur et lisse comme une idée, net et droit, sûr et précis, où rien n'échappe à la prise. Le pli, synonyme, au singulier, d'ordre et de symétrie, me plaît au pluriel parce qu'il est du côté de la *praxis* et non du *logos*, c'est-à-dire de l'illogique, de l'aléatoire, du dégradé. Le contraire du « ça ne fait pas un pli », censé exorciser les dysfonctionnements et les mauvaises surprises. Ce cliché nous promet faussement, par arrogance ou aveuglement, une mise à exécution nette, carrée et sans bavure. Or, il y a toujours des plis. Le pli, est à mon sens, comme le réel lui-même, ce qui résiste au concept et au



contrat, ce qui déjoue la commande et le plan. Le pli perturbe. Il est rebelle. C'est une école d'humilité. Il nous apprend que la faiblesse est la plus forte. J'aime bien l'expression : « le pli a été pris de... », pour désigner généralement le regret d'une fâcheuse habitude qui s'est imposée toute seule à nous, à notre insu. Quelque chose de néfaste, que l'on découvre trop tard. Comme une pente malheureusement descendue, qu'il va falloir remonter, mais est-ce encore possible ?

Les plis, en ce sens ont de quoi nous inquiéter, mais, outre qu'ils peuvent toujours séduire en nous désennuyant, ils devraient aussi nous rassurer. Ils nous font échapper à la redoutable transparence puisque l'on peut s'y cacher (avantage du pli du terrain). Le plat, le nappé, le lisse, le fuselé – cela ne laisse aucune chance au franc-tireur. Vive les ondulations ! Mettre du sauvage dans du programmé, de l'élastique dans du rigide, de l'intériorité dans les extérieurs, du relief dans les platitude, de l'imprévisible dans la mise aux normes, n'est-ce pas tout simplement retrouver du vivant ? Tout ce qui oppose la peau ou la fragile enveloppe d'un vivant – végétal ou animal – à la morne surface d'une plaque de verre ou de fer, d'une terre cuite ou d'un plastique ?

Les plis qui pendouillent, c'est dégueulasse, mais tout compte fait, je vote pour.

Voilà, cher Étienne, quelques divagations indignes d'un archicube et qui ne te seront d'aucun usage – mais tu étais prévenu !

Bien amicalement,

Régis Debray (1960 s)

Philosophe, écrivain et promeneur

NAISSANCE DES FORMES : L'EXEMPLE DES PLIS

Yves Pomeau (1961 s)

Fils de René Pomeau (1938 l), il a fait sa carrière au CNRS jusqu'en 2005. Il a été professeur à temps partiel à l'université d'Arizona de 1990 à 2005 et expert scientifique pour la Défense (jusqu'en 2007) et poursuit encore des recherches sur les phénomènes non linéaires et en mécanique statistique. Il a reçu la médaille Boltzmann au congrès international Statphys à Lyon en 2016.



Martine Le Berre (1962 S)

Agrégée de Physique (1966), puis chercheur au CNRS, elle est mère de quatre enfants.

Après un doctorat de physique sur les propriétés statistiques des champs électromagnétiques quantiques et classiques à l'université d'Orsay, sa recherche a porté sur les interactions lumière-matière, les instabilités spatio-temporelles en optique, les solitons quantiques. Retraitée depuis neuf ans, elle collabore avec Yves Pomeau sur des sujets aussi variés que les vagues, l'effet Leidenfrost, les tremblements de terre et l'explosion des supernovae.



Quelle est la source « physique » des formes ? Cette question peut être abordée sous deux aspects : statique et dynamique. Dans le cas dynamique, la forme suit ou manifeste un mouvement, par exemple la seule vue de la chevelure d'une personne qui court ou danse suffit à rendre présents ces mouvements. Dans *Madame Monet et son fils* de Claude Monet, les plis de la robe, faisant écho à ceux des nuages emportés par le vent, introduisent subtilement l'impression d'une brise légère passant sur la scène. Les ombres et les lumières qui représentent les plis peuvent donner au spectateur l'envie de fouiller, de sonder plis et replis du cœur pour découvrir ce qu'il y a de plus secret, ce qui y est caché. Un autre exemple superbe de plis se trouve dans la partie inférieure du buste de Louis XIV sculpté par Le Bernin, à Versailles, buste qui fera toujours regretter la mésentente ayant éloigné le sculpteur du grand roi.



Claude Monet, *Madame Monet et son fils*, 1875,
Washington, National Gallery of Art.



Le Bernin, *Buste de Louis XIV*, 1665, salon de Diane, château de Versailles.

Comme presque toujours le cas statique est le plus facile à comprendre, c'est celui que nous traiterons ici en considérant d'abord les plis formés sur une surface souple initialement plane, puis en élargissant notre propos à des formes plus rigides où les plis observés résultent d'un équilibre entre contraintes.

Une surface initialement plane comme une étoffe, placée sur un support non plan ou de dimensions inférieures, atteindra un nouvel équilibre sous l'effet de forces antagonistes : l'une qui tend à la ramener à son état plan fondamental (sans flexion, sans pliure), l'autre, en général la gravité, qui tend à l'en écarter.

Plis dans l'art

Parmi les œuvres splendides exposées au Louvre, deux au moins nous montrent les plis d'une toile initialement plane : le *Portrait du cardinal de Richelieu* par Philippe de Champaigne et les *Pèlerins d'Emmaüs* du Titien. Quelques crans en dessous, l'un de nous (YP) conserve dans ses papiers un dessin de bonne qualité représentant une tête de moine sous un capuchon reproduit ici.

Dans ces exemples, et dans bien d'autres, les plis d'une étoffe provoquent une impression de relief qui structure l'œuvre et crée des espaces secrets, cachés. Dans le portrait de Richelieu, le superbe triangle pourpre, chatoyant, qui monte vers le buste et la tête du cardinal, met en valeur son regard acéré. Le drapé de la *Cappa magna* apparaît comme une écorce ultime révélant l'invisible, la puissance du personnage. Dans les *Pèlerins d'Emmaüs*, Le Titien a représenté avec une extraordinaire précision le damassé (invisible sur la reproduction) de la nappe au tombé vertical presque parfait. Cette nappe conserve néanmoins des plis qui indiquent qu'elle avait été



Philippe de Champaigne, *Portrait du cardinal de Richelieu*, 1639, Paris, musée du Louvre.



Le Titien, *Les Pèlerins d'Emmaüs*, vers 1530, Paris, musée du Louvre.



Dessin appartenant à Yves Pomeau.

repassée et rangée avant d'être étalée sur la table. Cette structure fonctionne comme un espace scénique autour duquel sont disposés les personnages, elle est limitée par les plis dessinés tombant, sous leur propre poids, des coins de la table.

Ingres, inspiré par la statuaire grecque, reproduit avec soin le mouvement des étoffes qu'il modifie en introduisant plus de souplesse. Il s'est particulièrement intéressé à la texture des vêtements et des étoffes qui reflète la classe sociale (toujours élevée) de ses personnages : Louise de Broglie, vicomtesse d'Haussonville, Inès de Foucault de Pontbriant et quelques autres ! Ingres dessinait d'abord ses modèles nus, dans la position du futur tableau (souvent assis), et les habillait ensuite en prenant garde de bien représenter les plis des tissus, suscités par leur « interaction » avec le corps.

Dans le champ musical, Pierre Boulez a composé *Pli contre pli, portrait de Mallarmé* dont chaque partie évoque un poème. Celui qui donne son titre à la pièce de Boulez décrit un brouillard qui, en se levant, découvre la ville de Bruges (Belgique) : « Comme furtive d'elle et visible je sens / Que se dévêt pli selon pli la pierre [...] ». Le redoublement de la consonne « l » traduit bien la superposition de couches multiples, pliées, dépliées ou repliées, comme vues à travers la brume.



Jean-Auguste Dominique Ingres, *Portrait de la comtesse d'Haussonville*, 1845, Frick Collection, New York.

Notre objectif est d'aborder maintenant la description des plis comme objets géométriques, ce qui n'implique pas, espérons-le, de leur ôter toute poésie. Nous souhaitons convaincre le lecteur qu'il est possible de rester éveillé aux choses et à la beauté du monde en les voyant « à travers » la science.

Mathématiques : les plis comme problème de géométrie intrinsèque

Un fort ancien problème est celui de la représentation de la surface de la Terre sur une carte plane. C'est impossible sans déchirer cette surface. On ne peut faire de carte plane respectant les distances et les angles de la peau de la sphère. Cette représentation ne pourra respecter la géométrie intrinsèque de la sphère, soit l'ensemble des distances mesurées sur cette surface, avec un coefficient de réduction unique. Différentes représentations sont utilisées pour les cartes. Certaines privilégient la conservation des aires (carte de Peter), d'autres la conservation des angles (carte de Mercator en projection cylindrique, très utile pour la navigation de l'époque classique puisque l'on savait essentiellement mesurer des angles avec la direction du nord).



La cartographie de la Terre est un exemple du problème plus général de la description mathématique d'une surface plissée : comment appliquer une surface sur une autre en conservant les longueurs (isométrie) ? Une question reliée serait celle-ci : sous quelles conditions une surface développable « lisse » peut-elle passer par une courbe (gauche) donnée ? Ce qui est une version simplifiée de la question : comment caser une feuille de papier dans un volume fixé sans l'étirer ou la comprimer dans son plan ? Nous donnons ci-dessous plusieurs exemples de problèmes étudiés dans cette perspective. Les plis sont parfois classés suivant différents critères, par exemple dans l'imprimerie, la couture ou la géologie, mais nous les aborderons ici dans leur ensemble, sous le seul angle de la géométrie. Notons qu'en géologie, les plis se forment généralement en volume par la poussée des plaques tectoniques et impliquent souvent des couches de roches différentes. Nous considérons ici la formation de plis à partir de surfaces sans épaisseur.



Plis tectoniques.

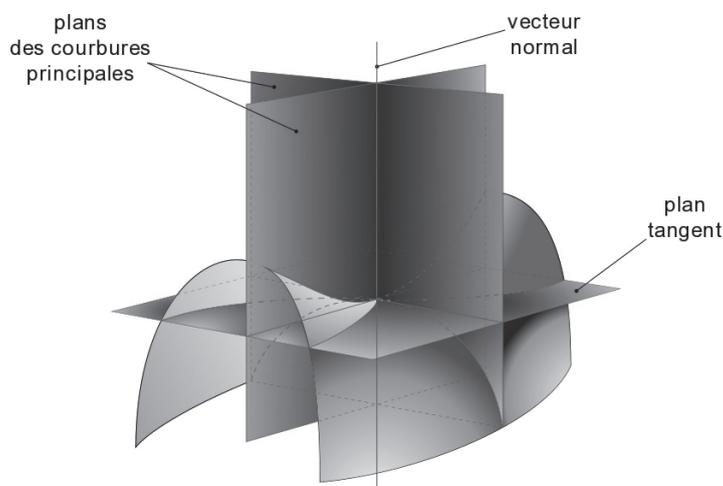
En mathématique, certaines parties des surfaces plissées sont étudiées tout particulièrement. Ce sont les « singularités », qui apparaissent souvent sous forme de points formés à la jonction d'ondulations (ou d-cône, cf. p. 58) ou sous forme d'arêtes comme dans l'œuvre « Ghost » de Kader Attia, faite de feuilles d'aluminium moulées sur des corps (<https://www.centrepompidou.fr/cpv/ressource/c4rbrjA/rngAML>). Les plis sur ces moules entourent un vide qui voudrait exprimer, selon lui, la vacuité de nos vies.



Les singularités ainsi formées focalisent les contraintes, ce que l'on peut mettre en évidence par les traces irréversibles demeurant sur la surface une fois défroissée¹. Le repassage d'une étoffe utilise la déformabilité irréversible des fibres textiles chauffées pour éliminer ces traces. Néanmoins, une étoffe repassée, puis pliée pour être rangée dans un placard, gardera la trace de ces pliures (comme la nappe de la toile du Titien, plus haut), traces marquant les endroits où les fibres ont été sollicitées au-delà de leur limite élastique.

Après tout, la question n'est pas triviale : comment un tissu, qui serait un plan parfait s'il n'était pas contraint, peut-il passer d'un plan à une configuration géométrique très éloignée de celle du plan sous l'effet de forces diverses (son propre poids ou un poids extérieur équilibré par le frottement du tissu sur la table pour le tableau du Titien qui l'empêche de glisser et de tomber à terre) et retrouver sa forme initiale plane sous l'effet de la chaleur (repassage) ? Y a-t-il des restrictions aux formes que ce tissu peut prendre sans se déchirer ?

La géométrie des surfaces permet de répondre à ces questions : elle est fondée sur un concept fondamental, introduit par Gauss en 1826, la « courbure de Gauss » en un point d'une surface. Cette courbure est le produit des courbures principales en ce point (ce sont les courbures maximale et minimale en ce point). Sur la figure ci-dessous les deux lignes (rouges sur la version couleur) ont des courbures qui sont de signe opposé. Remarquons que ces courbures ne sont définies que si la surface et son plan tangent varient continûment avec la position, ce qui n'est pas le cas aux singularités de la surface que sont les d-cônes et les plis à angle aigu qui marquent une quasi-discontinuité du plan tangent à la surface.

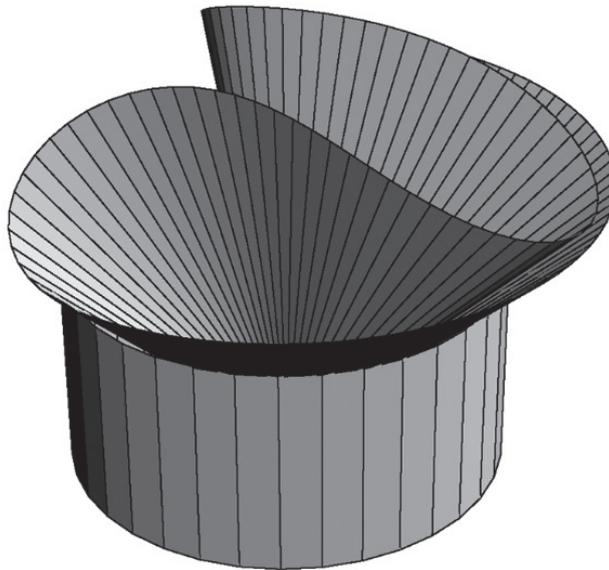


Courbe de Gauss.



Gauss, après avoir découvert ce théorème, le nomma *theorema egregium* – théorème remarquable –, littéralement « qui sort du troupeau » –, un théorème qui peut se résumer ainsi : « la courbure de Gauss d'une surface est invariante par isométrie locale », elle est donc nulle pour une surface initialement plane que l'on force par des contraintes à changer de forme. Ceci implique que l'un des deux rayons de courbure principaux est infini sur un pli.

La déformation par un pli engendre une nouvelle surface, qui est développable, c'est-à-dire applicable sur le plan : elle conserve un réseau de droites dans le prolongement dans l'espace. Ces droites peuvent aller d'un bout à l'autre de la surface déformée par la pliure, comme sur la figure ci-dessous, mais ce n'est pas toujours le cas. Par exemple, si on froisse fortement une feuille de papier pour la faire tenir dans la main, elle se déforme en une surface bien trop compacte pour qu'une droite puisse la traverser d'un côté à l'autre : il se forme des points singuliers où la droite est stoppée, c'est une demi-droite (voir aussi les deux coins de la nappe du Titien). La solution compatible avec le caractère de surface développable de la feuille froissée et cette impossibilité de contenir une droite conduit à ce que l'on appelle un d-cône. C'est un point conique sur la surface, point d'où est issu un faisceau de génératrices rectilignes, qui ne vont donc pas à l'infini « des deux côtés ». Sur un d-cône, un cercle quelconque de rayon R a toujours pour périmètre $2\pi R$, y compris lorsque le centre de ce cercle est au sommet du cône, ce qui n'est pas vrai en général pour un cône.



D-cône.



Le coin d'un mouchoir plié en quatre est un cas particulier de d-cône. Il avait été utilisé par Henri Lebesgue, alors étudiant à l'École, pour montrer qu'un plan peut être déformé isométriquement sans devenir pour autant une surface développable, cela au prix de l'introduction de singularités de la courbure de Gauss aux plis du mouchoir et à leur intersection.

Un plan ne peut donc être appliqué exactement sur un cône, sauf si ce dernier satisfait une condition locale à la pointe qui définit un d-cône, condition donnée dans la section 9.2 de l'ouvrage de B. Audoly et Y. Pomeau, *Elasticity and Geometry. From hair curls to the non-linear response of shells* (Oxford University Press, 2010).

Depuis toujours, la confection des vêtements est confrontée au *theorema egregium*, puisqu'il est difficile de couvrir « sur la peau » le corps humain avec un tissu initialement plat. Les rondeurs du corps ne sont pas de courbure de Gauss nulle : cette difficulté explique (en partie seulement nous dit-on) le recours à des mannequins quasi squelettiques, ce qui évite la formation de plis malvenus lors des défilés de mode. Cette difficulté est contournée par les tissus modernes à étirement variable (stretch) qui, par étirement dans leur plan, peuvent subir des déformations qui ne rentrent pas dans le cadre du *theorema egregium*.

Que conclure ? Depuis le livre fameux de D'Arcy Wentworth Thompson et sans doute bien avant, on se pose la question du lien entre formes observées et lois de la physique qui en sont à l'origine, question aux multiples réponses dépendant de la situation précise considérée². Nous donnons ici quelques exemples où l'on peut « répondre » de façon, nous l'espérons, assez claire, sinon convaincante, à cette question, que ce soit avec un cas statique (les plis) ou un peu plus loin (voir p. 77), avec un cas essentiellement dynamique, celui de la croissance de l'évasement à la base des arbres. Nos exemples sont aux extrémités d'un spectre assez large de questions et de réponses possibles. Chacun de ces cas constitue néanmoins une application relativement non triviale d'idées issues de la géométrie et de la mécanique. N'espérons donc pas trop, là comme ailleurs, d'explication simple du monde réel !

Notes

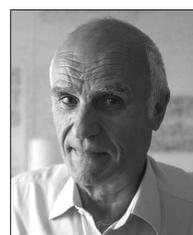
1. Y. Pomeau, *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1995, t. 320, Série I, p. 975-979 ; M. Ben Amar et Y. Pomeau, *Crumpled Paper*, *Proc. Roy. Soc.*, Londres, A, 1997, t. 453, p. 729-755.
2. D'Arcy Wentworth Thompson, *On Growth and Form*, New York, Dover Publication, 1982, ouvrage publié il y a juste 100 ans, en 1917. Bien plus récent, voir R. Huygues, *Formes et Forces*, Paris, Flammarion, 1971. Un parti pris de simplification limite parfois, sinon souvent, l'intérêt scientifique de ces deux ouvrages.

LES FORMES DE LA VIE

COMMENT EXPLIQUER LA DIVERSITÉ DES FORMES EN BIOLOGIE ?¹

Jean-Pierre Henry (1962 s)

Directeur de recherche émérite au CNRS, il a effectué sa carrière à l'Institut de biologie physico-chimique, Fondation Edmond de Rothschild, dont il a été le directeur. Il s'est passionné pour le développement de l'interface entre la physique et la biologie dans le domaine de la biologie cellulaire et des neurosciences. Il est actuellement membre du laboratoire Matière et Systèmes complexes de l'Université Paris-Diderot. Au cours de sa carrière, il s'est investi dans le rapprochement des instituts de recherche de la Montagne Sainte-Geneviève.



En énonçant l'aphorisme : « Ce qui est vrai pour la bactérie *Escherichia coli* est vrai pour l'éléphant », Jacques Monod nous invitait à chercher des constantes dans la mécanique du vivant. Mais, si cette mécanique est conservée, où est l'origine de la diversité des formes du vivant ? D'où vient cette « biodiversité », que l'on dit menacée par une extinction de masse, la sixième après celle qui a vu disparaître les grands dinosaures ? Comment sont nées des formes de vie aussi différentes que la bactérie *Escherichia coli* et l'éléphant ?

Dans son livre *L'Origine des espèces* publié en 1859, Charles Darwin aborde cette question en proposant que les différentes espèces dérivent d'autres espèces, généralement éteintes. Un de ses mérites est d'avoir introduit le temps géologique en biologie : de petites variations dans la descendance d'individus pouvaient être amplifiées car elles leur offraient une meilleure adaptation à leur environnement. Ces deux étapes, variations puis sélection, « hasard et nécessité », forment le socle de la théorie de l'évolution, maintenant largement acceptée, non seulement par la communauté scientifique mais par une très large part de l'opinion publique.

Dans le *Hasard et la Nécessité*, Jacques Monod écrivait :

À revoir dans leur détail les preuves aujourd'hui accumulées que cette conception est bien la seule qui soit compatible avec les faits [...], on retrouve la certitude,



mais non pour autant la compréhension immédiate, synthétique et intuitive de l'évolution dans son ensemble. Le miracle est « expliqué » : il nous paraît encore miraculeux. Comme l'écrit Mauriac : ce que dit ce professeur est bien plus incroyable encore que ce que nous croyons, nous, pauvres chrétiens.

Pourquoi ces hésitations, partagées par Darwin lui-même qui hésitait à proposer un mécanisme expliquant l'apparition des formes ? Comment la girafe a-t-elle acquis son cou ? Comment le serpent a-t-il perdu ses pattes ? Où l'éléphant a-t-il trouvé sa trompe ? Darwin ne connaissait pas les travaux de Mendel, dont un exemplaire non lu, pages non coupées, fut trouvé dans sa bibliothèque. Les variations héréditaires des traits morphologiques ou physiologiques correspondent à des mutations de l'ADN du génome. Pour allonger le cou de la girafe, il faut modifier de nombreux traits : colonne vertébrale, muscles, cœur et vaisseaux. À priori, cela implique de nombreuses « mutations » et la probabilité cumulée de ces événements est très faible ; une autre explication serait celle des modifications séquentielles, mais ces mutations affecteraient des organes différents et la sélection sur chacune de ces étapes serait alors très limitée.

Le rapprochement entre évolution et développement offre une nouvelle vision de la naissance des formes²

Comment de nouveaux traits morphologiques s'impriment-ils dans l'hérédité ? Un caractère héréditaire, un gène, s'inscrit dans l'ADN sous forme d'une séquence de signaux. C'est cette séquence qui porte l'information dirigeant le travail de la cellule : sous certaines conditions, elle sera traduite en protéines, structurales ou enzymatiques, qui donneront à la cellule puis au tissu son originalité. Les modifications de traits morphologiques correspondent-elles nécessairement à l'apparition de nouveaux gènes, à l'agencement de nouvelles séquences d'ADN avec un nouveau sens ? La probabilité de ce type d'évènement est très faible et la biologie nous montre que la solution est ailleurs : le papillon et la chenille, le têtard et la grenouille possèdent les mêmes gènes. C'est l'interaction entre les gènes qui modèle la diversité des formes et l'étude du développement, du passage de l'œuf à l'organisme, éclaire le mystère noté par Jacques Monod. Le rapprochement entre le développement et l'évolution est l'une des bases de la recherche en sciences de l'évolution, un rapprochement matérialisé par les Anglo-Saxons par le néologisme « Evo-Devo ». L'idée a des racines anciennes : Ernst Haeckel (1834-1919) avait avancé en 1866 l'idée selon laquelle l'ontogenèse (développement) résume la phylogenèse (évolution). Il s'appuyait sur les ressemblances morphologiques observées lors du développement embryonnaire d'organismes appartenant à des phyla (groupes zoologiques) différents. Malgré sa popularité auprès des milieux littéraires, cette idée est maintenant



considérée comme très approximative, les ressemblances ayant été forcées et l'évolution n'étant pas linéaire.

C'est l'étude de la drosophile qui a fourni les résultats les plus intrigants. Les généticiens disposent d'une très vaste collection de mutants de cette petite mouche et, parmi ceux-ci, ils ont observé des individus chez lesquels le plan d'organisation est modifié de manière spectaculaire, résultat de mutations qui ont été nommées « homéotiques ». Par exemple, chez le mutant *Antennapedia*, une antenne est remplacée par une patte ! Cette mutation est d'autant plus remarquable qu'un seul gène est affecté. Ainsi, un organe complexe, une patte, est sous la dépendance d'un seul gène. En fait, le gène *Antennapedia* est un gène architecte ou un gène maître, qui contrôle en aval de nombreux autres gènes qui spécifient la morphologie de la patte. Plus précisément, ce gène code une protéine possédant un domaine de reconnaissance de l'ADN qui, lorsqu'il est fixé sur la séquence correspondante, active les gènes effecteurs permettant la genèse de la patte. Ce n'est pas la seule mutation de ce type, la drosophile est un diptère qui possède une paire d'ailes attachée sur le second segment du thorax, et le mutant *Bithorax* dispose d'une deuxième paire, attachée sur le troisième segment du thorax. Comme précédemment, ce changement majeur de forme est dû à la mutation d'un seul gène. Comme précédemment, le produit de ce gène est une protéine possédant un domaine dont la structure est très proche du précédent, qui reconnaît une séquence différente de l'ADN ; ces domaines ont été appelés « homéodomains » et les protéines auxquelles ils appartiennent ont été regroupées en une famille. La drosophile possède huit gènes architectes de ce type, dits gènes homéotiques, chacun organisant le type d'appendice que va porter le segment qu'il construit. De manière remarquable, ces gènes sont alignés sur l'ADN du chromosome 3, en deux clusters, dans l'ordre où se succèdent les différents segments, de la tête vers l'abdomen. De manière encore plus remarquable, l'ensemble des animaux (à l'exception des embranchements les plus primitifs) possède des gènes maîtres du même type codant pour des protéines à homéodomaine, alignés selon l'axe antéro-postérieur des segments contrôlés. Chez la souris, quatre séries de ces gènes ont été identifiées, organisant la succession des différentes vertèbres, mais aussi la structure des membres. La conservation de ces gènes architectes dans l'arbre de l'évolution est très étroite et un gène à homéodomaine de souris peut se substituer à un gène de drosophile pour produire la mutation *Antennapedia* !

Les animaux ont un plan d'organisation commun

Ces découvertes suggèrent l'existence d'un plan d'organisation très ancien partagé par tous les animaux à symétrie bilatérale³. Cet ancêtre serait formé de segments identiques qui, sous l'influence des gènes maîtres à homéodomaine, auraient évolué



avec l'organisation des extrémités céphalique et caudale et l'individualisation des appendices portés par les segments (pattes, ailes, antennes, mandibules). Sur des fossiles très anciens (Cambrien, 550 millions d'années) d'animaux à symétrie bilatérale, particulièrement bien conservés (Lobopodes trouvés en Chine), des appendices (pattes) et même des structures suggérant des yeux composés sont visibles sur chaque segment. Au XIX^e siècle, Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) écrivait :

Il semble que la nature s'est refermée dans certaines limites, et n'a formé tous les êtres vivants que sur un plan unique, essentiellement le même dans son principe, mais qu'elle a varié de mille manières dans toutes ses parties accessoires.

Son hypothèse s'appuyait sur ses études d'anatomie comparée, partant de données sur les vertébrés et étendues aux insectes et aux mollusques céphalopodes, au grand dam du spécialiste de l'anatomie comparée qu'était Cuvier (1769-1852). En 1830, cette controverse enflamma la société où, en France, Balzac et en Allemagne, Goethe soutinrent Geoffroy ! Derrière ses outrances et ses approximations, il y avait chez ce dernier une intuition pénétrante :

On sait que la nature travaille constamment avec les mêmes matériaux ; elle n'est ingénieuse qu'à varier les formes. Comme si, en effet, elle était soumise à de premières données, on la voit toujours tendre à faire reparaître les mêmes éléments, en même nombre, dans les mêmes circonstances et avec les mêmes annexes.

Le bricolage de l'évolution et la génétique du développement

Les travaux sur les gènes homéotiques montrent l'existence d'un plan général d'organisation des animaux à symétrie bilatérale, acquis dès le Cambrien (600-500 millions d'années). Dès cette époque, tous les principaux embranchements animaux, qui allaient donner les formes actuelles du vivant, étaient apparus. De quelle mécanique disposaient les animaux du Cambrien pour engendrer cette diversité ? Une fraction importante du génome des mammifères contemporains garde des gènes datant du Cambrien. Chez la souris, cette fraction est de 79 % dont 23 % en commun avec les bactéries et 29 % avec les protozoaires, les plantes et les champignons. Si la taille du génome a augmenté au cours du temps, c'est par allongement des séquences non codantes de l'ADN ; la partie codante est restée très faible, limitée à quelques pourcents de l'ADN. Chez la bactérie *Escherichia coli*, le nombre de gènes est inférieur à 5 000, chez la levure, il est de 6 000 et chez l'homme de l'ordre de 20 000. Comment expliquer la diversité des formes avec une mécanique aussi conservée ?

François Jacob et Jacques Monod (prix Nobel en 1965) ont, les premiers, introduit la notion de gènes régulateurs. Une cellule n'exprime pas tous les gènes portés par son ADN : pour être activé, un gène doit être transcrit en ARN et cette



transcription, une opération enzymatique effectuée par l'ARN polymérase, est très contrôlée. L'enzyme doit être activée par une (ou plusieurs) protéine(s) appartenant à la famille des facteurs de transcription, des protéines qui se fixent sur l'ADN, en amont du gène à activer. Ces sites régulateurs sont appelés éléments cis-régulateurs. La multiplicité des facteurs de transcription et des séquences cis-régulatrices offre une base importante à la diversité des formes. Les protéines à homéodomaine que nous avons vues sont des facteurs de transcription, agissant eux-mêmes sur des cascades d'éléments régulateurs. Pour fabriquer du neuf, la cellule n'a pas besoin d'inventer une nouvelle protéine, d'inventer un nouveau gène, des mutations dans un élément régulateur vont changer le fonctionnement d'une cascade et offrir à la sélection de nouvelles formes. C'est ce que propose François Jacob dans le *Jeu des possibles* : « La sélection naturelle opère à la manière non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur : un bricoleur qui ne sait pas ce qu'il va produire, mais récupère tout ce qui lui tombe sous la main. »

Walter Gehring, un chercheur suisse, a illustré cette compréhension en étudiant le mécanisme de la vision⁴. Darwin avait hésité à évoquer le hasard et la sélection devant la perfection que représente l'œil. Sa proposition fut de postuler un prototype d'œil composé seulement de deux cellules, l'une contenant un photorécepteur et l'autre un pigment. Cependant, l'œil dans le règne animal adopte de multiples formes : à l'œil composé des insectes, on oppose l'œil des vertébrés ou celui des pieuvres, tous deux formés d'une seule chambre mais d'origine embryonnaire complètement différente. Pour répondre à cette diversité, les évolutionnistes orthodoxes proposèrent le phénomène de convergence, selon lequel des appareils de vision auraient été inventés plusieurs fois, de quarante à soixante fois, à partir d'éléments différents. Walther Gehring, quant à lui, proposa l'existence d'un gène architecte commun à toutes les formes d'yeux, le gène *pax 6*, à l'origine de l'œil prototype suggéré par Darwin. Comme pour les gènes d'organisation à homéodomaine, *pax 6* induit la formation d'yeux à facettes sur des pattes ou des antennes de drosophile. Comme précédemment, le gène *pax 6* de souris induit des yeux à facettes ectopiques chez la drosophile et le gène de la drosophile induit des formations oculaires chez le crapaud Xénope. L'œil de la pieuvre est aussi déterminé par le gène *pax 6*. D'une certaine manière, cette controverse rappelle la lutte entre Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire, les embryologistes et les spécialistes de phylogénie s'opposant, cette fois-ci, aux généticiens. Dans cette hypothèse, le prototype d'œil à deux cellules est une donnée de la boîte à outils que la génétique permet de développer dans des sens différents. La découverte aléatoire du prototype est un événement très rare et la versatilité des régulations génétiques en exploite les possibilités. Environ 1 000 gènes sont impliqués dans le développement de l'œil de la mouche.



Une boîte à outils bien équipée⁵

La boîte à outils permet à un organisme de « s'accommoder » des changements dictés par la génétique au développement. L'embryogenèse permet de comprendre comment s'est effectuée l'évolution de la forme des becs des pinsons des îles Galapagos. Dans son tour du monde à bord du Beagle, Darwin a noté la diversité de la morphologie de ces oiseaux et il l'avait mise en rapport avec leur nutrition : gros becs, courts et forts pour les granivores, pointus chez les frugivores et incurvés chez les insectivores. Cette adaptation des espèces issues d'un ancêtre commun est une donnée forte de l'évolution. Des études récentes indiquent que les mêmes schémas participent au développement de ces différences morphologiques, mais avec de faibles variations dans l'ordonnement et la localisation des étapes. À priori, changer la forme du bec requiert des modifications des deux mandibules, ainsi que des os et des muscles de la face. Cependant, des expériences effectuées sur l'embryon de poulet ont montré que la forme de leur bec pouvait être modifiée en manipulant, à l'aide de virus, le taux d'expression d'un seul gène impliqué dans le développement. Selon le gène, les becs sont larges ou longs et pointus.

Cet exemple tend à expliquer la faculté d'adaptation de l'organisme à la nouveauté. John Gerhart et Marc Kirschner ont décrit diverses propriétés qui vont dans le même sens. Par exemple, le couplage entre deux systèmes ou deux états d'un même système se fait souvent sans contrainte chimique forte. Dans le système nerveux, la transmission chimique entre deux neurones implique la libération d'un neurotransmetteur, mais le remplacement d'un neurotransmetteur par un autre n'implique pas la réécriture du système conduisant à sa libération. De la même manière, les récepteurs des odeurs forment une grande famille de plusieurs centaines de protéines, mais, dans cette famille, les mécanismes activant les neurones olfactifs sont conservés. Une autre propriété est l'existence de processus exploratoires, où un système commence par explorer son environnement au hasard avant d'être stabilisé par des facteurs en petit nombre, ce qui permet de multiplier les transformations finales. Le développement du système nerveux relève de cette stratégie. Un dernier exemple est l'existence d'une compartimentation active lors du développement. L'embryon est divisé en éléments distincts qui sont sous le contrôle d'un petit nombre de gènes sélecteurs. Cette séparation dans l'espace mais aussi dans le temps augmente la capacité d'innovation locale.

La génétique de l'évolution offre de nouvelles voies à la compréhension des mécanismes moléculaires de l'évolution et ce domaine bouillonne de propositions et de controverses. Une approche importante est la caractérisation des mutations qui sont à l'origine des différences séparant deux espèces. Développée chez la drosophile⁶, elle permet de caractériser les types de mutation provoquant les changements de



morphologie entre les différentes espèces du genre drosophile. De manière cohérente avec les idées actuelles, les changements au niveau des éléments cis-régulateurs apparaissent prédominants. De manière importante, les études indiquent aussi l'existence de « *loci* génétiques de l'évolution ». Certains changements phénotypiques sont observés après des mutations indépendantes dans les mêmes gènes et, inversement, tous les gènes impliqués dans le développement ne produisent pas de nouveaux traits. Ces observations conduisent à proposer l'existence de « points chauds » dans le génome, impliqués dans l'apparition de formes nouvelles. Ces contraintes génétiques suggèrent que l'évolution n'avance pas complètement au hasard. Les mutations sont, bien entendu, des phénomènes stochastiques, mais l'innovation passe par des chemins tracés par l'organisation du génome.

Peut-on s'appuyer sur ces données, récentes et toujours en développement, pour avancer que l'évolution génétique est prédictible ? Selon le paléontologue américain Stephen Jay Gould, si l'histoire du vivant était un film que l'on rembobinait de 600 millions d'années pour le rejouer, le scénario serait complètement différent. Les contingences imposées par l'environnement imposeraient des formes de vie totalement différentes. Le règne des mammifères est survenu après la destruction des dinosaures provoquée par la chute d'un astéroïde ! Les avancées de la génétique de l'évolution poussent certains chercheurs à s'interroger sur la proposition de Stephen Gould.

Notes

Je remercie Virginie Orgogozo (1996 s), directrice de recherche à l'Institut Jacques-Monod, pour m'avoir facilité l'accès à l'approche évo-dévo.

1. La rédaction est convenue de ce que certains passages de cet article pourraient être éclairés par une iconographie appropriée. Notre revue ne peut néanmoins, sauf à augmenter les coûts de publication, recourir à des illustrations en couleur qui seules pourraient réellement expliquer toute la complexité de certains des concepts évoqués ici. Le lecteur pourra toutefois trouver sur Internet toutes les ressources qui lui sembleraient nécessaires pour éventuellement éclairer tel ou tel point. En outre, nous le renvoyons à l'excellent ouvrage récent de Jean-Pierre Henry (*La Mécanique du vivant*, Albin Michel, 2016), où l'auteur développe avec clarté et précision tous les nouveaux acquis de la biologie moderne. L'écriture en est d'une lecture facile et à la portée de tous.
2. On trouvera des versions plus développées de l'approche évo-dévo dans L. I. Held, *How the Snake Lost his Legs*, Cambridge, Cambridge University Press, 2014 et S. B. Carroll, *Endless Forms Most Beautiful*, New York, Norton & Company, 2006.
3. Les spécialistes de l'évolution distinguent une phase d'apparition de la multicellularité (1 milliard d'années), suivie de l'apparition d'animaux à symétrie bilatérale, datée d'environ 600 millions d'années. Dans certains groupes (oursins), la bilatéralité est présente aux stades larvaires, puis elle disparaît ; les méduses et les anthozoaires (coraux) ne sont pas à symétrie bilatérale.



4. W. Gehring, « The evolution of vision », *Developmental Biology*, vol. 3, 2014, p. 1-40. W. Gehring a été un membre très actif du conseil scientifique du département de Biologie de l'ENS.
5. M. Kirschner et J. Gerhart, *The Plausibility of Life*, New Haven, Yale University Press, 2005.
6. D. L. Stern et V. Orgogozo, « Is genetic évolution predictable ? » *Science*, n° 323, 2009, p. 746-751.

CE QUE DISENT LES MINUSCULES FORMES VIVANTES

Antoine Danchin (1964 s)

Longtemps chercheur à l'Institut Pasteur, il a fondé en 2000 le HKU-Pasteur Research Center à Hong Kong, co-entreprise entre cet institut et l'Université de Hong Kong. Cette aventure l'a conduit quelques années plus tard à créer la société de biotechnologie AMAbiotics SAS, dont il est le président.



Faite de matière malléable, la vie explore une variété de formes infiniment plus large que celles que l'on observe dans la matière inorganique. Cela provient d'une implantation originale de la vie au sein des catégories qui définissent le réel – matière, énergie, espace, temps et information, et qui favorise la dernière. De fait, comme son nom l'indique, l'information est justement le lieu de l'apparition de la forme. Les philosophes grecs l'avaient compris très tôt, j'aime à le rappeler, comme Plutarque le souligne : le navire à trente rames sur lequel Thésée s'était embarqué avec les jeunes gens offerts au Minotaure, et qui le ramena victorieux dans Athènes, fut conservé par les Athéniens jusqu'au temps de Démétrius de Phalère. Ils en changèrent les planches au fur et à mesure qu'elles vieillissaient, les remplaçant par des pièces neuves, plus solides. Aussi les philosophes, dans leurs discussions sur la nature du changement des choses choisirent-ils ce navire comme exemple, les uns soutenant qu'il reste le même, les autres qu'il est différent du vaisseau de Thésée.

Bien qu'elle soit nécessaire, ce n'est pas la matière qui fait que le navire flotte, mais une autre réalité, bien physique et de nature différente et productrice de forme. Cette vue est centrale pour concevoir ce qui fait la vie, mais l'information seule ne suffit pas, il nous faut aussi comprendre comment la matière s'articule avec elle. Un navire en chêne sera différent d'un navire fait d'acier. Toute la difficulté de la biologie est là résumée : il faut à la fois une réflexion profondément abstraite, et avoir « les mains dans le cambouis », bien matériel, pour dévoiler les secrets de la vie. Comment comprendre alors la variété des formes du vivant ? Dans un livre qui a longtemps eu un grand succès malgré ses presque huit cents pages, *On Growth and Form*, D'Arcy Wentworth Thompson montre combien il a été frappé par la variété des formes macroscopiques de la vie. Il y découvre que des principes physiques et



des transformations mathématiques chères à notre camarade René Thom, plus ou moins faciles à comprendre, sont à l'œuvre. Son livre est ainsi rempli d'illustrations de déformations homéomorphes qui permettent de passer d'un type d'organisme à un autre. Mais ce qui est remarquable, c'est que l'étude des formes ainsi trouvées, et expliquées par la physique, ne dit rien, en réalité, sur ce qui fait que la vie est bien différente des manifestations courantes de la physico-chimie, pour l'instant rencontrées uniquement sur notre Terre. Il y a bien là une première intuition essentielle, qui accepte que la vie soit comme le reste du monde, soumise aux lois de la physique, et en particulier aux contraintes liées à la matière. Mais cela ne permet nullement de comprendre ce qui fait les fonctions repérables chez tous les organismes vivants, et en particulier leurs deux fonctions majeures, profondément intriquées l'une avec l'autre : explorer le monde et créer une descendance toujours jeune.

L'articulation matière/information conduit à une telle variété de contraintes et de solutions que les causes des formes vivantes sont en nombre infini. C'est pourquoi je vais me restreindre ici à la cellule, et même aux bactéries pour mettre au jour certaines de ces contraintes originales à la vie. Peu d'entre nous en sont conscients, mais même ces organismes unicellulaires minuscules ont toutes sortes de formes, spécifiques de chaque espèce. En dehors de celle que chacun retient, la forme commune en bâtonnet du bacille, on en trouve qui ressemblent à des ballons de rugby, des citrons ou des larmes. Certaines sont carrées, d'autres triangulaires. Bien sûr on en trouve, comme la bactérie de l'ulcère de l'estomac, qui forment des tire-bouchons. Beaucoup de bactéries sont de longs filaments, souvent ramifiés. De fait, la forme la plus simple, la sphère, est très rare, nous allons voir pourquoi.

Au-delà de la vue traditionnelle (mais erronée) de la sélection naturelle

L'exploration du milieu ouvre pour la forme d'innombrables perspectives. Cela suppose par exemple de créer du mouvement, mais aussi de s'arrêter là où les conditions sont propices à la vie, tout en échappant aux prédateurs. Même les bacilles, cylindres terminés par deux demi-sphères, possèdent des appendices qui leur permettent de se mouvoir, des flagelles ou des poils pour se fixer à un support. Il est facile de comprendre que la forme naturelle la plus fréquente lorsqu'il s'agit d'associer des éléments identiques ou très semblables, liés par des interactions conservées, est l'hélice, structure cylindrique aux spires plus ou moins serrées. Fixés aux pôles de la cellule, les flagelles sont ainsi des structures hélicoïdales, ancrées dans un collier fixé dans sa membrane, et capables de tourner dans un sens ou dans l'autre. Cette rotation conduit la cellule rassemblant ses flagelles en un faisceau à nager très vite dans une direction, où à les séparer pour l'arrêter tout en la faisant tourner sur elle-même. Lorsque la cellule est immobilisée, il arrive que le flagelle polaire se transforme en



une spirale qui enveloppe le corps de la cellule et lui permet de s'échapper en partant vers l'arrière comme on dévisse une vis. Ce commutateur est réversible et les bactéries qui ont échappé au piège peuvent revenir à leur mode de nage normale par un autre renversement de la rotation du moteur. Tous ces éléments affectent, directement ou indirectement, la morphologie bactérienne. Pour aller vite, les cellules tendent à être petites, ce qui augmente le rapport surface/volume et diminue la quantité de cytoplasme nécessaire aux synthèses. Nous y reviendrons.

Cet exemple de gestion plastique des formes n'est qu'un aspect de ce que je souhaite mettre en avant ici. J'aimerais aller au cœur de la vie, et voir comment l'articulation la plus élémentaire entre matière et information ne peut se résoudre que par une exploration de la forme, avant même que n'agisse la sélection naturelle. Une première réflexion nous y conduit. L'accès d'une cellule aux nutriments est compliqué par l'existence d'une « enveloppe de diffusion » qui accroît ses dimensions effectives, l'entoure et voyage avec elle. La forme de cette zone est semblable à celle de la cellule elle-même si la cellule est une sphère parfaitement symétrique ou un bâtonnet lisse. Mais des enveloppes de diffusion semblables peuvent entourer des cellules de formes différentes. Par exemple, une cellule hélicoïdale sera entourée par une enveloppe qui aura perdu tout ou partie de son caractère « enroulé » parce qu'une partie des éléments qui contribuent à la sphère de diffusion se chevauchent. Cela affectera cependant leur accès aux nutriments. En effet, si un bacille lisse et une cellule spiralée ont des sphères de diffusion équivalentes, la seconde pourra importer plus de nutriments parce que sa membrane aura une surface plus grande, autorisant l'insertion de plus de transporteurs. Ces contraintes géométriques ont une conséquence remarquable. Non seulement elles permettent à la cellule de se conformer aux contraintes du milieu où elle vit, mais, nous allons le voir, elles la conduisent à anticiper, à prévoir que l'avenir sera souvent imprévisible et qu'il faut se préparer à l'inattendu.

Le « principe de Gaudi » permet à la forme de s'adapter à un avenir imprévisible

Penser la forme comme causée par la sélection naturelle est une tendance habituelle, typiquement « instructive », en contradiction flagrante avec l'idée de sélection sans dessein (il n'y a bien évidemment pas de « sélection du plus apte », mais simplement élimination du totalement inapte). De fait, la forme n'est pas inventée par un ingénieur suprême, il faut d'abord que la forme existe, avant que la sélection naturelle puisse agir, en évitant de l'éliminer. Or, comme D'Arcy Wentworth Thompson l'avait remarqué, la croissance en elle-même va imposer des règles qui deviennent créatrices de formes. Tous les essais sont permis. Cependant il reste une contrainte importante : les éléments de la cellule doivent rester compatibles entre eux. C'est



là que nous pouvons trouver dans la façon dont l'architecte catalan Antoni Gaudi a conçu ses édifices une illustration parlante de la façon dont peuvent se passer les choses, menant à des formes à la fois adaptées aux contraintes de la physico-chimie, et fonctionnelles.



Maquette polyfuniculaire pour l'église de la Colonia Güell, musée de la Sagrada Família, Barcelone.

Les différents éléments qui constituent la cellule, son enveloppe, ses chromosomes, les têtes de lecture qui lisent le programme génétique et l'interprètent doivent s'arranger en un ensemble aussi peu contraint que possible, ou plutôt contraint par les lois ordinaires de la physico-chimie, à l'échelle moléculaire. Cela doit se faire sans dessein intelligent, en laissant opérer la nature. Sans aucun calcul, en utilisant la gravité, Gaudi aborde le problème de l'ajustement des distances et des connexions entre les composants matériels d'un édifice compliqué. Pour cela il construit des maquettes des différents éléments de l'édifice associés par des liens sous forme de fils qui incarnent leurs interactions. Chaque élément est représenté par un sac de sable dont le poids est choisi en proportion du poids attendu de chaque composant. Il suspend alors l'ensemble et laisse le système libre et s'ajuster pour mettre au jour, sans calcul compliqué, l'impact des connexions locales sur la forme finale de la construction entière. Grâce à un miroir, on peut alors créer une image inversée de ce modèle suspendu, et à partir de la mesure exacte des angles entre les fils connectés, construire des arches orientées de façon à maintenir la structure de façon robuste. La forme clé obtenue est la chaînette, que l'on retrouve par exemple dans l'arche qui délimite l'entrée de la ville de Saint-Louis (Missouri). Tout cela donne une allure



inattendue aux édifices puisque les verticales disparaissent en pratique, pour être remplacées par des piliers inclinés. La méthode permet donc de trouver une solution optimale pour répartir des composants dans un assemblage difficile, de sorte que la nature elle-même (c'est-à-dire la gravité, dans le cas de Gaudi) fournit une manière de résoudre un problème qui implique plusieurs échelles, et qui ne pouvait pas être résolu par les moyens de calcul disponibles à l'époque.

Pouvons-nous extrapoler cette façon de voir à propos de la forme des bactéries ? Revenons à ce qu'est la vie. Une cellule vivante se comporte comme une machine très semblable à un ordinateur qui ferait ses calculs de façon hautement parallèle. On y distingue une mémoire fixe, portée par l'ADN du chromosome qui contient le programme – matériellement distinct du reste de la cellule, et séparable. Ce programme gère le fonctionnement interne de la cellule et ses échanges avec le milieu environnant. On y trouve aussi une mémoire labile, qui met en œuvre des portions du programme au gré de la demande (essentiellement explorer et reproduire la cellule sous la forme de copies semblables, contenant un programme identique). La cellule vivante réplique alors son programme (en fait une copie exacte) tout en reproduisant la cellule en entier (en fait une copie approximative, en mesure de s'adapter aux contraintes de la croissance). Plutôt qu'explorer seulement la variété des formes de l'architecture globale des bactéries pour les relier à la physique de leur environnement, voyons en quoi les contraintes de la physique ont des conséquences majeures sur le devenir du milieu intérieur de ces microbes (à charge pour le lecteur d'étendre à l'ensemble du monde vivant les conclusions rencontrées).

La question qui se pose n'est pas simplement celle de la croissance de la cellule. Il faut prendre en compte les contraintes qui autorisent cette croissance en lui permettant de s'organiser en deux cellules distinctes. Or, trois ensembles géométriquement incompatibles entre eux doivent se dupliquer harmonieusement. Le volume cellulaire suppose une croissance à trois dimensions, celle de la membrane, une croissance à deux dimensions, et l'ADN enfin, qui n'est qu'un fil fait de quatre motifs chimiques enchaînés, ne croît qu'à une dimension. Or le métabolisme cellulaire doit bien sûr être en mesure de remplir la cellule en doublant le nombre de ses composants. Il s'ensuit que les quantités des matériaux de base élaborées par ce processus sont en excès considérables par rapport à ce qu'il faut pour construire la membrane de la cellule, et, plus encore, son ADN. Cela est d'autant plus vrai que la cellule est plus volumineuse. Un moyen simple de diminuer l'impact de cette contrainte est soit d'être de très petite taille, soit de s'éloigner de la forme qui conduit au rapport maximum entre le volume et la surface, la sphère. La sélection naturelle va donc laisser se développer les cellules s'accommodant des processus qui les allongent ou leur donnent des formes tarabiscotées. La forme cylindrique du bacille est à cet égard une réponse d'une simplicité manifeste. Et si le métabolisme requiert la capture de nombreux



métabolites dans l'environnement, on comprend aussi la raison d'être de formes hélicoïdales, spiralées, en étoile, sans qu'il y ait une pression considérable pour les ramener à la forme la plus simple, mais inappropriée, la forme sphérique. Suivant le principe de Gaudi, le flux métabolique imposé par les conditions du milieu conduira alors à des optimisations variées.

Mais la contrainte la plus intéressante pour l'évolution est celle qui opère sur les chromosomes, parce qu'ils portent l'information génétique. L'excès des métabolites précurseurs de leur synthèse, quatre objets chimiquement très semblables, est tel, dans un contexte où les briques élémentaires de leur construction doivent absolument être distinguées avec précision si l'on doit conserver la mémoire génétique, qu'il faut absolument trouver le moyen de le rendre aussi limité que possible. Cela se fait soit par la taille de la cellule, soit par la compartimentation dans un noyau. Mais cela ne suffit pas. Aussi, la découverte de l'ADN pour former les premières cellules au cours de l'évolution est concomitante d'une bizarrerie métabolique rarement évoquée : les précurseurs de cette molécule utilisent non pas les métabolites largement disponibles dans la cellule comme on s'y attendrait, mais les dérivés qui apparaissent lorsqu'ils sont utilisés pour le métabolisme central, et donc présents à une concentration cent fois plus faible. Cela n'est cependant pas suffisant, le plus souvent. Le seul moyen d'évacuer ce trop-plein est tout simplement d'augmenter la longueur des chromosomes, qui vont alors se replier dans la cellule en des totons qui tendent à en occuper un volume très significatif. Ainsi le support du programme génétique est soumis à une pression inattendue, qui tend à en augmenter la longueur. Cela autorise l'exploration de bobinages de formes très variées. C'est pour cette raison que la forme des chromosomes des cellules rétinienne des oiseaux nocturnes se modifie à la tombée du jour pour concentrer la lumière sur les cellules sensorielles, au point qu'un seul photon peut être détecté !

Pour finir, une conjecture. Si la croissance impose une pression sur la forme des chromosomes telle qu'ils doivent accumuler de l'ADN « inutile », alors on comprend la capture d'ADN étrangers, la duplication des gènes et toutes sortes de raisons expliquant la présence d'archives et de scories dans nos programmes génétiques. Mais cela a une conséquence remarquable. En effet cela implique que ces programmes puissent coder des fonctions sans intérêt aujourd'hui (et même légèrement délétères) mais qui pourront le jour venu permettre de résoudre un problème inattendu posé dans le futur. Ainsi, cette contrainte sur la forme, produit de la croissance des cellules, est une réponse anticipatrice au caractère imprévisible de l'avenir.



LES FORMES DANS LA NATURE POINTENT-ELLES VERS... LE SENS DE LA VIE ?

Stéphane Douady (1985 s)

Il est entré à l'ENS par le concours « mathématiques » pour faire des études de physique, par goût du bricolage et des expériences dans la cuisine, avant de revenir aux jardins d'enfants, avec leurs bacs à sable et leurs plantes.



Nous percevons des formes

Notre œil et notre cerveau sont faits pour percevoir des formes : notre œil détecte des contours, des surfaces, lisse l'intensité dans les surfaces et augmente les contrastes à leurs bords, et sépare ces informations de celle des couleurs. Notre cerveau, à son tour, associe ces formes à celles qu'il a déjà apprises et reconnues par le passé, sous leurs divers aspects possibles et en lien avec de multiples autres indices perceptifs. C'est pourquoi, contrairement à une caméra, nous ne voyons pas un ensemble de points colorés dépourvus de sens, mais tout de suite une série de formes liées à une multitude de situations et de sens : nous voyons une fraise, et avec elle son goût, nos souvenirs de fraises les plus marquants, les plus profonds...

Une information (trop) rapide

Si notre cerveau fonctionne ainsi, c'est bien que cela doit avoir un sens et surtout un intérêt. L'intérêt est que l'information (la mise en forme) fonctionne extrêmement bien, puisque l'on peut d'un simple coup d'œil rapide repérer des formes, les associer à d'autres que l'on connaît bien, et ainsi se faire très vite une idée souvent assez bonne de la situation qui se présente devant nous. Cette tendance est fortement accentuée dans les environnements créés par l'homme (pour l'homme) : surfaces homogènes lisses et d'orientation fixe (horizontales, verticales), balisage simple, fonctionnalité bien visible : on sait tout de suite reconnaître une rue ou une pièce rectangulaire avec des tables et des chaises, etc. qui sont bien loin de la complexité d'une forêt. Il y a évidemment des défauts dans ce fonctionnement, comme nous le montrent de nombreuses illusions, et comme le savent bien les prestidigitateurs et autres manipulateurs en tout genre. À survoler ainsi ce qui se passe autour de nous, on prend aussi le risque de manquer tous les détails, et surtout tout ce que notre cerveau ne sait pas reconnaître : toutes les nouveautés possibles, les surprises.

Une efficacité d'origine inconnue

Mais tout ceci reste tellement efficace que le fonctionnement de notre cerveau a été approuvé par la sélection naturelle. Il faut donc trouver la raison de ce succès :



serait-ce parce que le monde qui nous entoure est effectivement organisé par des formes ? En effet, il y a des animaux, des plantes, des rochers... Et chacun va être différencié de ses voisins par ses formes particulières. Les sciences naturelles ont donc d'abord collectionné les formes en essayant de les organiser entre elles par lien de proximité ou de faible déformation. La transmission des formes à travers les générations et leur faible variation restent l'un des problèmes les plus fascinants de la biologie. Mais, heureusement, nous n'avons pas attendu la description savante de toutes ces formes, et encore moins la théorie de leur apparition, pour nous en emparer et nous en servir intuitivement. Si l'on ne sait pas décrire une feuille, ou une patte, et leur origine, on sait immédiatement en reconnaître une, cela même si leurs formes peuvent être très variables.

Et la forme créa...

Il reste à expliquer la prédominance des formes, que l'on perçoit intuitivement, que l'on arrive à penser. Une explication facile est alors de renverser l'argument, et de dire que si l'on arrive à penser une forme c'est qu'elle provient de quelqu'un qui l'a pensée. Et provient donc directement d'un « créateur ». Mais cela ne fait que repousser la question d'un cran : d'où provient ce « créateur » pensant ? Qui aurait pensé ce créateur (si ce n'est nous) ?

La fonction de la forme

Si nous reconnaissons aussi facilement une feuille, ou une patte, indépendamment de notre capacité très réduite à la décrire, c'est que nous revenons aux autres informations que nous pouvons lui associer, et principalement leur fonction. La feuille est ainsi plate et verte, pour capter la lumière et faire de la photosynthèse, la patte est articulée et garnie de muscles, pour une action mécanique rapide sur l'extérieur. C'est notre capacité de généralisation, une mise en forme supérieure, qui permet de dégager dans l'ensemble des expériences des points communs globaux, et ainsi de définir un objet conceptuel tel que « feuille » ou « patte » (et ainsi de suite). En même temps, si cela fonctionne, c'est que cela prend un sens, et donc que les formes apparentes recouvrent des fonctionnalités semblables. Mais est-ce donc bien l'origine des formes ?

Le sens de la vie

Si l'on se focalise sur le vivant, on s'aperçoit que celui-ci ne fonctionne qu'en interaction directe avec le reste du monde. Nous-mêmes ne pouvons pas survivre sans respirer plus de trois minutes (environ), sans boire plus de trois jours, sans manger plus de trois mois... Et tout ce fonctionnement intense a pour première raison d'arriver



à se maintenir... dans la même forme. Ainsi nos cellules se renouvellent (la peau, le sang, les os...), mais nous avons tous la perception subjective de rester identique. Notre interaction avec le reste du monde est donc une importante consommation d'énergie pour se maintenir à l'identique. Serait-ce notre fonctionnalité essentielle ? D'où viendrait ce besoin de maintenir des formes complexes ? On peut là encore essayer de renverser l'argument : peut-être que les formes vivantes n'existent que parce qu'elles arrivent à puiser dans l'environnement des ressources. Et peut-être leur stabilité provient-elle seulement du fait que cette extraction ne fonctionne bien justement que grâce à cette forme particulière ?

Et l'informe ?

Mais tout n'est pas si simple, le monde n'est pas si lisible ni si organisé. Il reste de l'informe, du chaos, qui nous trouble. Et l'on sait bien qu'il vaut mieux être « en pleine forme » que « complètement amorphe ». Cette remarque de sens commun nous ramène à notre activité, c'est-à-dire à l'utilité, la fonction de la forme. Mais, par ailleurs, on sait depuis Pasteur que même dans une mère de vinaigre, gélatineuse et informe, s'agitent de minuscules formes microscopiques, très organisées. De même, dans une cellule, le « cytoplasme » a depuis longtemps quitté son aspect de gel inorganisé pour s'emplit d'objets bien définis et divers, organisés de manière compacte.

Reste-t-il des objets informes, non vivants ? Si les roches semblent de bons candidats, un mécanicien ou un géologue pourraient nous expliquer la raison de leurs formes précises, qui permettent de revenir à l'histoire de leur formation et de leur évolution. À l'intérieur de cette roche, un géologue nous montrerait la présence d'anciennes formes vivantes ou de cristaux bien organisés.

Si chaque grain de sable peut donc revendiquer son histoire, visible dans sa forme, on pourrait penser qu'un tas de sable ne possède rien de particulier. *Que nenni !* nous dit le physicien, montrant que les tas se disposent selon un angle bien particulier, qui retrace l'interaction mécanique entre les grains. Et même l'intérieur d'un tas de sable, apparemment désorganisé, retient en fait l'histoire de la manière dont il a été préparé, de la vitesse à laquelle les grains ont été versés et dans quelle direction. Et cette histoire se retrouve à son tour dans les propriétés globales du tas. Bref, même l'informe conserve une trace importante de son histoire, de l'histoire de son interaction avec le reste du monde.

L'harmonie évanescence

À l'autre extrême, nous restons fascinés par le gargouillement d'un ruisseau ou la vision d'un paysage, comme l'amoncellement des dunes d'un désert, le riche chaos d'une vallée, d'une forêt... Rien dans ceux-ci ne nous présente des formes bien



reconnaissables, dont on a l'habitude et que l'on peut interpréter rapidement, sauf si, à force d'études, on est devenu un spécialiste et que l'on sait décrypter et traduire cette complexité. Et pourtant quelque chose nous attire et nous fascine. C'est peut-être la perception qu'il y a bien des formes sous-jacentes, que l'on perçoit intuitivement sans arriver encore à les reconnaître, le claquement d'une bulle, la forme mouvante d'une dune, l'écoulement géométrique des roches, l'amoncellement des feuilles... Et aussi que l'on perçoit que ces formes nous parlent d'une dynamique, d'un processus en cours. Et, enfin, contrairement aux traces induites par une activité humaine trop volontaire, que nous sentons que tous ces mouvements se font en quasi-équilibre, dans l'exploration complète de leurs interactions avec le reste du monde.

Notre histoire

En conclusion, il semble que le concept apparemment « statique » de forme ne fasse finalement que refléter la dynamique du monde : la manière dont les grains de sable ont été versés, celle dont la roche liquide s'est refroidie, séparant ses constituants, la façon dont ceux-ci s'organisent en cristaux qui grandissent comme ils peuvent, ou celle selon laquelle dans cet espace chimique et minéral s'organisent de petits réacteurs qui consomment continûment des constituants et leur énergie, en prenant soin au passage de tirer de quoi se reconstruire en permanence... Et comment tous ces mouvements s'emboîtent harmonieusement les uns dans les autres pour former ce tissu continu du monde, dont nous ne sommes que de petites parties, découlant de ce processus, formés et adaptés à celui-ci.



« Comment l'empaquetage dans les bourgeons donne-t-il lieu à des formes quasi cristallines ? »
ou « comment la forme d'une dune s'auto-organise-t-elle et en devient vivante ? ». Autant
de questions auxquelles, dans sa recherche sur l'origine des formes organisées dans la nature
Stéphane Douady a fourni des réponses sur des modèles de laboratoire.



REMARQUES SUR L'ÉLARGISSEMENT DE LA BASE DES ARBRES

Yves Pomeau et Martine Le Berre



Partant d'une observation courante, les lignes qui suivent voudraient expliquer une forme assez familière en utilisant ce que l'on hésite un peu à appeler les lois de la physique. À leur rencontre avec le sol, les troncs d'arbre s'élargissent dans une région que les spécialistes et le dictionnaire appellent le « collet ». Cet élargissement ou évaselement n'est pas universel toutefois : les pins parasols et autres résineux, comme on peut le voir dans notre cher Midi, sortent du sol sans s'élargir de façon visible. On expliquera pourquoi un peu plus loin. Cet élargissement est montré dans la figure page suivante. Naturellement un tel élargissement ne peut s'expliquer que par une augmentation locale de la croissance radiale. Pour justifier cette explication il faut, comme souvent dans les phénomènes biologiques, décider si l'on cherche une explication par la génétique, qui nous dirait juste que ceci est dû à un message aux facteurs de croissance inclus dans l'ADN du végétal qui inclurait donc une sorte de plan de la forme de l'arbre. Si, au contraire, nous cherchons une explication par la physique il nous faudra abandonner ce recours à la génétique, c'est que nous proposons de faire. L'évaselement en question a très certainement une fonction précise : nous savons depuis La Fontaine qu'un problème majeur pour un grand arbre est de rester droit, de résister au vent qui veut l'abattre. Ces efforts se concentrent à la jonction du tronc et du sol, par un effet bien connu de mécanique des solides, qui s'explique par la théorie de l'élasticité. L'arbre combat par une astuce cette concentration des efforts pouvant entraîner sa rupture. En général, la contrainte mécanique (liée ici à la flexion de l'arbre sous l'effet du vent) se concentre aux discontinuités de conditions aux limites, provenant du changement de milieu extérieur contigu à la surface du tronc (de l'air au sol). Une telle discontinuité se trouve à l'angle entre le tronc et le plan formé par la terre. Si cet angle est à peu près un angle droit, on trouve que la contrainte (ou, pour simplifier, la pression locale engendrée par la flexion) est infinie sur le cercle marquant la jonction du tronc et du sol : au voisinage de l'écorce la pression locale varie¹ comme la puissance $r^{-1/3}$, r étant la distance au cercle horizontal intersection du tronc et du sol. Cette loi est déduite comme la fameuse loi en $r^{-1/2}$ qui donne la divergence du champ électrique près d'une pointe métallique chargée (en fait la jonction de l'arbre et de la terre se comporte un peu comme une pointe à deux dimensions).



Dans la réalité cette divergence de la contrainte locale n'a pas vraiment lieu, et l'angle ne vaut pas 90° . Néanmoins une forte contrainte reste concentrée à la base de l'arbre, près du cercle horizontal où le tronc rejoint le sol. L'astuce de l'arbre consiste donc à contrebalancer cette contrainte importante, qui pourrait entraîner une rupture par grand vent, par une croissance radiale accélérée de l'arbre dans cette région, ce qui crée finalement l'évasement de la base, évasement qui a une double fonction, celle d'augmenter localement le diamètre et donc la résistance de l'arbre à la rupture par cisaillement et aussi de lisser le raccordement avec le sol pour effacer une discontinuité de pente qui susciterait une singularité du champ de contrainte dans l'arbre.

Un tel surplus local de croissance s'explique par une observation classique en botanique, soit le fait qu'un accroissement de contrainte sur un végétal augmente localement le taux d'hormones de croissance et finalement la croissance elle-même. On pourrait penser que les fluctuations du vent soient la source toute trouvée de cet accroissement de contrainte et finalement de l'évasement observé au collet de l'arbre. Cette explication se heurte au fait que ces fluctuations du vent sont assez brèves et ne pourraient que difficilement modifier la physiologie compliquée et plutôt lente de la distribution de l'hormone de croissance dans l'arbre.

Il est possible de trouver une autre source de contrainte au niveau du collet pour expliquer l'évasement observé, nécessaire de toute façon pour résister au vent. La croissance radiale du tronc se fait en partie dans un milieu complexe mécaniquement – le sol. Ce milieu complexe peut se voir, au moins sur des échelles de temps assez longues, comme un milieu élastique classique : la dilatation radiale de l'arbre liée à sa croissance entraîne une réaction mécanique du sol, soit un champ de contrainte qui crée une pression antagoniste à la croissance sur la partie du tronc juste enterrée



sous la surface. En effet, à plus grande profondeur, le tronc s'interrompt pour se transformer en un faisceau de racines. Quoi qu'il en soit, cette pression antagoniste à la croissance devrait entraîner localement une croissance plus rapide. Ceci peut aussi expliquer les ondulations radiales de la forme de l'arbre par un mécanisme d'instabilité que l'on retrouve souvent en mécanique des milieux continus. Imaginons que la croissance radiale subisse une fluctuation créant une sorte de pointe (qui se manifesterait géométriquement par une sorte de panneau vertical formant une excroissance de l'arbre, comme on l'observe sur les ficus de l'Asie du Sud-Est ressemblant plus ou moins à l'arbre de l'Éveil de la révélation du Bouddha). Par un effet auquel nous avons fait allusion plus haut, soit l'effet de pointe, il y a une concentration de la pression au niveau de cette « pointe », qui se traduit par un excès local de la concentration d'hormone de croissance et donc, finalement, par un accroissement de la vitesse de la pointe, d'où une instabilité radiale, qui pourrait bien expliquer les corrugations apparaissant naturellement au niveau du collet de nombreux arbres, y compris sur l'arbre de l'Éveil ! Comparés à ceux des dispositifs mécaniques dont nous avons l'habitude, le temps de croissance de l'évasement et de ses éventuelles corrugations est bien sûr très long, de l'ordre de plusieurs années typiquement. Pour revenir rapidement au cas des pins parasols, il semblerait que les pins et, plus généralement, les résineux, réagissent différemment des autres espèces d'arbres à un accroissement de pression, ce qui pourrait peut-être expliquer l'absence fréquente d'évasement qu'ils présentent à leur base.

Une théorie plus détaillée de ce phénomène est naturellement hors de propos dans cette contribution à *L'Archicube*. On peut néanmoins évoquer une question de nature qualitative : pour que cette théorie soit pertinente, il faut que la résistance à la croissance radiale par la terre qui entoure sa base soit suffisamment persistante. Autrement dit, il faut que ce que l'on appelle le temps de fluage, soit celui au bout duquel le sol réagit aux contraintes comme un fluide plutôt que comme un solide, soit nettement plus long que le temps typique de croissance radiale. Sinon, la croissance n'engendrerait qu'une réponse faible du sol qui fluierait au lieu de résister à la déformation, ce qui n'accroîtrait que faiblement la pression due à la croissance. Lorsque le fluage du sol est manifestement absent, il semble bien que la pression antagoniste voie ses effets sur la croissance très accrus. Par exemple, si un arbre pousse à travers une faille rocheuse, le tronc développe à la sortie de la faille une sorte d'excroissance qui entoure cette faille et qui s'explique bien par ce lien entre pression antagoniste et croissance. Dans les squares, certains arbres (les platanes par exemple) poussent à travers des grilles de fonte et, là encore, leur croissance tend à créer une sorte d'excroissance (si l'on peut dire...) qui tend à recouvrir la grille, phénomène que l'on aurait bien de la peine à expliquer par la seule génétique !



La forme du collet des arbres est un exemple où l'observation « usuelle » et la réflexion scientifique permettent de comprendre un phénomène courant sans entrer dans une phénoménologie certainement complexe.

Notes

1. Voir V. A. Kondrat'ev. « Boundary-value problems for elliptic equations in domains with conical or angular points », *Trans. Moscow Math. Soc.*, 16, 1967, p. 227-313 et D. Leguillon et E. Sanchez-Palencia, « Computation of singular solutions in elliptic problems and elasticity », *RMA* (Masson), 5, 1987.

MISES EN FORME, CRÉATEURS, CRÉATION

VALÉRY, LA NATURE ET LES FORMES

Michel Jarrety (1974 1)

Il est professeur de littérature française à la Sorbonne et spécialiste de Valéry auquel il a en particulier consacré une biographie (Fayard, 2008).



Comprendre l'intérêt que Valéry a pu porter à certaines formes régulières – fleur, cristal ou coquille –, c'est d'abord mesurer d'entrée de jeu la différence qu'elles viennent creuser avec l'ensemble de cette nature à quoi pourtant elles appartiennent et qui, aux yeux de Valéry comme autrefois à ceux de Baudelaire ou de Huysmans, apparaît ennuyeuse par ses répétitions cycliques et en même temps insignifiante par une production de hasard qui relève largement de l'informe : il se montre donc peu sensible aux spectacles de la nature. Il arrive sans doute qu'une tempête marine, un chant d'oiseau ou un bruissement de feuillages puissent donner lieu, dans ses *Cahiers*, à un poème en prose –, mais pour le reste, cette nature ne le requiert pas, à l'exception de la mer vis-à-vis de laquelle toute distance s'efface comme l'atteste l'incipit du poème en prose intitulé « Nage » : « Il me semble que je me retrouve et me reconnaisse quand je reviens à cette eau universelle¹. » C'est donc à cette première nature qu'une seconde s'oppose, qui le retient en tant qu'elle fabrique, selon des lois dont le mystère reste à percer, des objets chaque fois différents au regard et qui ne suscitent donc pas le refus de la répétition.

L'opposition, on le voit, reconduit largement la vieille distinction entre *natura naturans* et *natura naturata*, et devant les objets que produit la nature naturante se définit pour Valéry la même esthétique de la fabrication qui s'impose à lui devant les œuvres d'art : toute une méditation un peu rêveuse peut alors se développer sur les formes naturelles les plus achevées qui donnent l'illusion d'une finalité consciemment maîtrisée et qui du coup, nous le verrons, peuvent devenir des modèles de



création parce que la perfection et l'évidence d'un ordre viennent se substituer en elles au désordre apparent et insignifiant de la nature naturée. Si Valéry marque clairement sa préférence pour une nature adéquate à la loi qui secrètement la crée, la question n'est pas simplement celle du beau. La nature naturée, certes, peut à l'occasion être belle, mais cette beauté, elle semble la laisser faire plutôt qu'elle ne la fait : elle la fait sans que nous puissions nous imaginer un souci de la faire et c'est pourquoi la séduction que la coquille exerce sur Valéry relève d'une admiration pour un objet dont la perfection naturelle, apparemment dénuée d'utilité et de finalité – le mollusque n'avait pas besoin d'une si parfaite coquille –, semble bien relever d'un art, et peut-être de l'art, tout simplement, tel que les hommes l'entendent.

Cette coquille, donc, n'est pas d'abord privilégiée parce qu'elle serait plus belle que tel paysage entrevu, mais parce que la perception que nous en avons, favorisée par sa dimension plus modeste et donc plus humaine, soulève la mystérieuse question de sa production. C'est ce que transpose à sa manière un beau poème en prose de 1940 qui évoque une tête de cristal : « J'aurais voulu te vouer à former le cristal de chaque chose, ma Tête – et que tu divises le désordre que présente l'espace et que développe le temps, pour en tirer les puretés qui te fassent ton monde propre, de manière que ta lumière dans cette structure réfringente revienne et se ferme sur elle-même dans l'instant, substituant à l'espace l'ordre et au temps une éternité². » Et il s'agit bien là de l'idéale appropriation d'une nature productrice qui constituerait pour l'homme un monde propre – une manière de microcosme.

Lorsqu'en 1936 la Librairie Plon demande à Valéry de préfacier un album qui réunit des aquarelles où un artiste suisse, Paul-André Robert, a peint des coquillages, on comprend donc qu'il rédige volontiers ce qui va devenir « L'Homme et la coquille ». La formation de ces objets le fascine en effet depuis toujours, et il l'a d'ailleurs assez longuement évoquée en 1921 dans *Eupalinos ou l'Architecte* : Socrate y raconte à Phèdre comment, un jour, il ramassa sur le rivage « une de ces choses rejetées par la mer », « une chose blanche et de la plus pure blancheur ; polie, et dure, et douce, et légère³ » qu'il lui fut impossible d'identifier – et Valéry confiera avoir transposé là le souvenir réel de la découverte d'un semblable objet qu'adolescent il avait faite sur la plage de Maguelone, près de Montpellier où il vivait.

Pour lui comme pour Socrate, le regard qu'il porte sur ces objets ouvre donc à une suite de questions – ou de perplexités. Au commencement, il revendique le maintien d'une certaine naïveté, d'une savoureuse fraîcheur de découverte, et c'est avec regret qu'il constate joliment que, trop souvent, « nous réprimons l'enfant qui nous demeure et qui veut toujours voir pour la première fois⁴ ». Or voir pour la première fois, c'est pour lui, selon une pente intellectuelle constante, se poser ses propres questions – au besoin enfantines, donc – sans reprendre celles des autres. Mais cette naïveté, il lui



faut s'y contraindre car en même temps, lui qui marque toujours une inclination pour les sciences et les lectures parfois les plus ardues, n'est pas un observateur ignorant, et « L'Homme et la coquille » atteste par exemple une réelle information sur les substances grâce auxquelles le mollusque sécrète sa coquille, ce qui ne l'empêche pas de constater : « Mais j'avoue que ma curiosité n'est pas satisfaite⁵. » Elle ne l'est pas car le mystère n'est pas vraiment levé puisque ce qui le requiert, c'est la fabrication tout esthétique de la totalité plus que l'identification des éléments – et c'est la question même du processus, qui à maints égards le séduit davantage que son résultat, ainsi que l'affirme une phrase essentielle qui inverse les préséances : « La véritable œuvre d'art est la composition elle-même ou la fabrication de l'œuvre d'art⁶. » Et s'il n'a pas manqué lui-même d'analyser scrupuleusement le *faire* qui est l'objet de sa poétique, il n'y a pas de surprise à le voir opérer – ou tenter d'opérer – selon le même protocole, quoique de manière plus malaisée, face aux formes naturelles.

Ce que Valéry constate d'abord, c'est que la nature ne sait pas donner forme à des matières telles que la pierre ou le fer, alors qu'elle s'en montre capable quand elle produit les objets réguliers – cristaux, fleurs ou coquilles –, et ce qui le trouble, c'est que la contemplation de ces objets dont nous admirons l'ordonnance formelle nous suggère aussitôt qu'une intention esthétique a pu présider à leur création. Dans *Eupalinos*, leur régularité formelle vient donc naturellement conduire Socrate à bientôt rechercher « le moyen de discerner ce qui est produit par la nature, de ce qui est fait par les hommes⁷ », et l'essentielle différence lui paraît être que l'objet naturel croît selon un ordre tandis que l'artisan qui fabrique un objet tout au contraire déränge un ordre, qui est par exemple celui du bois et de ses fibres. Pour le reste, si l'homme fabrique des fleurs artificielles comme il peut s'attacher à imiter des coquillages, la *formation* n'est pas la même et la fleur ou le coquillage fabriqués de main d'homme ne répondent pas au processus d'évolution des objets naturels. Ce qui s'impose par ailleurs à l'observateur, c'est la diversité de ces objets pour chacune de leurs classes : aucun ne ressemble à un autre et, par leur enroulement, ces coquilles, observe Valéry, répondent à une dissymétrie qui reste l'un des mystères de leur formation, même si l'on constate que « comme il est peu de “gauchers” parmi les hommes, il est peu de coquilles qui, vues par le sommet, montrent une spirale qui s'écarte de ce point en procédant de droite à gauche ». Pourquoi ? On ne le sait guère, car « dire que cette inégalité dans les partis pris est *accidentelle*, ce n'est que redire qu'elle existe⁸... ».

Ainsi se trouve posée la question de l'origine. Dès lors que la beauté de l'objet semble inspirer l'idée d'une intention – celle de produire un bel objet – une interrogation surgit : « *Qui l'a fait*⁹ ? » Mais c'est une question sans réponse, ou qui plutôt, une fois éliminé le recours impossible au hasard comme à l'*accidentel*, n'appelle qu'une seule réponse : c'est tout simplement la nature qui l'a fait, mais une nature productrice qui se distingue de nous par son absence de liberté de faire ou de ne pas



faire, à quoi s'ajoute que la coquille, parce qu'elle émane du mollusque, est « chose vécue et non faite¹⁰ ». Dans « L'Homme et la coquille », Valéry écarte donc rapidement l'énigme de l'origine pour en revenir à la question de Socrate : comment distinguer un objet naturel d'un autre qui est de la main de l'homme ? Ici encore, il assume pleinement la naïveté qu'il peut y avoir à commencer par douter qu'un vase ou une table ne soient pas des artefacts. Mais ce qui lève toute naïveté, c'est que la conviction que nous avons d'avoir affaire à des objets humainement fabriqués, cette conviction peut très bien ne pas s'imposer car « n'arrive-t-il pas quelquefois qu'un éclat de silex fasse hésiter la préhistoire entre l'homme et le hasard¹¹ ? » Reste en tout cas que la perfection de la coquille suggère une maîtrise de la création, une sorte de savoir-faire naturel à la naissance duquel, de manière troublante, présiderait une « idée préexistante, bien séparée de l'œuvre même¹² ».

Or cette idée préexistante s'impose naturellement chez l'homme, mais celui-ci distingue la forme et la matière, et peut fabriquer un vase identique en métal ou en verre ; le mode de production sera certes différent, mais la gémellité des objets créés n'en sera pas entamée, alors que les objets naturels sont tous différents. De la même manière, la fabrication d'une coquille artificielle est certes envisageable, mais elle suppose une suite d'opérations diverses et distinctes – que l'on peut d'ailleurs interrompre avant d'y revenir – et non une formation naturellement continue. Après quoi peut intervenir chez l'artisan une sorte d'analyse rétrospective qui lui permet de s'expliquer ce qu'il a fait, et du coup de retrouver l'adage valéryen : « Expliquer, c'est faire¹³. » Or précisément, dans le cas de l'objet naturel, si nous pouvons pour une part expliquer le processus biologique de fabrication de la coquille, nous ne pouvons ni nous représenter ni imaginer les lois de sa progressive émanation dont le trait le plus remarquable demeure toujours l'indistinction entre l'évolution de la forme et celle de la matière : la vie « ne sépare pas sa géométrie de sa physique¹⁴ ».

Finalement, quoique de manière assez secrète, la nature ici nous offre un modèle, et c'est pourquoi importe au premier chef un dernier développement de « L'Homme et la coquille » : « Peut-être, ce que nous appelons la *perfection* dans l'art (et que tous ne recherchent pas, et que plus d'un dédaigne), n'est-elle que le sentiment de désirer ou de trouver, dans une œuvre humaine, cette certitude dans l'exécution, cette nécessité d'origine intérieure, et cette liaison indissoluble et réciproque de la figure avec la matière que le moindre coquillage me fait voir¹⁵ ? » Si cette liaison pour Valéry est essentielle, c'est que la composition poétique qui est la sienne la recherche dans l'unité du sens et de la sonorité qui est un des *leitmotive* de sa poétique. Qu'il suffise de rappeler cette phrase souvent citée : « La puissance des vers tient à une harmonie *indéfinissable* entre ce qu'ils *disent* et ce qu'ils *sont*. "Indéfinissable" entre dans la définition¹⁶. » Or dans une conférence du 28 janvier 1928 consacrée à « La création artistique », Valéry éclaire cette recherche d'une harmonie poétique lorsqu'il



confie comment, à partir d'un vers né fortuitement de sa qualité sonore et rythmique qui lui parut être « comme l'effet d'une nécessité¹⁷ », il fut amené à poursuivre sur le même registre par la fabrication, cette fois, de vers qui pussent un à un correspondre à la coloration ainsi qu'au sens – l'orientation autant que la signification – du premier vers donné.

Or ce troublant *effet d'une nécessité* – que Valéry évoquait déjà en parlant d'une « nécessité d'origine intérieure » – ressortit d'une certaine manière au même processus mystérieux que celui que manifestent la feuille ou la coquille : création spontanée et sans origine repérable, création si l'on veut naturelle. Après quoi, une fois l'inspiration disparue et l'origine appelée à être retrouvée dans une sorte de suite, c'est par le travail et donc l'artifice que le poète est amené à s'imiter soi-même, c'est-à-dire à copier l'en-deçà naturel qui faisait du vers donné une sorte de modèle et peu à peu le développer en une autre nature parfaitement ordonnée : structurée, tout ensemble, et vraiment dominée. Et le 28 janvier 1928, il commentait ainsi ce processus : « Je ne pus m'empêcher de comparer cette prolifération à celle qui s'observe dans la nature où l'on voit, paraît-il, un fragment de tige ou de feuille de certaines plantes reproduire un individu complet moyennant un milieu favorable. Le fragment, quoique différencié, se fait peu à peu un individu complet, il se fait des feuilles, une tige, des racines, tout ce qu'il faut pour vivre¹⁸. » Cette comparaison végétale n'est pas indifférente si l'on songe qu'elle exprime au plus près ce que Valéry a voulu être son mode de composition poétique par fragments peu à peu jointoyés – composition qui va donc continûment de la partie au tout, – où la partie, puis les parties, suscitent naturellement le tout. On ne peut alors manquer de rappeler la formule par laquelle, à l'adresse de son ami André Fontainas, il expliquait la lente progression de *La Jeune Parque* vers l'achèvement de ses cinq cent douze vers : « Croissance naturelle d'une fleur artificielle¹⁹ » – croissance qui, rivalisant avec celle des objets justement naturels, cherchait à s'appuyer, comme eux, sur la liaison continuée de la forme et de la matière, c'est-à-dire du son et d'une signification qui, inconnue encore au commencement, se développait elle-même dans une relation d'harmonie musicale avec les vers qui lentement se multipliaient dans la quête d'une unité.

Notes

1. CE.III.516. J'abrège ainsi le renvoi à l'édition en trois volumes des *Œuvres* que j'ai procurée en 2016 à la Librairie générale française dans la collection « La Pochothèque ».
2. *Poésie perdue. Les poèmes en prose des Cahiers*, éd. Michel Jarrety, Paris, Gallimard, coll. « Poésie », 2000, p. 230 sq.
3. CE.I.525 sq.
4. CE.III.730 sq.
5. CE.III.743.



6. *Cahiers*, Paris, Éditions du CNRS, t. VII, 1958, p. 700.
7. CE.I.529 *sq.*
8. CE.III.730.
9. CE.III.732.
10. CE.III.741.
11. CE.III.732.
12. CE.III.734.
13. *Cahiers*, éd. citée, t. XXIV, 1960, p. 79.
14. CE.III.744.
15. CE.III.745.
16. CE.III.484 *sq.*
17. CE.I.1671.
18. CE.I.1671 *sq.*
19. Lettre du 22 mai 1917, in *Correspondance Valéry-Fontainas*, éd. Anna Lo Giudice, Paris, Le Félin, 2002, p. 222.

FORMES ERRANTES

Marina Seretti (2005 I)

Maître de conférences à l'Université Bordeaux-Montaigne, elle enseigne l'esthétique et la philosophie de l'art. Agrégée et docteur en Philosophie, qualifiée en Histoire de l'art et diplômée de l'École des beaux-arts d'Angers (DNSEP), elle développe également une pratique du dessin, de la gravure et de l'écriture, en accord avec ses recherches théoriques.



Au chant XV des *Métamorphoses*, Ovide peint l'écoulement perpétuel des formes du monde, par la voix de Pythagore : « Tout s'écoule, et les êtres ne revêtent qu'une forme fugitive. Le temps lui-même passe d'un mouvement ininterrompu, tout comme un fleuve. [...] Et nos corps aussi sont sujets à des changements perpétuels et ininterrompus. [...] Elle pleure aussi, en se regardant au miroir, vieille et ridée, la fille de Tyndare, et elle se demande pourquoi elle fut deux fois enlevée¹. » Délivrescence des formes, où se perd la beauté d'Hélène. Corruption charnelle et morale, parfaitement illustrée par le fameux *Portrait de Dorian Gray* peint par Ivan Albright entre 1943 et 1944 (<http://www.artic.edu/aic/collections/artwork/93798>). Et pourtant, l'informe décrépite où sombre l'éclat de la jeunesse n'est qu'un moment (non un terme) dans l'infinie mutation des formes errantes, car « la nature, dans une perpétuelle rénovation, *retrouve dans les formes la matière d'autres formes*. Et rien ne meurt, croyez-moi, dans un si vaste univers, mais tout prend des formes variées et nouvelles ». Matricielles, plus encore que mobiles, les formes visuelles trouvent en elles-mêmes la matière de leurs germinations futures.



L'on retrouve cette intuition dans la *Vie des formes*, que publie l'historien de l'art Henri Focillon l'année même où Ivan Albright s'attaque au diabolique portrait de Dorian Gray²...

Selon Focillon, les formes artistiques ne migrent pas seulement d'une époque à l'autre – transport compréhensible en termes de tradition, d'influence ou de citation, voire de pastiche. Si l'intégrité d'une forme artistique peut se perdre au fil des âges, ce n'est pas seulement comme la copie s'éloigne mécaniquement du modèle au fil d'erreurs successives, mais, plus sûrement, comme la vie elle-même se métamorphose au gré d'incessantes variations. L'écart d'une forme à l'autre n'est pas simple soustraction, mais libre jeu, ouvert aux rêveries de la matière. À commencer par la polysémie du mot « forme » lui-même, désignant à la fois le *tracé* des (belles) figures et l'*idée* qui préside à ce tracé, selon l'ambivalence du « dess(e)in », dérivé de l'italien « disegno ». Mieux, l'extension du concept de « forme artistique », source de maintes confusions, est telle qu'il peut aussi bien indiquer un motif (ou réseau de motifs), caractéristique de l'œuvre d'un artiste – la forme des nuages du Greco, des crinières ou chevelures de Rubens, des mains d'Egon Schiele, etc. – qu'évoquer le style d'une époque, d'un pays, d'une culture ou d'une civilisation – forme classique ou baroque, anglaise ou française, occidentale ou orientale, etc. Tantôt loupe grossissante, tantôt lunette astronomique, ce concept opératoire intéresse diversement les figures de l'artiste, de l'historien (ou théoricien) de l'art et du spectateur.

Des formes inchoatives au chaos « informe et vide »

Léonard de Vinci conseillait au jeune peintre de regarder certains « murs souillés de beaucoup de taches ou faits de pierres multicolores, avec l'idée d'imaginer quelque scène ». Alors, « tu y trouveras l'analogie de paysages », de batailles et de figures de toutes sortes – « et une infinité de choses que tu pourras ramener à une forme nette et compléter »³. L'aspect inchoatif des formes que l'imagination découvre sur ces murs tachés ou bariolés participe d'une conception originale du dessin, qui se veut aussi fluide et souple que le mouvement qu'il cherche à saisir. En effet, mieux vaut ne pas dessiner « avec des contours définis », mais attendre que l'esquisse informe (*componimento inculto*) finisse par s'accorder à l'idée du mouvement, avant d'en parfaire les détails. Il s'agit de prendre modèle sur la Nature elle-même. Peindre comme un nuage se forme, comme la mousse envahit les murs... La peinture de Léonard se met ainsi au rythme du monde. « À travers le mouvement fluide et rythmé de sa main, le peintre peut créer un magma fertile de figures virtuelles d'où, tel Dieu, il dégagera la forme en fixant sa mouvance⁴. » Ainsi les cartons de Léonard nous montrent-ils comment « l'esquisse fait bouger le chef-d'œuvre⁵ ». Au risque de se perdre, le tableau achevé doit sa vitalité à ce noyau temporel, fait d'esquisses dynamiques.



Léonard de Vinci, *Carton pour la sainte Anne trinitaire*, vers 1500,
Londres, National Gallery.

C'est ce combat sublime que narre le *Chef-d'œuvre inconnu* de Balzac. Le fantôme d'une création absolue transforme le « magma fertile » en océan déchaîné de coups de pinceaux et la belle courtisane, que Frenhofer désirait coucher sur le drap de sa toile, finit noyée par la houle picturale. Les murs évocateurs de Léonard cèdent la place à cette « muraille de peinture » que Poussin et Porbus contemplant, effarés :

En s'approchant, ils aperçurent dans un coin de la toile le bout d'un pied nu qui sortait de ce chaos de couleurs, de tons, de nuances indécises, espèce de brouillard sans forme ; mais un pied délicieux, un pied vivant ! Ils restèrent pétrifiés d'admiration devant ce fragment échappé à une incroyable, à une lente et progressive destruction. Ce pied apparaissait là comme le torse de quelque Vénus en marbre de Paros qui surgirait parmi les décombres d'une ville incendiée⁶.

Dans la *Madone de l'avenir* (1873), Henry James imagine la figure d'un peintre de son temps, qui prétend en vain rivaliser avec Raphaël. Son projet formel,



dénué de tout savoir-faire, se consume en discours théorique anémié. L'inéluctable vieillissement du modèle accompagne celui d'une toile jaune et craquelée, que le pinceau n'aura jamais effleurée. Si la belle Noiseuse de Frenhofer meurt d'un excès de picturalité, la toile « informe et vide » de Théobald ne constitue pas même une œuvre commencée. Et pourtant, selon Arthur Danto, elle « est un *chef-d'œuvre inconnu* » aux yeux du voyageur temporel – conservateur fictif du « musée de la Monochromie » en 1973 – lequel déclare à Théobald qu'il est « étonnamment en avance sur son temps et que c'est avec lui que commence l'histoire du monochrome blanc, qui inclut Rodchenko, Malevitch, Rauschenberg et Ryman »⁷. Au fond, cette étonnante expérience de pensée pose la question suivante : comment faire droit à la pluralité des temps historiques dans la constitution des formes artistiques ?

Formes visuelles, symboliques ou survivantes

Dans ses *Principes fondamentaux de l'histoire de l'art*, Wölfflin analyse, selon cinq grands couples catégoriels, le nécessaire passage d'une vision (ou « présentation » visuelle) du monde à une autre. Le passage des formes classiques aux formes baroques sollicite ainsi les catégories du « linéaire » et du « pictural », d'une « présentation par plans » et « par profondeur », de « la forme fermée » et de « la forme ouverte », de la « pluralité » des parties indépendantes et de l'« unité » des parties subordonnées. Observons l'*Adam et Ève* de Dürer et la *Bethsabée* de Rembrandt. Chez Dürer, « Ève se découpe devant nous comme une silhouette blanche sur un tain noir ». Mais lorsque Rembrandt peint Bethsabée sortant du bain, « la clarté corporelle semble émaner pour ainsi dire de l'espace obscur ; tout paraît être d'une seule matière »⁸. La silhouette d'Ève, ciselée dans son manteau de nuit, ondule face à nous, parallèle au plan du tableau. Cailloux, chevelure, branche, pomme, serpent, et jusqu'aux ongles : chaque élément semble avoir été travaillé pour lui-même, tandis que le drapé cascasant, la moire dorée du brocart et la lettre dépliée prolongent et débordent la chair blanche et rousse de Bethsabée, perdue dans le clair-obscur de ses pensées. Il n'est que de comparer l'aspect sculptural des pieds d'Ève – contour souligné de brun, galbe rehaussé de blanc – à l'éclat lumineux, qui fait surgir la pointe du pied droit de Bethsabée, hors de la pénombre où se retire le gauche. Ce pied luisant, comme jailli d'une eau sombre, se fond dans l'étoffe qui sert à l'essuyer, chair souple et vivante, émergeant du poing noueux de la vieille servante comme de la main du peintre elle-même. L'on songe, par contraste, à l'exquise délicatesse du pied de la belle Noiseuse, seul vestige échappé du naufrage où Frenhofer fait sombrer la peinture...



Albrecht Dürer, *Adam et Ève*, 1507, musée du Prado, Madrid.



Rembrandt, *Bethsabée au bain tenant la lettre de David*, 1654, musée du Louvre, Paris.



L'entreprise de Wölfflin ouvre l'histoire de l'art au vaste domaine de la psychologie des formes visuelles, dont Ernst Gombrich, son élève, deviendra le maître⁹. Une telle conception de l'histoire de l'art repose, cependant, sur les postulats contestables, d'une évolution temporelle unifiée, d'une polarité binaire et d'une homogénéité stylistique des arts. Comme le remarque Schapiro au sujet du baroque, « c'est ce type de style qui fascine le plus les historiens et les philosophes ; ils admirent dans ce grand spectacle d'unité, le pouvoir qu'ont une idée ou une attitude directrices d'imposer une forme commune aux contextes les plus variées¹⁰ ». En ce sens, bien que Panofsky s'attaque aux dérives formalistes de Wölfflin, son iconologie prête aussi le flanc aux critiques, elle qui éclaire en termes de tâtonnements et de maturité, l'invention de la perspective à la Renaissance, comme *forme symbolique* – forme de l'espace moderne (rationnel, homogène et quantifiable)¹¹. Au contraire, comme nous y invite George Didi-Huberman à la suite de Warburg, l'étude des formes artistiques doit rester attentive aux « remous » de l'Histoire, à la diversité anachronique des styles et de leurs nouages imprévus, aux « formes errantes » des fantômes qui reviennent, par-delà le déclin des croyances et des usages les moins rationnels, hanter les marges de l'imaginaire visuel¹².

Artialisation et formation du regard

L'art informe en profondeur nos manières de vivre et de percevoir le monde. Des auteurs aussi divers que Gombrich, Deleuze et Goodman, ont contesté la pseudo-évidence selon laquelle percevoir ne relèverait que du fonctionnement *naturel* d'un organe... Œil naïf, « table rase » de la sensibilité, enfance ou virginité du regard ne sont que des mythes, qui peuvent se révéler féconds au plan pratique (pour l'artiste en quête de rupture), mais ne sont d'aucun fruit sur le plan théorique, au contraire. S'inspirant d'un néologisme de Montaigne, Alain Roger baptise « artialisation » cette formation culturelle du regard, qui opère en-deça de l'éducation consciente, mais se prolonge dans le raffinement du « goût » esthétique :

Notre regard, même quand nous le croyons pauvre, est riche, et comme saturé d'une profusion de modèles, latents, invétérés, et donc insoupçonnés : picturaux, littéraires, cinématographiques, télévisuels, publicitaires, etc., qui œuvrent en silence pour, à chaque instant, modeler notre expérience, perceptive ou non. Nous sommes, à notre insu, une intense forgerie artistique et nous serions stupéfaits si l'on nous révélait tout ce qui en nous, provient de l'art¹³.

Comme le formulait spirituellement Oscar Wilde, dans le *Déclin du mensonge* (1891),

La vie imite l'art bien plus que l'art n'imite la vie. [...] Qu'est-ce donc que la nature ?
Ce n'est pas une mère féconde qui nous a enfantés, mais bien une création de notre



cerveau ; c'est notre intelligence qui lui donne la vie. Les choses sont parce que nous les voyons, et la réceptivité aussi bien que la forme de notre vision dépendent des arts qui nous ont influencés. [...] De nos jours les gens voient les brouillards, non parce qu'il y a des brouillards, mais parce que peintres et poètes leur ont appris le charme mystérieux de tels effets¹⁴.

Il est piquant de relever qu'avec cet exemple, Wilde thématise précisément la nature latente de « l'artialisation », aussi invisible que peut l'être le brouillard. Le prodige de Turner tient dans cette inversion : ériger un phénomène négatif, censé brouiller la vision et lui échapper, en objet digne d'être contemplé, mieux, en vaste spectacle urbain. Filant la métaphore, Wilde critique la mode des brouillards, qui finit par donner la bronchite aux idiots ! La nature devient ainsi l'héritière plus ou moins « à la page » des diverses mises en forme artistiques du visible.

Ce sont ces arcanes du regard, que certains artistes contemporains s'attachent à révéler – signe d'une possible mutation de la finalité de l'art, voire d'un changement de paradigme¹⁵. Dans *Crystal of Resistance*, installation réalisée pour la Biennale de Venise de 2011, Thomas Hirschhorn exhume les dimensions sociales et politiques de cet inconscient optique, forgé par un flux d'images subliminales (<https://www.designboom.com/art/thomas-hirschhorn-crystal-of-resistance-at-venice-art-biennale-2011>). Ces images médiatiques d'une violence insoutenable, l'index les fait défiler en silence le long d'une tour d'écrans, semblable à quelque tour de Babel. Cette traversée superficielle de l'index mime, par son geste indifférencié, un regard qui sombre dans l'indifférence. L'art ne façonne donc pas seulement le secret du regard, il en éduque les capacités réflexives et critiques. Ou, pour paraphraser le célèbre palindrome qui intitule un film de Guy Debord¹⁶, l'art seul nous permet d'échapper à cette ronde de nuit, à ce cercle de feu, où se consomment sans fin nos images errantes.

Notes

1. Ovide, *Les Métamorphoses*, trad. J. Chamonard, p. 376-377.
2. Œuvre commandée par Albert Lewin pour son adaptation cinématographique du roman d'Oscar Wilde.
3. L. de Vinci, *La Peinture*, textes réunis, traduits et annotés par A. Chastel avec la collaboration de R. Klein, Paris, Hermann, 2004, p. 173-174.
4. D. Arasse, *Léonard de Vinci, Le rythme du monde* (1997), Paris, Hazan, 2011, p. 229. Au début du *De statua*, Alberti fait de la Nature formatrice le premier sculpteur – mythe assignant à l'imagination créatrice un rôle démiurgique dans la création continuée des formes naturelles en formes artistiques. Cf. L. B. Alberti, *De statua/La Statue*, texte établi par O. Bätschmann, trad. fr. D. Arbib, Paris, Rue d'Ulm, 2011.
5. H. Focillon, *Vie des formes*, Paris, PUF, 1943, p. 8.
6. H. de Balzac, *Le Chef-d'œuvre inconnu*, in G. Didi-Huberman, *La Peinture incarnée*, Paris, Éditions de Minuit, 1985, p. 151-152.



7. A. Danto, « L'œuvre d'art et le futur historique », in *La Madone du futur*, trad. fr. C. Hary-Schaeffer, Paris, Le Seuil, 2003, p. 566.
8. H. Wölfflin, *Principes fondamentaux de l'histoire de l'art. Le problème de l'évolution du style dans l'art moderne*, trad. fr. C. et M. Raymond, Paris, Pocket, 2016, p. 51.
9. E. H. Gombrich, *L'Art et l'illusion. Psychologie de la représentation picturale*, Paris, Phaidon, 2002.
10. M. Schapiro, « La notion de style », in *Style, artiste, société*, trad. fr. B. Allan *et al.*, Paris, Gallimard, 1982, p. 51.
11. E. Panofsky, *La Perspective comme forme symbolique et autres essais*, trad. fr. G. Ballangé, Paris, Les Éditions de Minuit, 1976.
12. Cf. G. Didi-Huberman, *L'Image survivante. Histoire de l'art et temps des fantômes selon Aby Warburg*, Paris, Les Éditions de Minuit, 2002.
13. A. Roger, *Court traité du paysage*, Paris, Gallimard, 1977, p. 22.
14. O. Wilde, *Le Déclin du mensonge*, in *Œuvres*, Paris, Stock, 1977, vol. 1, p. 307-308.
15. Cf. N. Heinich, *Le Paradigme de l'art contemporain. Structures d'une révolution artistique*, Paris, Gallimard, 2014.
16. Cf. G. Debord, *In girum imus nocte et consumimur igni* (1981).

MUSIQUE ET POÉSIE : VERS UNE CONVERGENCE DES FORMES ? L'EXEMPLE DU HAÏKU

Sarah Léon (2015 I)

Actuellement élève à l'ENS, elle se consacre à des études de lettres et de musicologie. Elle a publié en 2016 un premier roman, *Wanderer*, évocation de Schubert et du romantisme allemand. Elle collabore également à la revue *Classica* et à France-Musique.



Le haïku, nouveau genre musical ?

Que les liens entre musique et poésie soient à la fois complexes et anciens, point n'est besoin de le rappeler. Que les préoccupations des musiciens et des poètes convergent vers la question de la forme, de même. Pourquoi une ballade, un sonnet ? Pourquoi un rondo, une suite de variations ? Et surtout : comment traduire en musique tel poème singulier – non seulement ce qu'il dit, mais ce qu'il ne dit pas, du moins pas explicitement –, et la forme qui lui est propre ? Le madrigal, l'aria baroque, le lied romantique, le poème symphonique : autant de réponses qui ont été successivement apportées par les compositeurs, autant de genres dont on pourrait analyser ici les liens formels et textuels, prétexte à une réflexion plus large sur les rapports qu'entretiennent poésie et musique, dès lors qu'il s'agit de transposer un système sémiotique dans un autre.



Néanmoins, nous nous attacherons ici à un genre qui présente l'avantage d'être en prise directe avec la « création vivante ». Pour peu que l'on s'intéresse à la musique dite « contemporaine » (disons de 1950 à nos jours), il semble en effet difficile de passer à côté d'un phénomène qui ne cesse de gagner en ampleur, au point de dépasser le simple effet de mode pour se faire l'expression d'une tendance profonde chez nombre de compositeurs actuels : l'appropriation du haïku comme genre à part entière.

Le haïku, comme on le sait, est un court poème japonais découpé suivant le schéma : 5 syllabes/ 7 syllabes/ 5 syllabes. En français, on le dispose traditionnellement sur trois lignes, bien qu'en japonais il se présente comme un seul vers. La forme s'épanouit durant la période d'Edo (du XVII^e au XIX^e siècle) sous l'influence de trois grands maîtres : Matsuo Bashō, Yosa Buson et Kobayashi Issa. Dans le cadre de son séminaire sur *La Préparation du roman*, Roland Barthes en propose la définition suivante : « Forme exemplaire de la Notation du Présent = acte minimal d'énonciation, forme ultrabrève, atome de phrase qui *note* (marque, cerne, glorifie : dote d'une *fama*) un élément ténue de la vie « réelle », présente, concomitante¹ ».

Revenons-en aux musiciens : en 1962, Olivier Messiaen compose ses *Sept haïkai, esquisses japonaises pour piano solo et orchestre*. Dès 1951, John Cage avait écrit plusieurs séries de haïkus pour divers instruments. De fait, la versification du haïku semble être une motivation essentielle de son travail à cette époque : ainsi, dans la série de 1951-1952, chaque pièce est composée de trois mesures, respectivement de cinq, sept et cinq temps, en une imitation exacte de la métrique japonaise. À l'inverse, la plupart des compositeurs français actuels travaillent à partir de traductions de haïkus : il s'agit bel et bien de « mettre en musique » les textes, de transmuier le verbe en son, mais la réflexion purement technique (décompte des syllabes, travail rythmique...) semble passer au second plan – ou du moins, s'être libérée de toute contrainte « structurale ». Reste donc, outre l'attrait pour les notations poétiques elles-mêmes (le contenu des haïkus), un intérêt pour leur *forme brève*, envisagée de façon assez libre et d'ailleurs assez variable selon les compositeurs. Parmi les plus prolifiques d'entre eux, on peut citer Renaud Gagneux qui, depuis quinze ans, a écrit plusieurs séries de haïkus d'après les textes des grands maîtres japonais (*Trois derniers haïkus de Buson, Quatre haïkus de Bashō, Six haïkus de Issa...*), Thierry Huillet (*Dix-sept haïkus pour violoncelles, sept haïkus sur le thème de l'eau, etc.*), ou encore Philippe Hersant, qui consacre trois opus de son catalogue au haïku : les *Éphémères*, les *Trois esquisses japonaises pour piano* et les *Onze haïkus pour piano à quatre mains*. Le cycle *Éphémères*, dans lequel nous puiserons nos exemples, est constitué de vingt-quatre pièces pour piano, dont la durée va de trente secondes à presque cinq minutes. D'emblée, l'on peut préciser les enjeux d'un tel corpus. À chaque pièce – on pourrait presque parler de fragment – correspond un haïku, noté en tête de la partition : le titre reprend de ce fait l'élément central du poème. Néanmoins, Philippe Hersant,



comme la plupart de ses contemporains, a fait le choix d'une mise en musique instrumentale et non vocale : autrement dit, les problématiques liées au changement de système sémiotique seront tout autres que dans le cas du lied (Schubert lecteur de Goethe) ou de la mélodie française (Fauré-Verlaine), où le poème est destiné à apparaître tel quel dans la musique. En effet, la musique constitue alors un surplus par rapport au texte, elle lui apporte un surcroît de sens (parfois génial !). À l'inverse, dans le cas de la transposition effectuée par Philippe Hersant, plus rien ne subsiste du système sémiotique d'origine, du moins pour le simple auditeur qui ne dispose pas des textes (encore qu'il soit courant, lors des concerts, que les haïkus soient projetés derrière les musiciens). Comment, dès lors, penser la *transformation de la forme*, d'un médium vers un autre ?

À l'inverse du langage, la musique est une *chronosyntaxe à signes simultanés* : elle suppose certes un déroulement temporel, mais plusieurs de ses éléments peuvent être perçus simultanément (ainsi, dans le cadre d'une polyphonie, plusieurs lignes musicales se mêlent). De façon paradoxale, on peut considérer qu'il s'agit-là d'un élément qui la rapproche du haïku. « On pourrait dire, soulignait Barthes, que le haïku [...] forme un seul idéogramme, c'est-à-dire un "mot" (et non un discours articulé en phrases). » (PR, 57) Et de citer à l'appui Blanchot commentant Joubert et Mallarmé : « Désir de substituer à la lecture ordinaire où il faut aller de partie en partie le spectacle d'une parole simultanée où tout serait dit à la fois, sans confusion... » (PR, 83) Ainsi, musique et haïku présupposent le déroulement (certes bref) d'un discours dans le temps ; à la vision synthétique, unifiante, du haïku (dû à sa brièveté même : on peut « saisir du regard » l'ensemble du poème) correspond la simultanéité des signes dans le système sémiotique musical.

Néanmoins, la langue est par définition référentielle, au contraire de la musique. Dès lors, comment évoquer, sans le truchement du texte, l'envol d'une luciole ou le vent d'automne ? Notre hypothèse est que, si l'on admet qu'il existe une certaine relation entre les haïkus originaux et leur mise en musique, celle-ci doit être recherchée moins du côté du sensible (ce qui reviendrait à « traquer » des figuralismes dans les différentes pièces) que du côté de la *forme* elle-même, et plus particulièrement du rapport qu'entretient le haïku, qu'il soit verbal ou musical, au *temps* – un projet de lecture que conforte notamment le titre choisi par Hersant, *Éphémères*.

L'instant et le souvenir

S'agissant des recueils de Bashō (peut-être le plus grand maître du haïku classique, celui qui a donné au genre ses lettres de noblesse), ceux-ci sont conçus comme autant de journaux de voyage. Dans ses carnets, *haibun*, entremêlant prose et haïkus, il notait ses souvenirs de voyages, ses « visions fugitives » (pour reprendre le titre d'une



œuvre de Prokofiev). Or, Messiaen lui-même compose ses *Sept Haïkai* au retour d'un séjour au Japon, pour évoquer les paysages qu'il y a vus et les oiseaux qu'il y a entendus ; Hersant, quant à lui, avoue : « J'ai fini par considérer *Éphémères* comme une sorte de journal de voyage intérieur à l'intérieur de ma mémoire². » De là une similarité de démarche entre le poète et le compositeur, chacun cherchant à faire ressurgir des impressions passées.

Ceci, bien entendu, est à mettre en rapport avec les questions temporelles et mémorielles soulevées par Barthes : « Le haïku serait produit par l'éblouissement d'une mémoire personnelle involontaire (non : remémoration appliquée, systématique), il décrit le souvenir inattendu, total, éblouissant, heureux – et, bien sûr, produit chez le lecteur ce même souvenir qui l'a produit. » (*PR*, 73-74) Ailleurs, il décrit le haïku comme une « écriture absolue de l'instant » (*PR*, 85) – or, l'art privilégié de l'instant, ce serait la musique, ainsi que le théorise John Cage... Néanmoins – et c'est là son paradoxe – cet instant ne se prolonge pas dans la durée, il devient « mémoire immédiate » : « transformation de l'évènement en mémoire, mais aussi consommation immédiate de cette mémoire » (*PR*, 86).

On peut voir cette dialectique de l'instant et du souvenir à l'œuvre chez Philippe Hersant dans « Une fourmi », haïku qui a pour intérêt d'intégrer explicitement la thématique de la remémoration :

*En plein jour
j'ai vu une fourmi
cette nuit elle me hante*

De façon évidente, le déroulement de la pièce suit, de manière quasi narrative, le processus mémoriel. On a tout d'abord affaire à une entrée en matière saccadée de deux mesures (1), puis, après un silence, à quatre mesures d'un mouvement répété dans l'aigu, assez fébrile (2), avant que ne se mette en place la partie la plus longue de la pièce : treize mesures « un peu plus lentes », fondées sur des croches obstinées dans le suraigu pour la main droite, et une pulsation à la noire à la main gauche (3).

On peut reconstituer ainsi le fil mémoriel à l'œuvre : en (1), nous sommes dans le pur présent, « l'instant » – la vision instantanée de la fourmi. En (2), le ralentissement de tempo et la nouvelle formule mélodico-rythmique marquent le changement de temporalité : la nuit est là, le souvenir de la fourmi fait irruption (encore un pur présent, qui n'est plus celui des mesures précédentes). En (3), le souvenir « hante » le poète et s'inscrit donc dans la durée. S'articulent dès lors trois instants vécus à la fois comme « pur présent » et comme remémoration (signifiée en tant que telle au vers 3, implicite au vers 1, puisque le jour n'est plus).



L'immobilité et le mouvement

Le mouvement perpétuel semble être l'un des éléments structurants des pièces de Philippe Hersant. Par « mouvement perpétuel », on entend ici la répétition *ad libitum* d'un motif mélodico-rythmique, souvent caractérisé par son côté lancinant et sa rythmique égale. « La luciole » en fournit un bon exemple : l'ensemble du morceau, qui dure trente secondes, n'est qu'un mouvement perpétuel au service d'une démarche imitative. Rappelons le haïku dont il dérive :

*Au bout de l'herbe
dès qu'elle tombe
la luciole s'envole*

Des sextolets de doubles frémissent dans l'aigu, comme s'il s'agissait du brin d'herbe tremblant sous le poids de la luciole, ou de la luciole elle-même battant des ailes. On est dans l'attente de l'évènement, ce que souligne l'*ostinato* de la main gauche ; le côté ténu, funambulesque de la pièce est renforcé par l'économie des moyens mis en œuvre : le morceau est à peu près entièrement construit sur trois notes (*do, do # et ré*). Les deux dernières mesures brisent tout à coup ce *perpetuum mobile* : chute de la luciole, puis envol de celle-ci dans le suraigu.

Or, cette mise en œuvre répond très exactement aux réflexions barthésiennes sur le « geste » du haïku, défini comme « conjonction paradoxale du mouvement et de l'immobilité » (PR, 87). « Le geste est suspension » (*id.*), comme dans « La luciole » ; il est « le moment le plus fugitif [...] d'une action » (PR, 86) ; pour le transcrire dans un système sémiotique chronosyntaxique, la solution du mouvement perpétuel semble s'imposer d'elle-même.

Le travail sur l'itération des motifs participe de la même recherche. Dans la première pièce des *Éphémères*, « En cet automne », trois éléments à peine distincts les uns des autres se combinent, se développent, se superposent... en changeant sans cesse de valeurs rythmiques (selon que les mesures sont à 5/4, 3/8, 5/16...) Ces changements sont presque imperceptibles pour l'auditeur ; néanmoins, ces motifs qui se réagencent perpétuellement entre eux participent de cette tension entre mouvement et immobilité. Un autre *modus operandi* est à l'œuvre dans des pièces comme « Ouragan » ou « La Voie lactée » : on a ici affaire à un rythme impétueux, dans un tempo extrêmement rapide, qui demeure immuable du début à la fin. C'est alors le caractère emporté des pièces, ainsi que le jeu des nuances (perpétuels crescendos et decrescendos allant du *pianissimo* au *fortissimo*) qui crée la sensation d'un flux et d'un reflux, et, partant, articulent mouvement et immobilité (ou du moins statisme).



Une esthétique de la co-présence

La juxtaposition de deux ou trois formules mélodiques qui, répétées et variées de façon infinitésimale (notamment dans leur structure rythmique), se succèdent, se combinent pour former une « éphémère », est l'un des traits formels les plus frappants de l'écriture d'Hersant. Or le haïku pratique avec virtuosité cet art de la juxtaposition paratactique, qui peut se nommer autrement, en songeant à John Cage, un art de la co-présence (cf. *PR*, 120). En d'autres termes, le haïku se définirait par une absence de conjonction entre les éléments qu'il évoque – malgré le déclic mental que provoque aussitôt cette juxtaposition.

Prenons l'exemple du « Canard ». Voici le haïku de Bashō :

*La mer s'assombrit
cri du canard
si vaguement blanc*

Ici, la co-présence des éléments saute aux yeux. On a affaire, d'une part, à la juxtaposition d'une sensation visuelle (la mer qui s'assombrit) et d'une sensation auditive (le cri du canard), sans qu'il y ait la moindre relation causale ou logique entre les deux – même si la liaison effectuée est instantanée. D'autre part, cette co-présence est redoublée par la relation d'opposition qui s'établit entre le « sombre » du premier vers, et le « blanc » du troisième. À cela se mêle une sorte d'indétermination : est-ce le canard, ou son cri, qui est « si vaguement blanc » ? La coïncidence du visuel et de l'auditif constitue à cet égard un élément de « brouillage » qui ne permet pas de choisir entre l'une et l'autre de ces interprétations. Hersant va précisément bâtir sa pièce sur l'alternance de deux éléments nettement caractérisés : un trait rapide *pianissimo* qui va du grave vers l'aigu et s'achève sur une blanche pointée (1), présent quatre fois, et une sorte de mélodie plaintive (due à des accords dissonants dans l'aigu) fondée sur un *ostinato* en croches de la main gauche (2). On aurait tendance à associer une valeur figurative à ces deux éléments : le (1) représenterait une sorte de houle qui secoue la mer et l'assombrit, le (2) la plainte du canard. Mais ce qui est avant tout en jeu ici, c'est bien, redisons-le, la co-présence de deux éléments sans rapport entre eux (registre, rythme...), co-présence qui peut être considérée comme une des caractéristiques de la forme musicale du haïku.

Rencontre de l'instant et du souvenir, dialectique de l'immobile et du mouvement, co-présence : autant de caractéristiques qui semblent esquisser les contours d'une forme musicale singulière. Or, rappelons avec Claude Abromont qu'« une *forme* n'existe réellement que par la *fonction* qu'elle remplit au sein d'un *genre*³ ». Ainsi, le haïku comme *genre* induit une réflexion sur la *forme* brève, dont la *fonction* est de réduire l'écart entre le verbe et le son, et *in fine* de créer une nouvelle passerelle entre poésie et musique.



Notes

1. R. Barthes, *La Préparation du roman I et II, cours et séminaires au Collège de France (1978-1979 et 1979-1980)*, Paris, Le Seuil, 2003, p. 53. Les travaux de Barthes constitueront notre principale base de travail. Dans la suite de cet article, on utilisera l'abréviation *PR* = *Préparation du roman*, suivie du numéro de page de la citation.
2. Ph. Hersant, *Le Filtre du souvenir*, entretiens réalisés et annotés par Jean-Marc Bardot, Paris, Cig'Art Édition (Jobert), 2003, p. 90.
3. C. Abromont et Eugène de Montalembert, *Guide des formes de la musique occidentale*, Paris, Fayard-Henry Lemoine, 2010, p. 15.

LA FORME, LE TRAIT, LA TRACE. RITUELS CALLIGRAPHIQUES

Benoît Vermander

Jésuite, il est professeur titulaire à la faculté de philosophie de l'Université Fudan (Shanghai). De septembre 2016 à janvier 2017, il a été chercheur invité du laboratoire d'excellence TransferS (ENS, CNRS, Collège de France et PSL). Il poursuit parallèlement une œuvre de peintre et calligraphe. Dans le présent article, les passages en italiques sont extraits de ses recueils *À plaire et à planter* (DDB, 2010) et *Chose promise* (Orient Éditions, 2015).



Vent, forêt, feu, montagne



*Je me sais tracé par le sable et par la vague et par le vent,
tracé de ce pinceau qui puise en l'encrier du ciel et s'acharne
sur les rivages pour les confondre et séparer d'avec la mer.
Je me sais tracé d'une main de maître, et je poursuis l'em-
preinte en moi, la trace que j'efface à la connaître mienne
et la flairer.*

J'ai commencé à étudier la calligraphie en 1990, la peinture chinoise trois années plus tard. Lors de mon premier voyage en Chine, en 1987, j'avais acheté une calligraphie formée des quatre caractères « vent, forêt, feu, montagne », en référence à un passage du stratège Sunzi¹. Et, depuis ce moment, quelque chose en moi répétait : « moi aussi, je suis calligraphe ! » Je suis pourtant maladroit de mes mains, à l'extrême. Dès l'enfance, j'avais mauvaise vue. Dans les premières années de l'école primaire, nous



écrivions encore au porte-plume, et je faisais sur les pages de mon cahier des taches, d'horribles taches me disait-on, lesquelles me valaient de très mauvaises notes. Je maculais d'encre mes doigts, qu'il fallait ensuite frotter à l'aide d'une pierre ponce.

Quand, bien plus tard, vers l'âge de 30 ans, j'eus l'occasion pour la première fois de m'exercer à la calligraphie chinoise j'éprouvai une vraie joie : on pouvait faire des taches sur le papier ; les taches pouvaient même être belles ! L'encre, auparavant, était pour moi quelque chose d'un peu terrifiant, quelque chose dont je ne pouvais pas approcher sans me salir ni salir tout l'alentour. L'encre chinoise, elle, une fois guidée par un ductile pinceau, n'était plus ni sale ni propre, elle était seulement une trace, elle devenait belle ou laide au gré du mouvement de la main et du cœur. Au reste, depuis longtemps, dans ma crainte de l'encre il y avait aussi une attirance sourde. Je me souviens de ma fascination, vers douze ou treize ans, devant les dessins à l'encre de Victor Hugo, ces sombres châteaux allemands perchés sur des montagnes formidables.

La trace – celle du pinceau, celle tirée de flûte ou de corde – parfois sera légère et fluide, parfois lourde et puissante. Mais les contrastes sont imprimés par la même main, par la même voix, par la même vie. L'encre ne s'inquiète pas des taches. Elles sont traces de ce qui ne pouvait pas ne pas être dit.

Ce que dit la théorie picturale chinoise du « coup de pinceau unique » – ce coup de pinceau qui engendre, surplombe et guide la multiplicité des traits qui font une œuvre – parle seulement de la liberté d'un cœur unifié. Ce coup de pinceau unique est celui que déploie le regard du cœur au travers du monde. Une œuvre ainsi conduite est contagieuse : elle invite qui la regarde à entrer dans ce mouvement – coup de pinceau unique – par lequel s'ouvre l'espace des formes, des traces de la liberté. La forme parle d'un passage, passage incessant, vers un espace de liberté toujours approché et jamais conquis.

Passages et passeurs

*Je vis aux noirs édifices
Effilés par le pinceau
Quand le vide ourlé par l'eau
Investit leurs artifices.*





Il est bien des façons de vivre et revivre ce passage. Ma manière propre est de créer des œuvres qui naviguent entre deux cultures. Ce n'est pas la culture occidentale, les formes de l'art occidental qui représenteraient l'esclavage, ni la culture chinoise, les formes déliées des formes de la calligraphie, la liberté – non plus l'inverse. C'est le passage d'un mode culturel, d'un code formel à un autre qui est expérience de libération. C'est l'intégration de ces codes au sein de la même œuvre qui témoigne d'un cheminement vers plus d'unité et de liberté intérieures. Je choisis d'instinct, je choisis de goût. Je nais au fur et à mesure que la forme me porte vers ce qu'elle n'était pas naturellement appelée à engendrer.

L'aide et l'amitié de ceux rencontrés à l'entour furent le sol à partir duquel je pus persévérer, l'humus sur lequel purent croître des fruits nouveaux. J'entrai dans la familiarité de peintres, de calligraphes, ou encore d'hommes et de femmes engagés dans la pratique vivante des traditions taoïstes et bouddhistes. L'ouverture des meilleurs d'entre eux leur venait d'être enracinés en profondeur dans leur culture, leur art, leur ligne de transmission et d'inspiration propres. Ils me firent ainsi comprendre que je pouvais rester fidèle à cela qui m'avait conduit auprès d'eux – y être plus fidèle encore par le fait de m'en éloigner dans la dynamique de l'apprentissage.

Que m'apportaient la rencontre et la pratique de la tradition artistique chinoise ? Une telle rencontre me conférait d'abord le courage de créer. Mon désir de laisser parler le monde qui m'habite sans me faire à moi-même écran avait toujours été contrarié par les formes, les normes et les techniques de l'art occidental, peut-être par la trop grande proximité culturelle qui établissait dès l'abord des critères de jugement – lesquels critères, me semblait-il, m'écraseraient toujours. D'une certaine façon, pratiquer un art étranger éliminait dès le départ tout critère de jugement, je retrouvais comme une liberté neuve. À un commençant, un débutant, un étranger tel que moi on pouvait bien tout pardonner. Et puis, j'ai pressenti dès l'abord que le ressort, le principe de l'art chinois était la liberté à la fois expérimentée et poursuivie, liberté nourrie par la pratique même. Même si cette vérité échappe aujourd'hui à nombre de Chinois, impressionnés qu'ils sont par la multiplicité des canons et des écoles, la règle, l'étroite technique artistique n'ont jamais été le critère premier d'appréciation, de discernement, elles ont toujours été un adjuvant, un bâton que l'équilibriste abandonne finalement pour tourbillonner à sa guise.

**Formes, transformations**

*Je sais en l'étang des pierres
Le cri des brisants,
Et dessous l'encre ancillaire
Les secrets du sang.*



Dès son principe, la peinture chinoise ne s'est attachée à la « forme » qu'au travers de sa « transformation ». L'animation de la matière, la matérialisation de l'esprit... y a-t-il autre chose qui déclenche la représentation des roches, des arbres, des nuages, des bêtes, des eaux, la structure même du tableau ? Et je ne crois pas que pareille inspiration conditionne un répertoire limité de thèmes ou de techniques. Elle s'est exprimée de façon nouvelle dans la peinture chinoise contemporaine, au-delà des sujets, des styles, des écoles. La rencontre fulgurante de l'esprit et de la matière, leur mélange à la fois de principe et toujours fuyant, leur embrassade, leur empoignade, c'est là le lieu même du surgissement de la liberté, le lieu des possibles qui s'ouvrent, le lieu des choix, des décisions. Dès lors que la calligraphie et la peinture chinoises se tiennent en ce lieu-là, elles possèdent en leur intérieur des possibilités constantes de renouvellement. Le langage de l'œuvre (manifesté dans les traits et les silences, les couleurs et leurs absences, les vides et les pleins, le mouillé et le sec, le rare et le multiple, l'immense et le réduit) n'est pas seulement un médium, un mode de communication façonné pour la transmission d'un sentiment ou une idée, il est produit par la pulsion même de la lutte, par la dynamique de l'engendrement, il ne dit rien d'autre que cette gestation ou, plus exactement, il ne peut dire valablement quelque chose que si ce quelque chose est partie prenante de la lutte de la naissance, se révèle en être l'un des épisodes et des drames.

Le gué du guetteur

*La lame brasse le geste qu'on lui fait décrire, rien d'autre,
Gravant un verbe qui se retire comme les vagues
et reste suspendu pourtant.
Tel le sabre au crochet encore tout nimbé de sa danse,
Le sabre qui de ses brassées façonne l'aire du théâtre.*





Debout devant la table, je me bats à tâtons. Le pinceau se meut et s'incline comme le fait un lutteur qui cherche la feinte décisive. Pour sûr, il est de la joie dans la lutte. Jacob a dû lutter avec toute l'alacrité de celui qui, depuis tant d'années, s'endurcissait pour ce combat. Mais la lutte engage tout l'être, elle le tord, le tend, le distend jusqu'à l'extrême. L'acte de peindre m'a investi à mon insu, il est devenu le lieu d'un combat où je voulais et ne voulais pas m'engager, il a mis au jour l'entrée de ténèbres que je pressentais seulement, et puis il m'a conduit à m'engouffrer en ce tunnel, il est comme devenu l'arène des combats multiformes que je conduis si gauchement. L'œuvre devient le lieu dont elle témoigne, le gué où le combat pourra continuer, se propager, s'intensifier.

Pierre Soulages a déclaré peindre en guettant – en guettant « les moments d'origine ». À chacun de nous revient de revivre la première apparition du visage comme sa première disparition, cette évanescence des formes, ou encore de revivre, dans la peinture chinoise, le passage continu de la montagne à l'homme, de l'homme à la montagne, pris l'une et l'autre dans un souffle qui les rassemble et recompose. Pierre Soulages dit aussi qu'un jour, en préparant une plaque de cuivre pour la gravure, il l'a grattée si fort, pour chercher le plus noir des noirs, qu'il l'a percée – et trouvé le blanc. Le passage par lequel le plus noir devient blanc, le plus blanc devient noir, c'est aussi un moment d'origine. Qui se bloque sur le noir ou le blanc bloque le mouvement qui en lui anime et conduit l'apparition et la disparition des formes, la coagulation, la dispersion du souffle dans l'innombrable des phénomènes. Qui se bloque sur les formes perd le mouvement – et, avec lui, les formes mêmes.

Laisser travailler le mouvement d'où naît et disparaît la forme, c'est laisser émerger un champ qui sera conjointement de germination et vacance. Il s'agit d'accepter qu'un souffle creuse, forge, déplace l'espace dont j'ignore les contours changeants. Il s'agit de laisser une lumière sans pourquoi se répandre tout à l'entour.

*Yeux clos, j'en reçus
D'autres plus ardents.
Le soleil, de nuit,
Les ouvrit tout grand.*



Notes

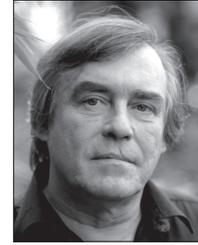
1. Le bon stratège doit être « à l'attaque, comme le vent ; au déploiement, comme la forêt ; dans le pillage, comme le feu ; à l'arrêt, comme la montagne » (*L'Art de la guerre*, VII, 13). On a comparé le calligraphe à un général d'armée qui sait occuper l'espace, placer ses soldats, varier la vitesse de ses mouvements. Et tout artiste doit apprendre de l'imprévu du vent, du fourmillement de la forêt, de la rage du feu et de l'assise de la montagne.



GÉNÉTIQUE DES FORMES

Pierre-Marc de Biasi (1972 l)

Directeur de recherche au CNRS, écrivain et plasticien, il a dirigé l'Institut des textes et manuscrits modernes (ENS-CNRS) de 2006 à 2013. Auteur de nombreux ouvrages sur Flaubert, la littérature, l'art et l'histoire des idées, il est éditeur aux éditions du CNRS. Plasticien, il a réalisé une cinquantaine d'expositions et six commandes publiques en France et à l'étranger.



Née du moment théorique des années 1960-1980, la critique génétique s'est imposée, dans le prolongement du structuralisme, comme l'une des principales innovations de ces quarante dernières années pour les méthodologies d'analyse du texte et l'approche théorique des processus de création. La génétique littéraire se donne pour objet l'exploitation scientifique des millions de manuscrits et brouillons conservés par les écrivains depuis la seconde moitié du XVIII^e siècle et restés, jusque-là, à peu près inexplorés. Elle se propose de relire les œuvres à la lumière de leurs archives en déplaçant l'interrogation critique de l'auteur vers l'écrivain, de l'écrit vers l'écriture, de la structure vers le processus, du texte vers « l'avant-texte », de l'œuvre vers sa genèse.

Cette révolution du regard critique, qui revendique la théorisation d'une dimension historique à l'intérieur même de l'écrit, a profondément renouvelé l'épistémologie du texte et l'interprétation de l'œuvre littéraire, notamment grâce aux ressources de l'imagerie numérique et de la dématérialisation digitale qui ont redéfini l'accès aux archives, les outils de la recherche et la transmission des résultats. Après avoir construit ses méthodes dans le champ des littératures contemporaines (XVIII^e-XXI^e siècles), la génétique des textes s'est constituée en modèle d'approche scientifique applicable à d'autres domaines, textuels ou non. Un numéro de la revue *Littérature*, « Génétique : les chemins de la création », fournit un état des lieux détaillé des secteurs concernés par cette nouvelle approche¹.

Horizon de recherche

La remise en cause des frontières disciplinaires a été contemporaine des gestes fondateurs de la génétique littéraire. En 1992-1994, l'ITEM a consacré deux années d'études et de séminaires à une vaste enquête pluridisciplinaire sous l'intitulé « Arts et sciences : les archives de la création »². Cette période de recherche collective s'est traduite par la définition d'une problématique transversale³ qui finissait par esquisser un nouvel « horizon » dont l'importance s'est trouvée soulignée par des textes programmatiques⁴. Ces initiatives se sont traduites, après 2000, par plusieurs colloques, ouvrages et numéros spéciaux de la revue *Genesis*, consacrés



à l'architecture⁵, à l'histoire de l'art⁶ (sous le titre « Formes ») et récemment à la bande dessinée : des résultats assez probants pour que l'ITEM fonde, en 2006, une équipe « Histoire de l'art. Processus de création et genèse de l'œuvre »⁷ et une équipe « Genèse photographique »⁸. Les Actes du troisième congrès mondial de « Génétique des textes et des formes » (2-9 septembre 2010) replacent cette ouverture dans le contexte international des avancées de la discipline.

Vers la notion de « formes »

Au moment de lancer officiellement ces recherches de génétique en « arts plastiques », la question s'est donc posée de donner un nom générique à l'ensemble de ces domaines non textuels : arts graphiques, peinture, sculpture, arts décoratifs, installations, photo, architecture, etc. J'ai opté pour le concept global de « formes » qui venait ajouter à l'espace littéraire (« génétique des textes ») un nouveau champ d'investigation, celui des productions artistiques relevant du visible : « génétique des textes et des formes ». Pourquoi « formes » ? Parce que, confronté à l'univers des « textes », il m'a semblé que c'était le terme le mieux approprié pour désigner, de manière globale, ce qui pouvait rapprocher, du point de vue de leur objet, des genèses aussi différentes que celle d'un dessin, d'un tableau, d'un bâtiment, d'un tirage argentique, d'un marbre sculpté, d'une installation ou d'une performance.

La genèse des textes (littéraires, musicaux, scientifiques) relève d'une planification, d'une rédaction et d'une finalisation, dont le résultat définitif ne se constitue que segment par segment et dont le sens ne s'élabore qu'à travers la consécution du temps, c'est-à-dire selon un principe syntagmatique. Le texte, c'est de la concaténation et de la contiguïté. Inversement, les œuvres d'art visuelles procèdent d'une conception et d'une réalisation qui s'inscrivent dans la durée d'une fabrication ou d'un chantier, mais cette fabrication ne fait elle-même que donner réalité constructive à une vision antérieure déjà constituée. La genèse est la reconquête de cette unité : une synchronie significative dont l'émergence a supposé le principe d'une préfiguration. Comme le pensent la *Gestalttheorie* et la phénoménologie, l'œuvre visuelle, c'est l'élection et la déclinaison d'une forme paradigmatique prégnante.

Forma, formæ

Le terme français de « forme », attesté depuis le XIII^e siècle, renvoie d'abord à l'idée de conformation, d'aspect visible de la chose. Par son étymologie latine (*forma, æ*), « la forme » désigne la figure ou l'image par laquelle on se représente imaginairement l'aspect extérieur de quelque chose. Les Étrusques aimaient le moulage. Le mot latin *forma* pourrait provenir d'un terme étrusque signifiant « le moule » et par métonymie la forme de ce qui est moulé. Synthétique, postulant l'existence externe



d'un référent réel, mais conceptuel (et par conséquent intérieur aux facultés de l'esprit, réalité intellectuelle – *cosa mentale*), proche de la notion renaissante de « *primo pensiero* » (première idée), le terme de « forme » correspond bien à ce qui caractérise le matériau génétique initial de l'œuvre visuelle : une option structurale qui émerge comme matrice ou générateur primaire.

Du sens premier de *forma*, que l'on trouve chez Cicéron à l'époque républicaine, comme « conformation visible d'une chose », dérivent les concepts de « type » et de « type idéal », la notion de « modèle géométrique » ou de « figure géométrique », ce qui s'explique par le fait que Cicéron voyait dans *forma* une sorte d'équivalent latin du *eidos* grec, au sens des Idées platoniciennes (réalisme des essences) ou de l'hylémorphisme aristotélicien (indissociabilité de la matière et de la forme). Dans le même esprit, *forma*, au 1^{er} siècle avant notre ère, peut exprimer les idées de « dimension », de « taille », de « format » et de « proportion » qui se rapportent toutes à la nature visuelle de la forme. À la fin de la République, le terme *forma* était aussi appliqué à des formes linguistiques pour désigner la « forme grammaticale », la « tournure de phrase » (*orationis forma*) en établissant donc un point de contact entre visible et dicible, pour parler de la plasticité rhétorique de la langue.

L'évolution du mot latin *forma* à l'époque impériale, n'élargit l'étymologie du substantif français « forme » qu'en confirmant son bien-fondé pour désigner l'œuvre d'art visuelle. Chez Horace, *forma* désigne la qualité de ce qui est beau physiquement, le corps désirable, la beauté matérielle de l'objet d'art ; chez Vitruve, la bordure qui entoure un tableau, le cadre d'un miroir, ce qui encadre et met en valeur une représentation ; chez Pline et chez Quintilien, le moule, le gabarit, la forme qui permet de modeler et de reproduire l'objet en trois dimensions, ce qui tendrait à prouver que l'origine étrusque et le sens initial du mot restaient encore sensibles au 1^{er} siècle de notre ère.

La génétique des formes s'inscrit résolument dans cet héritage, en donnant toute sa place aux liens que le concept de forme construit entre l'espace sensible de la chose visible, l'espace bâti et plein de l'artefact artistique, l'espace abstrait de l'entité géométrique, et l'espace sémantique de l'expression verbale, parlée ou écrite.

Médium et transferts

Avec les arts plastiques, la génétique des textes aborde un monde – constitué de points, lignes, surfaces, volumes, couleurs, lumières, géométrie, mouvement, etc. – à l'évidence dominé par une logique visuelle des significations, mais dans lequel la conceptualisation verbale et l'expression écrite gardent un ascendant considérable sur tous les gestes créatifs. Carnets, notes de travail, journal, commandes, pense-bête, mémento, agendas, dessins légendés ou commentés, dossiers documentaires,



correspondances, textes de catalogue, articles de presse, entretiens, interviews, etc. : l'atelier est le laboratoire des formes, mais il fourmille aussi de traces écrites qui sont porteuses d'informations de première main sur le travail de l'artiste et qui ont souvent joué un rôle majeur dans l'émergence et les métamorphoses de l'œuvre. Les historiens d'art le savent, mais la génétique apporte, pour l'élucidation de ces processus, des exigences d'exhaustivité et des outils scientifiques (analyse matérielle, codicologie, classement, transcription) qui pourraient bien redéfinir le périmètre du dossier de genèse et relancer la recherche sur des pistes inédites. À commencer par l'élaboration d'une terminologie précise.

Qu'entend-on exactement par dessin préparatoire, esquisse, croquis, ébauche, crayon, canevas, projet, aperçu, schéma, mise au carreau, tracé large, étude, étude de détail, calque correctif, etc. ? Comment définir précisément chacun de ces documents préparatoires de l'œuvre et comment distinguer clairement sa fonction opératoire, en tenant compte à la fois du corpus étudié, de la technique, de la période historique, du vocabulaire académique du moment, des usages du métier, de la démarche et des objectifs de l'artiste, des phases de son travail, etc. ? Comment classer ces documents selon l'ordre de leur apparition, sur quel axe logique les situer comme étapes d'un processus créatif aboutissant (ou non) à l'œuvre ? Ces « œuvres » préparatoires à l'œuvre sont dispersées dans des institutions dont les terminologies sont souvent divergentes. Le problème devient vite celui des « intraduisibles » lorsqu'il s'agit de transposer le terme dans une langue et une culture qui ne connaissent aucun équivalent.

À une époque où l'œuvre d'art est de plus en plus globalisée en termes d'exposition, de catalogues, de publication et de reproduction, une telle réflexion s'impose. C'est pour lever cet obstacle, que l'équipe Histoire de l'art de l'ITEM, soutenue par le labex TransferS, a lancé le projet d'une base de données (DIGA : Données internationales de génétique artistique)⁹ réunissant environ cinq cents entrées (de la Renaissance à nos jours) qu'il s'agit de documenter (histoire, discipline, typologie, définition, textes de références, corpus, images...) et de traduire en six langues européennes (français, anglais, allemand, italien, espagnol, portugais) puis, à terme, dans les quinze langues les plus pratiquées en histoire de l'art.

La fabrique du titre

Cette recherche a déjà donné des résultats inattendus sur certaines questions : par exemple sur la question, cruciale en histoire de l'art, du « titre » et des processus d'intitulation dans la genèse de l'œuvre. On parle de l'« Olympia », de « La Joconde », ou de « Guernica », comme s'il s'agissait d'évidences. Mais comment ces noms propres ont-ils été créés ? Quel rôle ont-ils joué (ou non) dans la genèse de l'œuvre ? Depuis



quand les œuvres d'art sont-elles associées à un « titre » ? Est-ce toujours l'artiste qui nomme sa création ? Par quel processus prend forme l'acte d'intituler un tableau ou une sculpture ? Aussi étrange que cela puisse paraître, cette investigation fondamentale sur le « titre » n'avait à ce jour jamais été tentée, ni en France ni à l'étranger.

En coopération avec l'ENSBA, le DHTA, le musée du Louvre et plusieurs universités, l'équipe « Histoire de l'art » de l'ITEM a consacré, à l'ENS de Paris, trois années de séminaire à cette recherche¹⁰ qui a mobilisé plus de cinquante chercheurs et dont les résultats ont été publiés dans *La Fabrique du titre*¹¹. Ce livre propose, pour la première fois sur ce sujet¹², un ensemble de réflexions méthodologiques, critiques et génétiques qui cherchent à fonder en théorie le concept de titre dans le domaine de l'expression plastique. La question est envisagée, du XVII^e siècle aux aspects les plus contemporains de la création artistique, sous toutes ses formes : intitulés personnels des artistes, titres d'ateliers, intitulation de salon ou de galerie, qualifications de circonstance, dénominations fictives et, bien entendu, le fameux « sans-titre ».

L'enquête porte sur un large choix de corpus allant de la peinture aux arts graphiques, de la sculpture à la photographie, des actions aux performances : un champ de recherche fertile en découvertes surprenantes, et qui pourrait bien conduire l'histoire de l'art à porter un regard neuf sur les archives de la création. Cette recherche, qui se poursuit, paraît assez riche pour donner naissance à ce qui pourrait devenir un véritable observatoire théorique du titre artistique¹³ : une base de données vivantes, liée à DIGA, où seront réunies toutes les nouvelles ressources documentaires concernant la genèse du titre, y compris du point de vue multilingue de ses traductions.

Notes

1. *Littérature*, n° 178, juin 2015, dirigé par P.-M. de Biasi et A. Herschberg Pierrot.
2. Séminaire général de l'ITEM, coordonné par P.-M. de Biasi et E. Marty.
3. P.-M. de Biasi, « L'horizon génétique », in *Les Manuscrits des écrivains*, Paris, Hachette/CNRS Editions, 1993, p. 238-259 ; A. Grésillon, *Éléments de critique génétique*, Paris, PUF, 1994, notamment p. 217-238.
4. P.-M. de Biasi, « Horizons for genetic studies », *Word & Image, a journal of verbal/visual inquiry*, « Genetic Criticism », vol. 13, n° 2, avril-juin 1997, p. 124-134 ; « Génétique des arts », in O. Anokhina et S. Pétilon (dir.), *Critique génétique. Concepts, méthodes, outils*, Paris, IMEC, « Inventaires », 2009, p. 177-183.
5. « Architecture », *Genesis*, n° 14, textes réunis et présentés par P.-M. de Biasi et R. Legault, 2000.
6. « Formes », *Genesis*, n° 24, textes réunis et présentés par S. Le Men, 2004.
7. Dirigée par Ségolène Le Men (Université Paris-Ouest Nanterre La Défense), puis par François-René Martin (ENSBA) et Pierre-Marc de Biasi (ITEM ENS-CNRS).
8. Dirigée par Monique Sicard qui a piloté, dans ce cadre, le programme ANR « Photo-Paysages ».



9. Projet piloté par François-René Martin et Pierre-Marc de Biasi, avec la coopération de Marianne Jakobi, Ilaria Andreoli et Richard Walter (informatique).
10. P.-M. de Biasi, M. Jakobi et S. Le Men, *La Fabrique du titre. Nommer les œuvres d'art*, Paris, coll. « Génétique », CNRS Editions, 2012.
11. Initiée par l'ouvrage de Marianne Jakobi (*Jean Dubuffet et la fabrique du titre*, Paris, CNRS Editions, 2006), cette recherche, pilotée par Ségolène Le Men (Université Paris-Ouest Nanterre La Défense), Nadeije Laneyrie-Dagen (département d'Histoire et Théorie des arts, ENS) et Pierre-Marc de Biasi (ITEM ENS-CNRS), a réuni de nombreux chercheurs parmi lesquels Olivier Bonfait, Éric Darragon, Fabrice Flahutez, Itzhak Goldberg, Emmanuelle Hénin, Christian Michel, Richard Leeman, Antoinette Le Normand-Romain et Pierre Wat.
12. Sur les rares travaux antérieurs consacrés à la question, voir *La Fabrique du titre, ibid.*, « Introduction », p. 7-25.
13. Témoins de la vitalité de cette recherche, plusieurs nouveaux ouvrages sont parus depuis 2012 : L. Brogniez, M. Jakobi et C. Lemoine, *Ceci n'est pas un titre, les artistes et l'intitulation*, Lyon, Fage, 2014 ; M. Jakobi, *Gauguin/Signac : l'invention du titre contemporain*, préface de P.-M. de Biasi, Paris, coll. « Génétique », CNRS Editions, 2015 ; L. Boubli, *Primo pensiero, l'invention de l'esquisse à la Renaissance*, Paris, coll. « Génétique », CNRS Editions, 2016.

DE L'INFLUENCE DE L'ART ET DES MODES DE REPRÉSENTATION SUR L'ARCHITECTURE

Emmanuel Di Giacomo

Il est architecte de formation avec plus de trente ans d'expérience de la 3D. Son Maître était Paul Maymont, architecte-urbaniste, académicien et ancien élève d'Auguste Perret. Il a été reconnu et primé par la Fondation du Prince Charles en 2003 pour la qualité et la beauté de ses dessins d'architecture. Il est actuellement responsable européen du BIM pour Autodesk, où il travaille depuis plus de quinze ans.



Il fut un temps où la recherche d'évolution des approches conceptuelles en architecture représentait un réel progrès et une allégresse pour les concepteurs qui se penchaient sur le sujet. On s'appliquait alors à comprendre comment telle ou telle autre technique pourrait aider à sauvegarder notre patrimoine ou réaliser des prouesses architecturales, élever des cathédrales, châteaux et monuments tous plus exceptionnels les uns que les autres. Des génies de l'architecture tels que Gaudi produisaient ses formes voluptueuses et inspirées de la nature sur la base d'une étude de la résistance des matériaux maquette de manière minutieuse à l'aide de câbles et poids inversés. D'autres, tels Frank Lloyd Wright anticipaient la simulation sismique grâce à des maquettes et découvraient les vertus de la construction sur sable, ce qui avait une incidence directe sur les formes de ses bâtiments.



Que dire des révolutions telles que la Renaissance Italienne qui amenèrent la perspective montée inventée par nos voisins italiens. Aux origines de la perspective, un architecte, sculpteur, peintre et orfèvre florentin, Filippo Brunelleschi... La perspective constitue alors un instrument de calcul et un moyen de reproduction rationnel des édifices. Elle mettait en évidence les lignes de force de l'architecture (colonades) et les scansiones de l'espace (alternance des vides et des pleins). Mais au-delà des aspects de communication évidents, ces nouvelles approches de représentation permettaient une remise en avant et une prise de pouvoir de celui qui les maîtrisait. Des machines à dessiner combinant plaques de verre mobiles et cordelettes à dessiner furent d'ailleurs inventées à ces époques afin de disséquer et comprendre la logique de cette perspective montée.



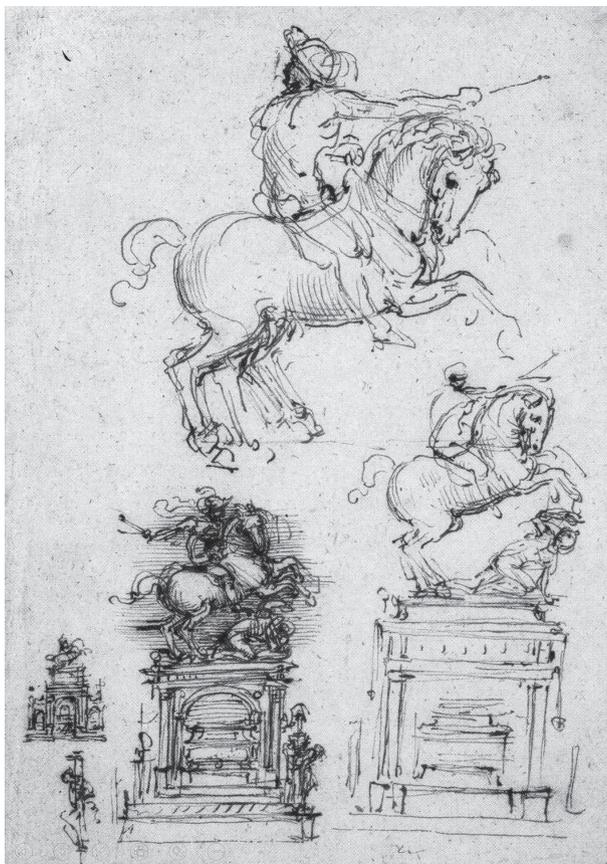
Filippo Brunelleschi (1377-1446), gravure, vers 1430.

Les Antiques, en leur temps, avaient eux aussi compris la force de la compréhension de la représentation et son impact sur l'architecture, sa compréhension et ses formes puisque la perspective déformante par nature avait besoin d'une redéfinition des proportions par rapport à un point de vue donné. L'échancrure et la courbure de colonne, leurs inclinaisons par rapport à une verticale, la taille de balustres en rive de toitures et leur exagération voulue, tout cela était censé redonner une élégance à l'œuvre bâtie et était une conséquence directe des modes de représentation.

Le croquis représentait lui aussi, bien que moins « construit », un instrument de recherche incontournable tel que pour le génie florentin Léonard de Vinci (1452-1519). Jean-Paul Viguier, grand architecte français contemporain, insiste sur le fait que



80 % de l'ADN d'un projet est contenu dans les premiers croquis et esquisses de l'architecte.



Léonard de Vinci, étude au crayon pour le monument équestre de Giangiacomo Trivulzio.

Le génial architecte suisse Le Corbusier attachait lui aussi de l'importance à ce que ses œuvres respectent des proportions données suivant son fameux nombre d'or.

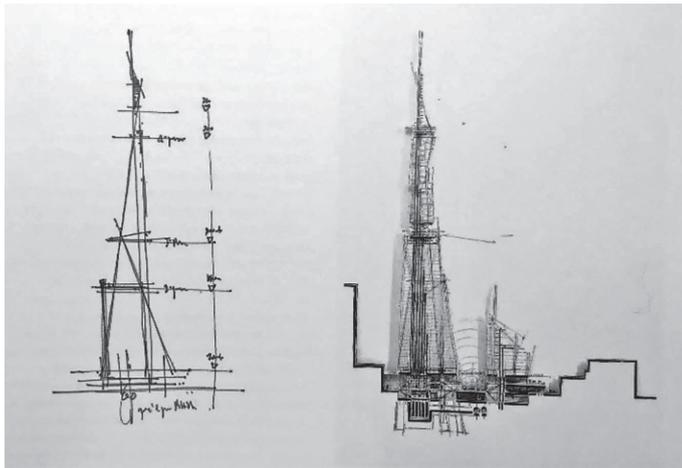
Les années 1980-1990 ont vu l'arrivée des ordinateurs, qui ont permis la démocratisation de l'accès au digital, relayant ainsi les tables à dessins, tés, équerres et Rotring au rang de pièces de musées. Cependant, la recherche de formes ne s'en est trouvée que très peu modifiée. Seule l'arrivée des technologies 3D et de modélisation tridimensionnelle a permis d'envisager d'autres formes.

Un retour en arrière plus récent montre le rapport direct et évident entre représentation et genèse d'une architecture hors du commun. Ainsi, Zaha Hadid lorsqu'elle



peignait les premières œuvres de sa brillante carrière d'architecte, démontrait de manière flagrante le lien entre sa vision, son mode d'expression et de recherche initial, la peinture, et la naissance de ces œuvres anthropomorphiques, ces jets d'architecture tels des traînées de pinceaux dynamiques et racées. Son agence d'architecture a franchi un cap irréversible en intégrant l'utilisation de technologies extrêmes empruntées aux domaines des jeux vidéo, des films et de l'industrie pour modéliser les formes anthropomorphiques qu'on lui connaît.

Parmi ces grands noms, Frank Gehry n'est pas en reste non plus lorsqu'il introduit l'utilisation de technologies digitales 3D – Digital Project – héritées de l'industrie automobile et aéronautique pour produire ses œuvres qui feront date telles le musée de Bilbao ou la Fondation Louis-Vuitton. Certes la patte de l'architecte et sa personnalité fracassante y sont pour beaucoup, mais la mise en pratique de ces processus digitaux modèle au sens propre comme au sens figuré la future morphologie de ces bâtiments emblématiques. Renzo Piano lui-même attache une importance fondamentale voire vitale à la recherche intellectuelle et architecturale sur la base de ses premiers croquis.



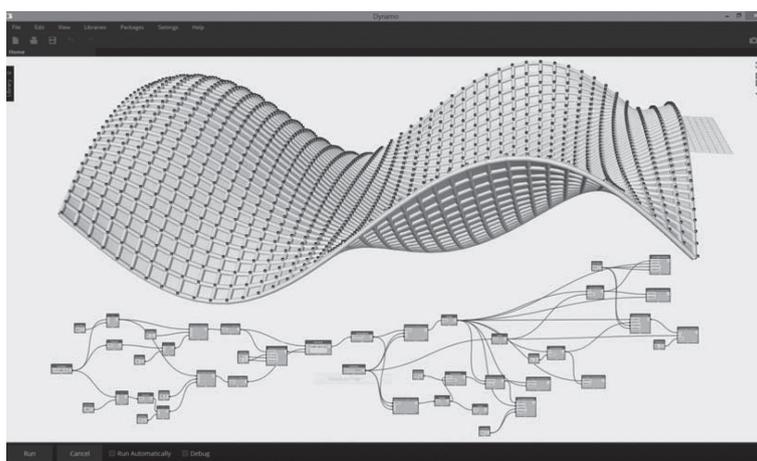
« The napkin sketch and its derivative »

(source : Renzo Piano, *Sketching for Engineers and Architects* – Ron Slade).

Ce que l'on nomme aujourd'hui *generative design* ou *computational modeling* furent des approches étudiées il y a maintenant plus de quinze ans. La conception générative en français est un processus de recherche de forme qui peut imiter l'approche évolutive de la nature en matière de conception. Il peut commencer avec des objectifs de conception, puis explorer d'innombrables permutations possibles d'une solution afin de trouver la meilleure option. En utilisant la puissance des technologies



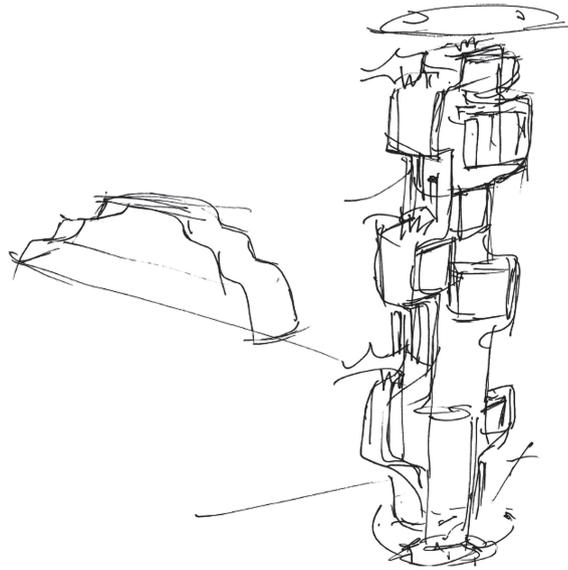
digitales sur le *cloud*, la conception générative peut parcourir des milliers, voire des millions, de choix de conception, tester des configurations et apprendre de chaque itération ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas. Le processus peut permettre aux concepteurs de générer de nouvelles options, au-delà de ce qu'un humain seul pourrait créer, pour arriver à une conception plus efficace. Combiné à l'intelligence artificielle (IA), le *generative design* bouleverse ce que l'imagination humaine même la plus poussée peut envisager, et donc les formes qui en résultent.



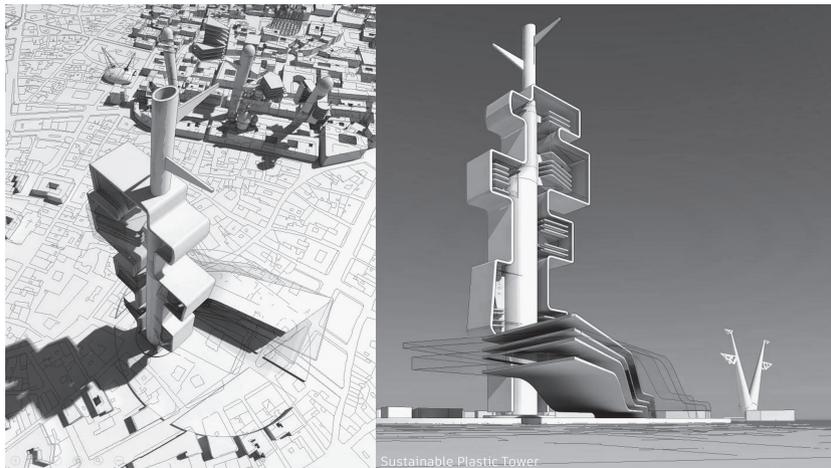
Étude de forme par approche BIM et *generative design*
(Autodesk Dynamo et Autodesk Revit).

Nous vivons la quatrième révolution industrielle et, après la perspective, le passage à l'ère de la documentation digitale 2D dans les années 1980, nous vivons l'ère du BIM, ou *building information modeling*, qui est un processus collaboratif permettant à tous les acteurs d'un projet de travailler de manière efficace à sa planification, sa conception et sa construction de façon bien plus efficace qu'un processus classique. Le BIM se pratique en trois dimensions mais intègre aussi la quatrième (temps), la cinquième (quantités et coûts), la sixième (développement durable) la septième (gestion de patrimoine) et, enfin, la huitième dimension (sécurité et risques). Ce processus a évidemment lui aussi un impact sur les architectures produites mais également sur les rapports entre les parties prenantes du projet.

Car au travers de toutes ces disruptions vécues au fil des siècles, c'est un enjeu majeur qui se joue, celui du pouvoir sur le projet qui est passé systématiquement du maître d'œuvre au maître d'ouvrage et au constructeur. Le temps des cathédrales, puis celui des palais de la Renaissance et, maintenant, celui des mégaprojets des pays émergents et anglo-saxons en sont la brillante représentation.



Emmanuel Di Giacomo, croquis de recherche architecturale, *The Plastic Tower*.



Emmanuel Di Giacomo, transposition digitale et BIM, *The Plastic Tower*.

À ces modifications de production intellectuelle que représentent le BIM, la capture de la réalité par scan laser et les outils de simulation, vient s'ajouter la modification des moyens de production physique des bâtiments avec notamment l'impression 3D, la robotisation, l'utilisation des machines à commande numérique et la préfabrication qui revient en force. Tout cela pour des objectifs d'amélioration de qualité des édifices,



de réduction des coûts, d'augmentation des performances du bâtiment, de production plus rapide afin de pallier la demande sans cesse grandissante de logements, pour satisfaire les besoins d'une population grandissante qui devrait atteindre les dix milliards d'ici 2020, nécessitant la construction de plus de mille bâtiments par jour.

Il convient toutefois de rappeler, comme le disait, en 1864, Viollet-le-Duc à Monsieur Vitet, que « Ce n'est ni avec le pinceau, ni avec le crayon que l'on dessine, c'est avec l'intelligence. L'outil ne fait rien à l'affaire, le mécanisme de la main n'est même qu'accessoire et tout artiste qui ne dessine pas dans son cerveau, si adroite que soit sa main, ne sera jamais qu'un pantographe. »

La représentation seule, traditionnelle ou digitale, et les outils et modes de représentation et de création ne suffisent plus à « réinventer » une nouvelle manière de créer notre environnement bâti de demain. De nouvelles approches ont elles aussi fait surface, nous permettant ainsi de mieux nous approprier ce qui deviendra nos lieux de vies, bâtis ou végétaux... Ces approches sont la réalité virtuelle tout d'abord, où l'on pourra s'immerger dans un environnement totalement interactif, par le biais d'un casque connecté à un ordinateur qui saura lire un environnement digital et immersif. On pourra toucher et naviguer virtuellement et ressentir les émotions de ce que sera notre chez-nous une fois construit. Mais, plus puissante encore, la réalité augmentée va permettre de superposer environnement virtuel et réel, avec ces mêmes casques intelligents : on passe ainsi dans une dimension bien plus utopique encore.

On constate depuis des milliers d'années les progrès accomplis et les changements de paradigmes, les bouleversements d'équilibre liés à ces évolutions, à ce passage de l'analogique au numérique, aux évolutions en découlant, telles la transformation des structures de maîtrise d'œuvre et entreprises de construction. On comprend donc l'importance de la compréhension de ces phénomènes, et de notre part une incompréhension certaine vis-à-vis de la résistance de quelques corporations, comme les architectes, qui ne semblent pas prendre la mesure de ces bouleversements. Certains se retranchent derrière une école de pensée et de faire révolue, appartenant à l'ère des Beaux-Arts, et ne veulent pas voir l'évolution des processus créatifs, conceptuels et constructifs. Il convient de réagir, de comprendre, d'analyser et de préparer aussi les nouvelles générations à ce que sera leur quotidien. Ces nouvelles approches et tendances sont un vent de renouveau qui ouvre des perspectives incroyables pour notre monde qui, au-delà d'une esthétique de l'environnement et des objets, apportera un bien-être évident aux populations et permettra de résoudre les grands défis de ce monde que sont l'environnement, le social, le logement, les ressources, le travail et l'évolution des continents et de leurs peuples, dont certains – pensons à l'Afrique – seront demain majoritaires.

Que ce futur de la construction soit aussi le prélude à l'avènement d'une nouvelle ère...



L'ÉLABORATION DE LA FORME

Vincent Gebel, ENS Cachan (2003)

Entré par la section économique, il évolue par la suite vers la section design et, après un mastère de design environnement à Paris 1 Panthéon-Sorbonne, décide d'ancrer son bagage théorique dans la pratique en passant son Diplôme national supérieur d'expression plastique aux Beaux-Arts de Saint-Étienne en 2010. Il exerce depuis comme directeur artistique et graphiste indépendant dans le domaine de l'édition, de l'illustration et de l'identité visuelle.



L'analyse et la production de formes sont le quotidien du designer. La forme est le lieu du regard. C'est une perception d'une organisation à un temps donné. Les variables qui la composent sont concrètes (échelle, couleur, texture...) et subjectives (moment et lieu de réception, milieu culturel, état d'esprit du regardeur...). Une forme plastique ne peut pas réellement s'envisager dans l'abstraction conceptuelle. Elle a besoin d'être éprouvée. La forme émet par réflexion. C'est par l'activation du couple perception/émission qu'elle se réalise.

Si l'on veut s'essayer à l'élaboration d'une forme, il faut surtout connaître et interagir avec les savoirs qui la façonnent, qui la structurent. Je perçois la forme comme une « matière informée » pour reprendre la pensée de Peter Sloterdijk. On pourrait l'envisager comme l'alliance d'une matière inerte habitée par du savoir informe. Cette théorie s'inspire elle-même des écrits de Heidegger sur l'errance de l'histoire de la technologie : l'esprit, la réflexion et la pensée sont insinués dans l'état des choses. Ils y demeurent d'une manière qui permet de les retrouver et de continuer à les élaborer. Les machines et les artefacts sont à considérer comme des mémoires ou des réflexions devenues objectives.

En design, le terme de « matière informée » est particulièrement compréhensible dans l'exercice de la mise en page. La matière principale fournie au designer graphique est le texte. Ce produit, raffiné, quasiment saturé en informations peut être considéré comme une matière première dans l'édification d'un livre. Sans s'arrêter à l'apparence étriquée du traitement de texte, le designer doit s'immerger au même titre que l'auteur dans les rouages du texte pour capter son rythme, sa respiration, son harmonie, son ton et ses intentions. Il peut ensuite, tel un traducteur, redonner corps à ces informations non verbalisées pour leur permettre de se développer dans un langage formel adapté. L'intervention du designer se concentre sur les modes de perception. Sans modifier le texte, sa compréhension est affectée puisque comme le précise Jorges Luis Borges « une littérature diffère d'une autre moins par le texte que par la façon dont elle est lue ».



Le travail de la forme étant éminemment contextuel, je propose d'éclairer le sujet en présentant quelques exemples de productions que j'ai réalisées récemment. Une plongée dans l'univers sensible du graphiste offre un aperçu depuis les coulisses de ce qui se joue dans l'élaboration du visible. Cette visite guidée des différentes étapes de réalisation permet d'illustrer la versatilité du processus de design et la manière dont le choix des outils, des matériaux, de leur utilisation ainsi que la qualité du dialogue forment le projet.

Prise de vue

Depuis sept ans, j'ai le privilège de suivre le développement des éditions de la galerie Mercier & Associées. Spécialisée dans l'architecture et le mobilier moderne, la galerie représente également des architectes et artistes contemporains. À l'occasion de l'exposition d'un panorama des pratiques de grès en France depuis les années 1930, j'ai eu la charge d'en élaborer la communication. Le premier geste a été de définir le titre en ne présentant que le mot *Grès*. Ce mot à lui seul figure assez bien la nature du matériau. Le son râpeux [gr] rappelle la texture granuleuse des pièces aux teintes sombres cuites au bois. Un titre court, certes laconique, mais qui se distingue du bruit de fond ambiant et permet une lecture immédiate. Un sous-titre plus complet vient préciser le sujet dans un deuxième temps de lecture.

Ensuite se pose la question de l'iconographie. Selon les projets, soit le choix des photographies est une sélection parmi une série déjà existante soit elles sont à faire. Dans notre cas, l'évènement est original, donc il n'existe pas de précédent ni d'archive. L'idée a été de réaliser les prises de vues dans la galerie mais sans nécessairement suivre le mode de présentation de la scénographie. Ce parti-pris nous ouvre un espace de création pour offrir une vision nouvelle des pièces. Par contraste avec le poids et la fragilité des pièces en céramique, j'ai souhaité les présenter dans une situation éphémère, ou d'instabilité. Lors d'une première visite de l'exposition, une pièce m'a particulièrement marqué car je trouvais que sa forme appelait à être tenue. J'ai aussitôt demandé au galeriste de la saisir et de prendre la pose. Le photographe a réussi la prise de vue et la photo est devenue l'image du carton d'invitation (figure 1). Cette photo me plaît parce qu'au-delà de la reproduction d'une pièce pour un catalogue, c'est un portrait du galeriste en tant que personne qui soutient la création. Il porte littéralement l'œuvre. Il s'implique pour la présenter, la rendre publique et se place lui-même au second plan. Son regard se pose sur elle comme un danseur de valse sur sa partenaire. Il la tient mais c'est un instantané, il va devoir la poser pour qu'elle reprenne sa place dans l'exposition ou peut-être nous la tendre puisque la galerie est le carrefour de la circulation des œuvres.



Figure 1. Photo à l'origine du carton d'invitation pour l'exposition *Grès*.
Photographie Anthony Girardi.

Fresque pour un cabinet dentaire

Le dessin d'une fresque de douze mètres m'a été commandé par un couple de dentistes. La demande est de masquer partiellement le cabinet nouvellement installé dans un ancien local marchand et présentant de grandes surfaces vitrées. Les extrémités de la vitrine doivent occulter complètement les parties privatives, alors que la partie centrale, réservée à la salle d'attente et à un bureau, autorise une certaine visibilité. Le dessin est libre. Pour le définir, une analyse sensible des lieux et de leur occupation est donc nécessaire. Le cabinet refait à neuf se présente comme un espace de convivialité haut de gamme, plus proche de l'hôtel que de l'espace médical. Les matières chaleureuses de textile, cuivre, bois se répondent dans un écrin sobre et chic que surplombe un plafond noir imposant. Le décalage d'univers avec l'extérieur est assez fort puisque la circulation de la rue est très dense, les trottoirs sont étroits et l'horizon est bouché par des murs en pierre. Je propose de réaliser des dessins aux formes organiques qui composent un jardin imaginaire et offrent une respiration au sein de cette rue aux accents minéraux. Les dessins aux formes élémentaires (à-plats, pois, traits, ondes) sont dessinés, puis découpés au laser sur un vinyl translucide avec un effet dépoli. La taille surdimensionnée des motifs, leur abstraction et la finesse



du dépoli rendent la fresque discrète malgré sa taille. Élégante, elle s'intègre dans le paysage de la rue. En revanche c'est de l'intérieur qu'elle se révèle. La fonction de caché/dévoilé attendue fonctionne parfaitement entre partie privée et publique. Dans l'entrée et la salle d'attente, le cabinet orienté sud-ouest laisse entrer le soleil qui projette l'ombre de la fresque sur le sol et continue ainsi le dessin au gré du temps (figure 2).



Figure 2. Fresque vue intérieure.
Photographie Benoît Ravier-Bollard pour studio Erick SAILLET.

Direction artistique des éditions de la Cité du design

Les éditions de la Cité du design de Saint-Étienne sont régies par le pôle Recherche de cet établissement public. Partie intégrante de la Cité et de son rayonnement, les éditions souhaitent un système graphique propre, spécialement adapté et en cohérence avec l'univers du livre. Le projet est de renouveler la charte des éditions pour adapter le format aux nouveaux choix éditoriaux à venir : étendue des sujets de design vers des thèmes plus sociaux. Ces sujets, issus de la recherche contemporaine, apportent un engagement et une corrosivité à même de perturber la bienséance qui guette les écrits sur le style.



Le format d'un livre n'est pas nécessairement défini avant la composition graphique. C'est plutôt en fonction du ton choisi que la grille de composition des doubles pages sera définie. Le format en découlera ensuite. Mais lors de la première manipulation du livre en librairie, ce sont les caractéristiques plastiques avant l'aspect graphique qui sont perçues par le lecteur. Ma présentation garde l'ordre des étapes de cette première rencontre.

L'élaboration d'une charte implique la définition du format, le choix des papiers, de la reliure, le système de mise en page intérieur et de couverture, les choix typographiques et la création de l'identité visuelle. Une seule contrainte est retenue : la hauteur des ouvrages est conservée pour garder une certaine homogénéité avec les publications précédentes. Deux formats sont envisagés (figure 3). Un format magazine pour les publications à caractère visuel fort et un format poche pour les écrits longs. Les largeurs des deux formats sont définies en fonction de l'ergonomie. La largeur du format poche se voit raccourcie pour une bonne tenue à une seule main alors que le grand format présente un format plus carré, prévu pour être tenu à deux mains et laissant une grande place aux images. Les formats ne sont pas homothétiques mais ils partagent une taille commune : la hauteur du petit correspond à la largeur du grand. C'est un détail technique qui facilite le stockage et d'éventuelles mises en scène de présentation.

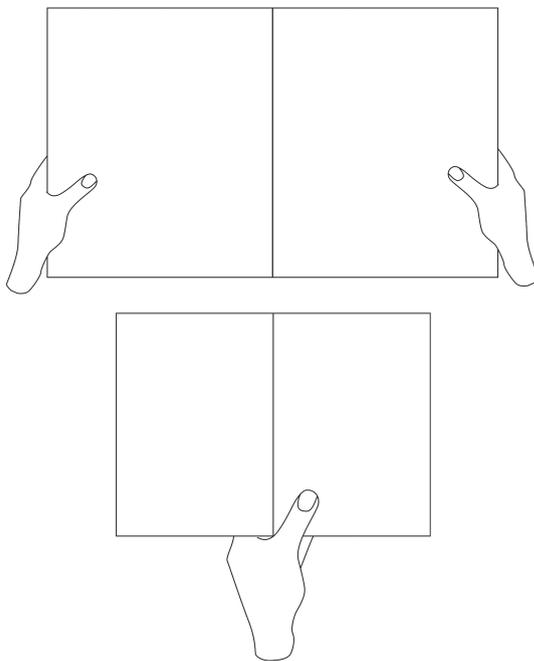


Figure 3. Choix des formats de livre en fonction de leur manipulation.



Les sujets publiés seront de toute évidence érudits, ce n'est pas la peine de tenter de faire sérieux en proposant un ouvrage sec et rigide. Au contraire, pour pouvoir s'imprégner du sujet et ne pas obstruer le plaisir de la lecture je recommande pour ce projet un format ludique. L'ouverture du livre est facilitée grâce à l'emploi d'un papier à faible grammage. Les ouvrages de poches sont composés de 300 pages environ. Ils ne doivent pas être perçus comme pesants. L'usage d'un papier bouffant m'a paru pertinent, tant pour alléger le poids du livre que pour le confort des yeux grâce au contraste délicat que rend la couleur blanche naturelle du papier avec le noir des lettres. Pour le choix de papier de couverture, il est possible de créer une rupture en choisissant un papier souple, flexible et quasiment plastique pour éloigner toute sensation de rigidité (figure 4). Le projet s'oriente donc vers un format que l'on peut retrouver dans les mangas. Les papetiers très actifs dans la création de nouvelles gammes écologiques proposent un papier embossé, c'est-à-dire avec une texture tactile marquée en relief. Encore assez peu utilisé, ce papier marque durablement l'expérience de lecture.

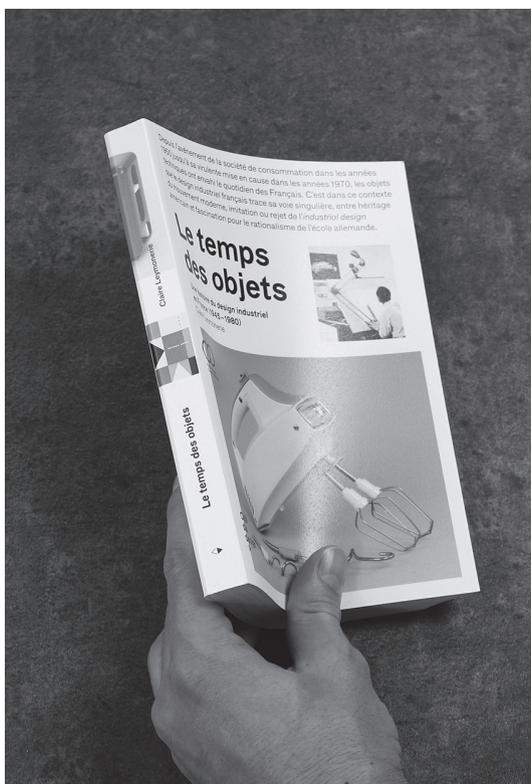


Figure 4. *Le Temps des objets* de Claire Leymonerie.



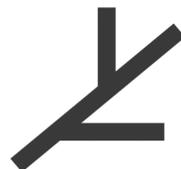
Après avoir effectué une analyse des éditions institutionnelles et du projet particulier de la Cité du design, je propose un système graphique souple adaptable à chaque publication. Il reste cependant identifiable afin de bénéficier de l'autorité que les éditions acquièrent au fil des publications. Pour concilier ces deux principes, nous proposons un système fondé sur la flexibilité. Ainsi la composition des couvertures reste très libre. Il n'y a pas de contraintes de positionnement de texte ni d'image pour éviter de figer les traitements des sujets à venir. Cette liberté est permise parce qu'elle s'appuie sur un principe identitaire fort : une seule typographie est utilisée pour l'ensemble des éditions. Le titre, le prière d'insérer, le texte courant, les légendes, les notes de bas de page et jusqu'au prix même, tous ces textes seront écrits avec la typographie F-Grotesk. Son dessin classique date du début XX^e siècle. On peut la désigner comme la mère de l'Helvetica (elle-même référence de l'Arial) puisqu'elle en définit la structure mais présente un aspect chaleureux, logé dans les terminaisons généreuses des lettres. De la famille des gothiques, elle jouit d'une large reconnaissance visuelle. La réinterprétation et la finesse du dessin réalisé par Radim Pesko offrent à cette typographie une très bonne lisibilité, même en petits caractères. Elle est idéale pour les textes longs et permet de sortir de l'emploi systématique de typographies à empattements dans les publications de recherches. Les typographies à empattements, telles que celle que vous lisez présentement, ont souvent été considérées comme plus confortables. Or le confort de lecture ne tient pas tant à la présence ou non d'empâtements, mais plus aux habitudes de lecture. Actuellement, avec la part croissante de la lecture en ligne, les typographies bâtons, plus adaptées à la faible résolution des écrans, gagnent quotidiennement en reconnaissance.

Les doubles pages intérieures du format poche proposent une forte densité de signes (figure 5). Pratique pour limiter le nombre de pages, cela permet aussi de relever un caractère d'urgence du texte publié. Le pavé de texte remplit assez largement la page en s'appuyant sur le haut de page et le grand fond (bords opposés à la reliure). La longueur de ligne traditionnellement de huit mots atteint ici quatorze pour s'adapter à des textes aux phrasés longs. Les notes de bas de pages, nombreuses dans ce type de publication, sont ici placées en marge. Imprimées en couleur, elles viennent distinctement empiéter sur le pavé de texte en le déviant de son flux. Placées une à une, leur composition diffère d'une page à l'autre et impulse leur rythme à l'ensemble du livre.

Enfin, j'ai dessiné les logos des deux collections qui partagent cette chartre commune. Pour la première collection, *Culture Design Culture Technique*, un dessin de deux périmètres concentriques permet de rejouer la répétition du titre tout en insistant sur le caractère analytique du projet. La seconde, *Recherche Design*, est axée sur les écrits prospectifs (figure 6). Le flux, le transport, la rencontre et le vivant sont évoqués dans cette forme de branche.



Figure 5. Grille de composition d'une double page d'un format poche des éditions de la Cité du design.



Recherche Design

Figure 6. Logo Recherche Design pour les éditions de la Cité du design.

Pour l'anecdote, il se trouve que le premier ouvrage publié dans ce nouveau format est *Le Temps des objets*, la thèse de Claire Leymonerie, ancienne élève de l'ENS en sciences sociales Cachan aussi. Sa brillante analyse pose un jalon significatif dans l'écriture de l'histoire du design français des Trente Glorieuses. Elle nous présente, entre autres, l'origine des formes des appareils ménagers qui ont peuplé nos intérieurs et qui ont fait partie de notre paysage familial.

DU BON USAGE DES FORMES

LA FORME EN DROIT, OU COMMENT CONJUGUER RAIDEUR INDISPENSABLE ET SOUPLESSE NÉCESSAIRE

Thierry Marembert (1984 l)

Après des études à l'IEP et un DEA de Droit des affaires, il a commencé par faire du conseil juridique dans des cabinets anglo-saxons. Avocat depuis vingt-cinq ans, il a rejoint en 1996 Georges Kiejman, dont il est devenu l'associé en 2000. Il plaide surtout des affaires de droit pénal international et de droit des médias et des biens culturels.



« **L**e droit est trop humain pour prétendre à l'absolu de la ligne droite. Sinueux, capricieux, incertain tel il nous est apparu [...] Flexible droit ! [...] Rigueur, raideur. Raide comme la justice, c'était autrefois la comparaison courante dans les milieux populaires [...]. Combien de générations de justiciables avaient dû d'abord se rompre les os sur la justice pour en arriver à la juger aussi brièvement. » (J. Carbonnier, *Flexible droit*, LGDJ, 10^e éd., 2001, p. 8.)

Ces mots du grand professeur Jean Carbonnier montrent à quel point le droit est le siège d'une tension entre sa raideur – que symbolise le glaive tranchant que tient la femme qui incarne la justice dans la plupart des tribunaux – et une souplesse peu soupçonnée mais nécessaire, à condition qu'elle soit bien ordonnée. Où placer le curseur entre la raideur rigoureuse et la souplesse indispensable ?

Voici ce que vingt-cinq ans à faire l'avocat, métier ô combien parfait pour un normalien, entre rigueur scientifique et souplesse littéraire, m'ont inspiré sur ce sujet, étant précisé que la forme, apparence extérieure du droit, évoque aussi bien le formalisme des actes juridiques que le processus par lequel la justice est rendue (quand on y « met les formes »).



Le formalisme juridique comme carcan

Le droit corseté

Il n'est pas de sphères du droit qui ne prévoient des règles strictes. L'époque moderne a certes levé une part de la solennité qui enfermait le droit dans la Rome antique, mère du droit comme Athènes est celle de la démocratie : sait-on que pour conclure un contrat à Rome il fallait en passer, selon la loi des douze tables, par des formules sacramentelles (*acta verbis*), que les deux futurs cocontractants devaient prononcer chacun son tour à l'exact identique ? Un mot de travers et aucun contrat n'était formé.

Nous n'en sommes plus là mais la règle de droit est partout stricte, précise et souvent absconse pour celui qui ne maîtrise pas le domaine juridique en cause. Trois exemples au hasard :

- Il n'existe pas de contrat de caution valide si celui qui cautionne la dette d'autrui n'a pas rédigé à la main qu'il se porte caution, pour quel montant (en lettres et en chiffres svp) et bien sûr signé son engagement.
- Il faut plusieurs pages du Code de procédure pénale pour expliquer tout ce qu'un officier de police judiciaire doit rédiger (en plusieurs actes distincts) pour entendre un suspect en garde à vue. Au bas mot, la partie formelle de la garde à vue prend une heure.
- Le comble de l'absurdité est sans doute atteint par le droit de la presse qui oblige, par exemple, à respecter un nombre de jours entre la délivrance de l'acte de poursuite et le jour du procès calculé en... myriamètres, parce qu'au XIX^e siècle on se déplaçait en diligence et que l'on ne touche pas au droit de la presse (art. 54 de la loi de 1881 sur la presse : 20 jours plus un jour par cinq myriamètres, soit 50 km bien sûr). Je me souviens d'un dimanche au bureau, cherchant sur *Google Earth* à combien de myriamètres se trouvait du Tribunal de grande instance de Paris le domicile d'un diffamateur situé dans la baie de San Francisco. Après de savants calculs ($8\,951,47 \text{ km} / 50 = 179 + 20 \text{ jours de base} = 181 \text{ jours}$), je compris qu'il faudrait attendre six mois avant de pouvoir plaider, alors que l'intéressé recevrait l'acte en une semaine. Le plus amusant : me serais-je trompé d'un jour que la citation aurait été nulle et que, les délits de presse se prescrivant par trois mois, il eût été impossible de recommencer. O joie de la rigueur juridique !

Il n'est donc guère étonnant que le public juge le droit et la justice kafkaïens et que La Fontaine se soit amusé dans *L'Huître et les Plaideurs* à figurer un procès qui n'enrichit que le juge qui gobe l'huître que se disputaient les deux idiots qui l'avaient découverte et avaient eu l'idée saugrenue de demander à l'homme en robe de dire le droit.



S'en alléger ?

À vrai dire, des pans entiers du droit ont été allégés au fil du temps, soit par l'effet de la loi soit du fait de la jurisprudence :

- C'est ainsi que le droit des contrats est régi depuis le Code civil par le principe du consensualisme, ce qui veut dire que nous faisons désormais des contrats comme monsieur Jourdain faisait de la prose : sans le savoir. Aucune forme particulière n'est plus requise en droit commun : donner un euro pour une baguette ce n'est pas seulement accomplir un acte matériel mais former du même coup un contrat (de vente).
- C'est ainsi – ce qui est peut-être moins connu – que les milliers de causes de nullité que renferment le Code civil et celui de procédure pénale sont mise en échec par un principe fondamental de notre droit : pas de nullité sans grief, qui permet au juge de « sauver » contrats et procédures, le juge répugnant le plus souvent à prononcer une annulation qui, parce qu'elle anéantit tout ce qui a existé, fait entrer les justiciables dans une sorte de spasme temporel où le monde a été quelque chose mais aurait dû en être une autre. En d'autres termes, les juges ont une passion modérée pour *Retour vers le futur* et ils n'aiment pas plonger l'humanité dans la fiction rétroactive.
- Plus récemment, le droit n'a pas échappé à la dématérialisation générale qui va de la création de contrats électroniques (la preuve en est admise en France depuis l'an 2000 et dans toute l'Union européenne depuis 2016) à la signification des actes de procédure par voie électronique (création du RPVA en 2005) de sorte que se déplacer au palais de Justice devient l'exception plus que la règle.

Ces évolutions et autres tempéraments ne peuvent cependant anéantir la rigidité de la règle de droit et de la procédure judiciaire. Carcans certes, elles sont tout autant garanties vitales protégeant les droits fondamentaux.

Le formalisme juridique et judiciaire est une garantie essentielle des droits fondamentaux

S'il est impossible de renoncer au formalisme en droit, c'est parce qu'il est toujours au service du plus faible face au plus fort.

Respecter les formes du procès ou du contrat, mettre les formes, c'est éviter que les jugements soient rendus sans autre forme de procès et favorisent naturellement le plus fort, qu'il soit public ou privé.

Le fort privé, c'est le cocontractant à la force démesurée face au faible ou au simple citoyen lambda

Ce principe de protection inspire le formalisme de la caution, exposé plus haut : le plus souvent, c'est au profit d'établissements financiers que la caution s'engage et il



faut qu'elle sache rigoureusement ce à quoi elle s'engage en signant ce qui n'a l'air que d'un bout de papier.

Le même principe inspire le droit du travail, qui entoure la conclusion des contrats à durée déterminée d'un formalisme strict (le mot CDD doit y figurer, le motif précis également, ainsi que sa durée), et là pas d'échappatoire : à défaut qu'une seule de ces règles soit respectée, le contrat bascule irrévocablement en relation à durée indéterminée, plus protectrice des salariés.

Le droit de la consommation, qui protège les consommateurs contre les joies trop faciles de la fête servile qu'évoque Baudelaire dans *Recueillement*, et le droit des libéralités ou du mariage contiennent aussi des formes strictes, auxquelles on ne peut déroger car le faible doit être protégé et le citoyen lambda averti quand il s'engage dans des actes graves.

Le fort public, c'est-à-dire l'État, doit être enfermé dans des règles strictes, dont le siège est aussi bien le droit administratif que le droit pénal

Titulaire du monopole de la violence légitime, l'État serait un Léviathan s'il n'était arrêté dans sa volonté par des règles strictes.

Le juge administratif est déjà attentif aux vices de forme, qui peuvent anéantir les actes de l'administration sous l'effet de recours en excès de pouvoir.

Mais c'est le droit pénal qui incarne le plus la force de l'État : défendre un suspect c'est bien souvent heurter les préjugés, élever une voix timide et d'abord peu audible face à la puissance d'un appareil répressif que seule la procédure peut arrêter.

Oui, la procédure protège les suspects qui ne seront pas tous des coupables car elle enferme la recherche de la vérité judiciaire – les preuves documentaires et la parole des témoins, experts ou suspects, dans des formes et des processus stricts qui seuls évitent le fiasco judiciaire.

Jamais Dreyfus n'aurait été condamné par le Conseil de guerre si n'avaient pas été communiquées aux juges, pendant le délibéré et dans le dos de la défense, des pièces supposées l'accuser. Eussent-elles été débattues contradictoirement, comme la règle de droit l'imposait déjà, que leur fragilité eût éclaté.

Plus près de nous, le juge Lambert qui a enquêté sur la mort du petit Grégory Villemin le 16 octobre 1984, aurait-il respecté les formes que les preuves contre Bernard Laroche n'auraient pas été annulées et qu'il n'aurait pas eu à le remettre en liberté avec les suites tragiques que l'on connaît, alors qu'il existait contre lui des charges très sérieuses d'avoir au moins enlevé l'enfant et peut-être de l'avoir ensuite tué.

La forme c'est du fond amené à la surface (Victor Hugo)

La nécessité de ce processus formel est souvent mal comprise en France, terre de finance et de police plus que de justice. Nous nous targuons de notre Déclaration des



droits de 1789 en oubliant que la *Magna Carta* (la Grande Charte) imprègne le droit anglais depuis 1215. Comme le disait le grand juriste allemand Ihering, « *ennemie jurée de l'arbitraire, la forme est la sœur jumelle de la liberté* ».

Mon expérience pénale m'a montré que l'innocence et la culpabilité n'étaient qu'une apparence, reflet de simples préjugés, tant que leur démonstration ne résultait pas d'un processus judiciaire rigoureux. Combien de fois ai-je cru d'abord coupable celui dont l'innocence m'a ensuite frappé après avoir obtenu que son affaire soit instruite contradictoirement ? L'inverse est aussi vrai et je n'aurais jamais cru Omar Raddad coupable si je n'avais étudié les pièces de son dossier dans le cadre d'un procès.

La vérité judiciaire émerge fondamentalement d'un *processus* de recherche des preuves, contradictoire et organisé, jamais infaillible, mais qui permet à tous les points de vue de s'exprimer et oblige les juges à se poser des questions. Comme l'a dit un grand magistrat, Jean-Louis Nadal, « la forme donne corps aux principes fondamentaux du procès à savoir la possibilité de faire valoir son droit et de s'opposer à celui qui le nie ».

Pour cette raison, la forme en droit c'est aussi du fond, c'est « *le fond amené à la surface* » selon le mot très profond de Victor Hugo. Reflet du fond de nos valeurs, elle leur donne chair.

Et c'est pour cela que la justice ne doit pas seulement être rendue ; elle doit aussi donner à se voir. Sa solennité n'est pas seulement là pour impressionner le justiciable ; elle est aussi là pour représenter l'œuvre de justice, afin que chacun voit qu'elle a été rendue « dans les formes ». Bien sûr, on pourrait discuter de certains détails de ce formalisme, mais le formalisme judiciaire est là pour donner corps à l'adage, repéré par les juges anglais au début du XX^e siècle et consacré par la Cour européenne des droits de l'homme dès 1970 (arrêt Delcourt/Belgique) : « *justice must not only be done ; it must also be seen to be done* ».

Une forme flexible appliquée par des juges humanistes

Si, pour les raisons qui viennent d'être évoquées, on ne doit pas transiger avec l'importance du formalisme juridique, deux sortes de tempéraments doivent y être apportées.

Une forme ouverte donc flexible

La règle de droit est d'autant plus souple qu'elle laisse la place à des contenus potentiels différents. C'est ainsi qu'en rendant l'homme responsable de « tout fait quelconque *qui cause préjudice à autrui* », l'ancien article 1382 du Code civil a permis la réparation des dommages résultant des actes volontaires puis des actes involontaires.



On peut craindre que les textes de loi récents, de plus en plus techniques, ne donnent pas la même souplesse d'interprétation.

La forme ne doit pas être humaine ; le juge oui

Mais le plus important, ce sont les qualités des juges qui disent le droit. La figure du juge ne saurait être confondue avec celle du juriste. Si le juge doit maîtriser – et respecter – le droit, il doit l'adapter à chaque situation concrète.

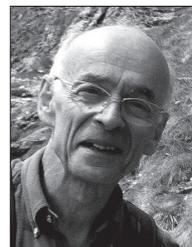
Pour cela, il faut d'immenses qualités, qui ne sont pas que techniques : l'expérience de vie (qui leur manque si souvent), l'humanité, la psychologie qui donne la bonne distance. Le juge doit être un corps rond dans un ensemble de règles carrées. Il doit savoir discerner le vrai derrière les apparences et mesurer quelle est la bonne solution, juste et efficace, pour chaque situation. Qu'on le veuille ou non, le droit est une science sociale dont le formalisme cherche à policer la vie en société. Sans juge humaniste pour l'adapter à chaque cas, il serait comme un automate sans cœur et sans cerveau.

En France, on passe son temps à vouloir changer les lois ; l'expérience judiciaire montre qu'il est plus important de disposer de bons juges que de bons textes. Le bon équilibre c'est celui de règles assez rigides, protectrices des droits fondamentaux des citoyens, interprétées par des juges souples.

FORME ET DIPLOMATIE

Stéphane Gompertz (1967 I)

Ancien élève de l'ENS et de l'ENA, agrégé de lettres classiques, licencié d'allemand, ancien directeur d'Afrique et de l'Océan indien au ministère des Affaires étrangères, ancien ambassadeur en Éthiopie et en Autriche.



Le formalisme régit la vie des diplomates. L'ambassadeur nouvellement arrivé en poste ne saurait en principe avoir de contacts au niveau « politique » (gouvernemental) sans avoir présenté au chef de l'État ses lettres de créance. Cette formalité nécessaire peut, selon les pays, se faire attendre plus ou moins longtemps. Elle peut se prêter à tout un cérémonial : à Londres, le Protocole royal vient chercher Son Excellence et sa suite dans de beaux carrosses qui les emmèneront jusqu'à Buckingham en bloquant la circulation automobile (une jouissance quand on est dans le carrosse). L'ambassadeur puis ses collaborateurs doivent effectuer une suite compliquée de pas et de révérences. L'ambassadeur aura de nouveau l'occasion de présenter ses collaborateurs – tous en robe longue et en habit – à la Reine lors du



bal diplomatique. On ne baise pas la main de la Reine et on ne lui adresse jamais la parole en premier. Ailleurs, le protocole peut être moins formel mais comprend toujours les deux hymnes nationaux et le passage des troupes en revue. Quand l'ambassadeur, sa mission terminée, va prendre congé du chef de l'État, les choses sont plus simples.

Le formalisme ne caractérise pas seulement le rituel diplomatique (qui s'applique quand même surtout à des événements exceptionnels) mais aussi le langage. Le langage est largement codé. La correspondance officielle entre une ambassade et les autorités du pays hôte passe encore par la « note verbale » (qui, comme son nom l'indique, est écrite) : l'émetteur de la note commence invariablement par présenter ses compliments au récipiendaire puis, après l'avoir au besoin menacé des pires sévices au cas où il ne viendrait pas à résipiscence, saisit l'occasion pour lui renouveler les assurances de sa plus haute considération. Au-delà de cette forme traditionnelle, le discours diplomatique fait volontiers appel aux *topoi* de la bonne conscience internationale : paix, souveraineté, consensus, respect de la légitimité ou du droit international, prise en compte de nos intérêts communs, volonté des peuples (opposée parfois à la souveraineté), coopération (internationale, régionale), les relations excellentes qui ont toujours uni nos deux pays, appel à la modération et au dialogue, esprit de consensus, volonté d'être constructif, l'histoire jugera... Le langage diplomatique aime aussi cultiver l'*understatement* : si la discussion a été tendue et improductive, elle a été « franche et ouverte » ; si nos positions sont diamétralement opposées, elles ne coïncident pas exactement ; si le candidat d'un pays à tel poste international est nul, il ne réunit pas toutes les qualifications exigées par la fonction ; si un rapport est destiné à la poubelle, on en prend note, au besoin « avec appréciation » ; si on veut enterrer une initiative, on propose de constituer (comme au Parlement) un groupe de travail. Le langage codé est particulièrement en faveur dans la diplomatie multilatérale : on pourra condamner une violation mais sans en mentionner spécifiquement les auteurs ; on pourra, à défaut de condamner, déplorer ou regretter ; on pourra menacer, mais sans faire appel au chapitre VII de la Charte des Nations unies (action en cas de menace contre la paix ou d'agression). Attention : ce codage ne signifie pas que les résolutions ou les déclarations des organisations internationales soient du simple verbiage. Elles peuvent déboucher sur des actions concrètes, par exemple l'appui à une médiation ou le lancement d'une opération de maintien de la paix. Parfois, le langage même a en tant que tel une vertu propitiatoire : de 1996 à 2000, le groupe de surveillance au Sud Liban, présidé alternativement par la France et par les États-Unis et comprenant également Israël, le Liban et la Syrie, s'est réuni périodiquement pour examiner les plaintes relatives aux violations de l'accord de cessez-le-feu. Il émettait de simples communiqués qui établissaient les responsabilités : adoptés par consensus dans un langage lui



aussi codé (« regrette », « déplore », « condamne », etc.), ils donnaient plus ou moins satisfaction à la partie lésée et évitaient qu'elle ne se livre à des représailles, sauvant ainsi potentiellement des centaines de vies.

L'arbre de la forme, du rituel ou du code ne doit pas effacer la forêt de l'action et de l'existence réelle. D'abord, la vie diplomatique s'est quand même simplifiée. La plupart des rencontres et des repas sont informels – même s'il faut toujours rester attentif au sacro-saint plan de table : mais c'est moins pour obéir à des règles strictes que pour favoriser les contacts personnels ou pour éviter des cohabitations fâcheuses. Le diplomate se veut de plus en plus « de terrain ». Il accepte de vivre à l'occasion dans des conditions difficiles ou même dangereuses. Il établit de vrais liens d'amitié – nonobstant une nécessaire prudence, surtout dans les pays dits sensibles – et pas seulement parmi les élites. Un de mes amis, ambassadeur, a créé dans son pays de résidence une chorale dans un foyer de demandeurs d'asile. Le formalisme éclate aussi avec les moyens modernes de communication, qu'elle soit interne (la correspondance avec Paris doit être directe, aussi brève que possible, opérationnelle) ou externe : il est difficile de cultiver la forme dans un tweet. Ce qui reste vrai, en revanche, c'est le souci de ménager les sensibilités du pays hôte ou des partenaires, notamment en matière d'usages ou de langage. Chaque pays, chaque communauté a ses codes et il est bon de les connaître, si ce n'est de toujours les respecter : on peut les enfreindre, par exemple parce qu'on les estime attentatoires à des valeurs essentielles, mais au moins faut-il que ce soit en connaissance de cause. Même s'il s'agit *in fine* d'aboutir à une compréhension commune et précisément pour cette raison, il importe d'éviter les malentendus : la pratique diplomatique passe par une bonne appréhension de l'interculturalité.

VIE DE L'ÉCOLE



COMMÉMORATION DU 11 NOVEMBRE

Exceptionnellement, la commémoration du 11 novembre a eu lieu cette année le 10 novembre 2017 à 17 heures devant le monument aux morts de l'École. Mireille Gérard a lu le témoignage émouvant et précis d'un ancêtre mécanicien sur l'un des bâtiments de la flotte française des Dardanelles. On perçoit dans ce journal la violence des combats, les morts provoquées par les mines mouillées dans le détroit, et aussi l'indignation du soldat revenu à Marseille devant l'insouciance de ses compatriotes éloignés du front. Un ancien élève, Victor Demiaux, docteur en histoire, a évoqué l'évolution et les variantes de la présentation du soldat inconnu en Angleterre, en France, en Italie et en Roumanie. Il a montré comment au cénotaphe de White Chapel avait succédé une tombe à Westminster : la symbolique évolue...

Frédéric Worms a, au nom de la direction de l'École, annoncé un colloque qui, pour le centenaire de la fin de la Grande Guerre, réunira des spécialistes à la Cité internationale, sur le nouveau site du boulevard Jourdan.



VIE DES CLUBS

Les « rendez-vous Carrières »
Le prix Start-Ulm



« RENDEZ-VOUS CARRIÈRES » DU 11 OCTOBRE 2017

« Tous les talents ont leur place dans l'entreprise »

En dépit des difficultés de communication et d'information des élèves, qui traduisent une certaine indifférence de quelques « cadres » de l'École à nos initiatives, neuf intervenants issus de l'entreprise ont répondu longuement aux questions d'une vingtaine d'élèves et archicubes passionnés par cette ouverture vers des univers éloignés de la vocation habituelle de l'École, et qui concernent, de façon surprenante, autant les scientifiques que les littéraires. Étaient présents les personnes qui suivent.

Philippe Roy (1976 s), Cap Digital, délégué adjoint en charge des projets

Ancien élève de l'ENS et docteur ès sciences, Philippe Roy a commencé sa carrière comme chercheur à l'Onera. Il a ensuite rejoint le groupe Bull où il a occupé des fonctions de responsable de développement, de chef de produit puis de responsable des partenariats et CTO (dans le groupe et ses filiales). Il a participé à plusieurs start-up en tant que directeur des partenariats avant de rejoindre le pôle de compétitivité Cap Digital en 2006 en tant que délégué adjoint. À ce poste, il a mis en place l'usine à projet du pôle pour les mille membres du cluster.

Olivier Sorba (1979 s)

Il est devenu en 2016 directeur scientifique du réseau innovation du groupe Lagardère, dont il avait été directeur des risques et du contrôle interne après l'avoir rejoint en 1995 comme CEO de Lagardère North America. Il a auparavant exercé comme actuaire et ingénieur financier au sein du groupe Caisse des Dépôts puis à la direction des marchés de capitaux de la Caisse nationale de crédit agricole (aujourd'hui Calyon). Ancien élève de l'ENS Ulm et membre agrégé de l'Institut des actuaires, il a soutenu en 2016 une thèse de statistique mathématique à la Fondation mathématique Jacques-Hadamard de l'Université Paris-Saclay.

Florence Lautredou (1981 L), psychanalyste, coach et conférencière

Originnaire du Finistère, elle possède une expérience biculturelle : celle, normative, de son lieu de rattachement (Paris, ENS Ulm, agrégation de Lettres modernes), l'autre, non rationnelle et nomade, de ses racines celtes. Très tôt slasheuse, elle a travaillé



comme experte nationale détachée par le gouvernement français à la Commission européenne, avec une spécialisation sur la Russie. Elle a ensuite rejoint le conseil en management chez deux leaders anglo-saxons du secteur. En juin 2003, elle a créé sa propre société, FHL Consultants, spécialisée dans le coaching, le *team building* et les conférences. Elle intervient régulièrement dans les médias français (radio, presse, télévision), a créé et animé pendant sept ans l'émission « Le conseil du coach » pour *Les Échos* (2008-2015). Elle a en parallèle publié plusieurs romans (chez Robert Laffont) ainsi que des essais sur le management au féminin, sur l'énergie (*En quête des libérateurs d'énergie*, Vuibert, 2007), sur l'inspiration (*Cet élan qui change nos vies, l'inspiration*, Odile Jacob, 2014) et l'amour (*L'Amour le vrai*, Odile Jacob, 2016).

Jean-François Zagury (1982 s)

Il a suivi un double cursus en informatique (DEA d'intelligence artificielle) et en biologie (DEA d'immunologie) en tant qu'élève à l'ENS Ulm (section Maths) depuis 1982. Il a ensuite obtenu un doctorat en immunovirologie sur le sida et, en parallèle, terminé ses études médicales (1992).

En 1992, il a cofondé la start-up Néovacs dont il a été le premier CEO (1992-1998) puis codirecteur scientifique (2002-2003). Depuis 2004, il est le professeur titulaire de la chaire de bio-informatique du Conservatoire national des arts et métiers. En 2009, il a fondé la start-up Peptinov qui développe des molécules anticytokines pour lutter contre les maladies inflammatoires humaines. Il dirige aussi le laboratoire Génomique, bio-informatique et applications (évalué A+A+A+A+A+A+ par l'Aeres) du Cnam comprenant une douzaine de chercheurs. Ses travaux de bio-informatique portent sur la génomique (développement de logiciels et recherche de cibles) et le *drug design* pour lutter contre les maladies humaines (*drug discovery*). Il est auteur de 138 publications scientifiques internationales, 19 brevets, et 4 copyrights.

Anne-Hélène Nicolas (1990 l), agrégée de philosophie, Insead MBA, fondatrice/dirigeante d'Innovatys Consulting

Après un démarrage dans l'édition (Flammarion, Hachette), elle a occupé diverses fonctions en ressources humaines, communication et stratégie dans de grands groupes (LVMH, L'Oréal). Elle a ensuite décidé de compléter sa formation par un MBA à l'Insead, puis a rejoint le conseil en stratégie chez Capgemini Consulting. Après cinq ans où elle a accompagné de grands clients dans leurs projets de transformation, elle a créé son agence de conseil en stratégie et innovation. Innovatys Consulting accompagne aujourd'hui les PME et les grands groupes sur des sujets aussi divers que l'Open Innovation, l'entrepreneuriat, le *design thinking*, la transformation digitale de leur offre et, plus généralement, tous les sujets porteurs de croissance par l'innovation.



David Brunat (1992 l)

Il a créé en 2009 la société OR & H Conseil après un parcours éclectique dans la sphère publique et le secteur privé. Il s'est investi très tôt dans l'action publique, tant en collectivités territoriales qu'au niveau national en qualité de membre de plusieurs cabinets ministériels. Il a été, entre 2005 et 2009, cadre dirigeant d'une organisation professionnelle à vocation financière et comptable. OR & H Conseil est spécialisée dans le conseil en communication de contenu, les relations institutionnelles, les stratégies d'influence et l'accompagnement des dirigeants par l'écrit. Il est par ailleurs *senior advisor* chez PwC. Essayiste, il a publié plusieurs ouvrages dont *Titanic, mythe moderne et parabole pour notre temps* (Belles Lettres, 2013), *Steve Jobs, figure mythique* (Belles Lettres, 2014).

Victor Martin, (1995 e/s), magistère des sciences de la Terre (ENS), DEA en géodynamique et physique de la Terre (ENS), doctorat en Sciences de la Terre en 2003 (ENS/Mines ParisTech)

Il est entré chez Total en 2003 comme ingénieur géophysicien au centre technique et scientifique de l'exploration-production à Pau. Il a occupé plusieurs postes dans des équipes d'exploration pétrolière en France (2003-2007), en Angola (2007-2010) et en détachement dans une petite compagnie américaine aux États-Unis (2010-2012). En 2012, il est rentré en France pour diriger le service d'imagerie sismique (technique développée pendant sa thèse), en supervisant à la fois les études opérationnelles et la R&D « appliquée », en lien avec les équipes de calcul haute performance (Total dispose de l'un des supercalculateurs les plus puissants au monde, destiné à l'imagerie sismique). Depuis 2015, il est passé de la technique au business et dirige le département d'évaluations économiques des nouveaux projets de la branche exploration-production, en lien avec les équipes de négociation chargées d'acquérir du nouveau domaine minier.

Fabrice Noilhan (1995 c/s), entré à l'École en 1995 au concours c/s (mathématiques), maîtrise de mathématiques pures, maîtrise d'informatique, DEA d'algorithmique, magistère de mathématiques fondamentales et appliquées et d'informatique, deux années de thèse en complexité algorithmique

Il a intégré en 1999 le corps des Mines, puis a suivi deux ans de stage d'abord chez Hologram Industries, entreprise fournissant des hologrammes de sécurité (cartes bancaires, billets...), puis au Crédit Lyonnais, à Francfort, dans l'ingénierie financière et le financement de projets. Son mémoire en troisième année a porté sur l'électricité. En 2002, il est chef de la division développement industriel et technologique à la direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement Poitou-Charentes. Puis, en 2005, il devient chef du bureau sécurité d'approvisionnement à



la direction générale de l'énergie et du climat. Il rejoint EDF en 2009 en tant que responsable stratégie, régulation et économie de la direction gaz. Il devient directeur études et développement pour le gaz et l'Europe du Sud en 2011 puis directeur gaz groupe à partir de 2015.

Antoine Blanc, maître de conférences (université Paris-Dauphine), responsable de la formation « Humanités et Management » de PSL

Fruit de la collaboration de l'ENS et de l'université Paris-Dauphine, le nouveau cursus « Humanités et Management » de PSL est une formation à Bac+6 de haut niveau. Destinée aux étudiants en sciences humaines et sociales désireux de rejoindre le monde de l'entreprise, cette formation post-master en un an a pour but de faire émerger une nouvelle génération de managers à haut potentiel. Des managers plus réactifs, créatifs et sensibles aux enjeux sociétaux complexes. Fondée sur une pédagogie innovante, mêlant instrumentalité et réflexivité, elle offre aux étudiants l'opportunité d'accéder à un vaste réseau d'entreprises partenaires, à la recherche d'esprits brillants et capables de répondre différemment aux problématiques managériales.

LE PRIX START-ULM

Le jeudi 23 novembre 2017 a eu lieu la troisième édition du prix des Start-up normaliennes, qui se nomme désormais Start-Ulm. Ce prix, organisé par le Club des normaliens dans l'entreprise (CNE), était, lors de ses deux premières éditions, accessible aux élèves et anciens élèves des quatre écoles normales supérieures. Cette année, il s'est ouvert à tous les membres de la communauté PSL.

Le CNE avait reçu vingt-cinq candidatures, dont sept ont été retenues comme finalistes, pour présenter leurs projets : Hyperlex, La Piece, Fealing, Cogx, Datawriters, Ayni et Fasteesh. Trois projets ont été primés. Le jury, présidé par Frédéric Mazzella, a distingué la société Fasteesh, créée par Benjamin Cohen, de l'ENS-Lyon. Fasteesh a inventé et testé avec succès une solution d'hygiène dentaire à destination, en premier lieu, des résidents et résidentes d'EHPAD (établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes) : un moyen de prévenir toutes les pathologies et souffrances liées à la difficulté de maintenir une bonne santé dentaire dans cet environnement. Le projet est déjà solidement implanté dans une cinquantaine d'EHPAD et commence à travailler sur une solution pour les enfants : comme l'indique Benjamin Cohen, les enfants et les personnes âgées ont des problématiques communes – en partie dépendantes, elles négligent ce qui reste une action de santé préventive fondamentale. Le prix du public, remis par les quatre-vingts membres



participants à la soirée, a distingué Hyperlex, startup fondée par Alexandre Grux, de l'ENS-Cachan (devenue ENS Paris-Saclay) qui commercialise un automate qui scanne et analyse les contrats d'une entreprise ou d'une institution afin de mettre en forme ces données et éviter, entre autres, pénalités de retard et procès. Mêlant intelligence artificielle, *deep learning* et analyse des besoins réels, Hyperlex, qui n'a que quelques mois, a déjà conquis plusieurs métiers... comme celui des notaires. Enfin, le Collège des ingénieurs a remis son prix à Fealing, projet de Guillaume Cathelain de l'ENS-Rennes, qui propose un dispositif utilisant nos objets connectés pour récolter des données, notamment cardiaques, sur notre sommeil, les analyser et les transmettre, comme outil de prévention, à nos médecins. Le projet commence seulement, mais il est soutenu par l'EPHE et PSL, dans le cadre de son programme Pépite.



La soirée, qui s'est ouverte par un discours de Marc Mézard, directeur de l'École, qui patronne personnellement le prix, a été organisée grâce au soutien d'IdInvest Partners et Elaia Partners, deux fonds d'investissement. Le public a salué ce qui fait désormais la marque de fabrique de ce rendez-vous : le professionnalisme des candidats et l'enthousiasme des participants chargés de sélectionner les projets à récompenser. Si la forme a séduit, le fond n'est pas en reste et plusieurs traits se dégagent de tous les projets qui, année après année, sont remarqués : faisant la part belle à la recherche et à la pédagogie, ils sont particulièrement attentifs aux besoins de fonds de la société et s'inscrivent dans le long terme. Ainsi, les trois lauréats de



cette troisième édition, même s'ils sont dans des secteurs d'activité fort différents, ont chacun une approche préventive du risque et contribueront peut-être à leur échelle, à transformer le monde, pour passer d'une société qui ne change que par et dans des catastrophes, à une société qui prévienne les dangers. Ce pli original donne au CNE de grands espoirs pour la quatrième édition de ce prix qui, en 2018, pourrait mettre encore davantage l'accent sur les bienfaits possibles qu'apportent ces projets sensibles à la responsabilité sociale et écologique des entreprises.

David Meulemans (1998 l)

LES NORMALIENS PUBLIENT

François Bouvier
Wladimir Mercouroff
Olivier Szerwiniack
Lucie Marignac



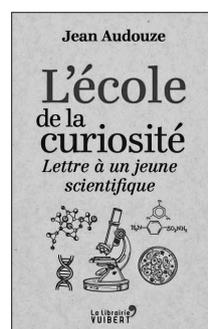
L'ÉCOLE DE LA CURIOSITÉ. LETTRE À UN JEUNE SCIENTIFIQUE

Recension de l'ouvrage de Jean Audouze, Paris, Librairie Vuibert, 2017, 144 pages.

« Je voudrais rappeler aux chercheurs eux-mêmes trois mots qui à mes yeux sont essentiels et qui ne devraient jamais les abandonner : liberté – la liberté d'esprit, de conception et de poursuite de leurs travaux –, curiosité – étroitement liée à la dimension ludique et expérimentale de la recherche –, responsabilité – l'impératif du comportement éthique pour répondre aux attentes des hommes vis-à-vis de la science et de ses applications. »

C'est par cette phrase que notre camarade Jean Audouze (1961 s) termine son dernier ouvrage, le vingtième écrit à destination du grand public. Et comme avant lui Rainer Maria Rilke s'adressant à un jeune poète, ou Edward Osborne Wilson dans sa lettre à un jeune scientifique, il rassemble dans 144 pages au format de poche tout l'enseignement qu'il destine à la jeunesse, fruit de sa longue expérience de chercheur et de responsable d'Institut, mais aussi de conseiller scientifique du président Mitterrand ou de « vulgarisateur » à la tête du Palais de la découverte ou à travers de nombreuses conférences ainsi que par le truchement des ouvrages évoqués plus haut. C'est donc une existence riche et variée qui lui donne un regard particulièrement important et autorisé sur ce qu'est la vie scientifique et ses enseignements. Pour écrire ce livre, insiste-t-il, « J'ai été inspiré par la chance qui me fut donnée de pratiquer différentes facettes du métier de scientifique : la recherche fondamentale, l'administration de la recherche, l'enseignement de la science, la diffusion de la culture scientifique [...] jusqu'à participer, un temps, aux aspects politiques et diplomatiques liés à la science. » Un regard d'une hauteur rare et qui autorise l'auteur à s'adresser à de jeunes condisciples avec l'autorité discrète du sage soucieux de « passer » son expérience et ses réflexions globales avec la passion et l'enthousiasme d'un âge actif.

Le livre de Jean Audouze pose donc en préalable la question nécessaire sur la définition de la science. Sa réponse, brève, éloignée des certitudes de Renan, insiste sur la méthodologie qui permet la trilogie : expliquer, unifier, généraliser. Il peut alors





balayer, dans un long développement passionnant par son approche synthétique, en immersion totale, l'état des sciences à ce jour. Et nous voici entraînés dans un ballet de savoirs, qui nous conduit de l'infiniment petit des particules élémentaires, à la relativité, à l'informatique moderne, avec ses avancées en cryptologie ou intelligence artificielle. Puis la promenade pénètre les nanotechnologies, traverse la chimie française, avant de s'engager dans le vaste espace des sciences de la Terre et de l'Univers. Elle nous fait enfin goûter aux mystères de la vie, de l'ADN aux neurosciences.

Cette assise édifiante va étayer la suite de la « lettre ». L'auteur s'adresse d'abord aux jeunes pour les convaincre de partager l'aventure à laquelle il les a conviés, où il s'agit d'accéder à un mode de pensée sur le monde et non à une somme de savoirs. Ce qui suppose de transformer la pédagogie traditionnelle en l'acquisition d'une culture scientifique approfondie. C'est alors que la recherche scientifique apparaîtra avec toute son attractivité intellectuelle, et que les voies pour y parvenir reposeront sur un ensemble de qualités en général peu mises en avant : curiosité, opiniâtreté, ténacité, imagination, originalité, autonomie, voire aptitude à la « sérendipité ». L'auteur convie alors les responsables de l'Éducation nationale à enseigner de façon attrayante, détachée de programmes décidés et appliqués à la hâte, l'histoire et les concepts fondamentaux, ainsi que leurs évolutions. Et il insiste sur l'importance de ces ressources magnifiques du temps périscolaire que sont les lieux de débat et de pratique scientifique, musées scientifiques, centres de culture scientifique et technique, associations de culture populaire...

Il peut alors rentrer dans une discussion plus détaillée et pratique sur le choix d'un sujet de recherche et la conduite du travail jusqu'à un doctorat. Ses conseils peuvent être décapants et politiquement incorrects, mais ils sont assumés et argumentés de façon convaincante. Ce qui le conduit à discuter ensuite de la responsabilité sociale du chercheur confirmé, qu'il s'agisse de son ouverture indispensable vers les milieux économiques ou politiques, pour lesquels son expertise et ses connaissances sont des éclairages pour le futur, mais également vers le milieu de la recherche lui-même, pour y consolider une éthique sans faille, ou enfin vers la société au sens large, pour y diffuser l'esprit de progrès et d'objectivité.

Jean Audouze termine son passionnant essai par un vibrant hommage à la recherche scientifique et à ses acteurs, pour lesquels il se lance dans un ardent plaidoyer pour que leurs places dans la société soient reconnues par tous, enseignants, entrepreneurs ou politiques, comme prioritaires et donc notamment protégées au plan budgétaire. Car, écrit-il, il faut « faire de l'éducation et de la recherche scientifique deux priorités nationales [...] et modifier durablement et en profondeur les façons de considérer la science et ceux qui en font leur profession ».

François Bouvier (1961 s)



L'EXTRAORDINAIRE PIERRE-GILLES DE GENNES, PRIX NOBEL DE PHYSIQUE

Recension de l'ouvrage publié par Françoise Brochard-Wyart, David Quéré et Madeleine Veyssié, Paris, Odile Jacob, 2017, 224 pages.

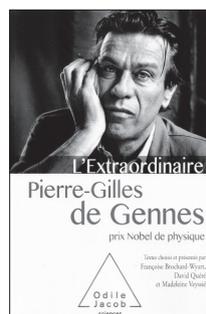
Ce recueil de textes de Pierre-Gilles de Gennes est une promenade scientifique, une trajectoire plutôt qu'un vagabondage de cet archicube original (1953 s). Ces textes ont été pieusement recueillis par trois de ses élèves préférés.

La lecture de ces documents éveille, chez un témoin de la vie scientifique en France de la fin du XX^e et du début du XXI^e siècle, les souvenirs d'une « physique légère » résistant à la « *big science* » des accélérateurs de particules et des télescopes spatiaux ; elle n'était pas encore aux prises avec les *big data* de l'informatique triomphante.

On retrouve à travers ces écrits l'immense curiosité de Pierre-Gilles de Gennes dans toutes sortes de domaines de la science : la physique des solides, de la matière molle, des polymères, la biologie, les neurosciences, les phénomènes coopératifs, les objets fragiles tels les bulles et les mousses, etc. Il explique ainsi les analogies entre l'effet laser en physique et les caprices de la mode.

Il aborde toutes ces questions avec une intuition élégante et un art de l'explication « avec les mains » ou parfois un petit croquis. Il a voulu mettre ce talent au service de l'enseignement et a donné ainsi plus de deux cents conférences dans des lycées et collèges. Mais cet enseignement de certitudes scientifiques n'excluait pas les doutes sur le progrès, sur l'apparition des croyances dans nos sociétés et sur l'évolution de la science et ses relations avec l'industrie dont il a été conseiller et où il avait trouvé l'inspiration de nombreux problèmes scientifiques.

Le livre est illustré de quelques images, croquis de dispositifs expérimentaux ou « dessins d'après la bosse » de motifs « à l'antique », qui rappellent les cartes de vœux que Pierre-Gilles envoyait pour les fêtes de fin d'année. Sa lecture procurera aux scientifiques le même plaisir qu'ils ont éprouvé à la lecture des livres de Richard Feynman, autre prix Nobel auquel de Gennes a été comparé. Mais nos camarades littéraires y trouveront également un grand humaniste dont les dons pédagogiques lui permettent d'être compris d'un large public.



W. Mercouroff (1954 s)



LE JARDINIER DES MORTS

Recension de l'ouvrage d'Alain Lercher, Lagrasse, Verdier, 2015, 144 pages.

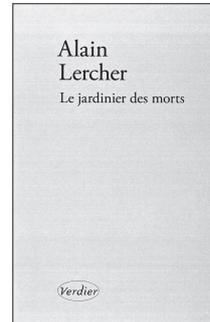
Le titre du dixième livre d'Alain Lercher (1970 l) est aussi celui de la première des douze nouvelles qui le composent, mais il reflète bien le contenu de près de la moitié du recueil, car cinq nouvelles ont pour sujet la mort d'un proche parent (mère, fille, frère) ou le suicide d'un voisin ou d'un collègue et les répercussions psychologiques de ces décès chez certains des survivants. La place de ces cinq nouvelles au début, au milieu et à la fin du recueil leur confère une résonance particulière.

Dans la première nouvelle, « Le jardinier des morts », le narrateur compare l'effet du décès de sa mère sur sa grand-mère, complètement anéantie, avec celui sur son père, qui semble moins affecté. Les extraits suivants permettront d'apprécier la finesse d'observation et la qualité du style d'Alain Lercher : « Le premier jour de la mort de ma mère, quand j'ai vu ma grand-mère, dans la cuisine, au petit matin, j'ai eu spontanément cette image, qui ne m'a jamais plus quitté, de la bombe atomique. Hiroshima, la catastrophe, le ravage, le désastre intérieur. [...] elle était morte, morte en vie. [...] Elle était morte avec la morte, elle n'avait pas besoin de l'enterrer ni de la visiter au cimetière. [...] Mon père était plus sentimental. Il faisait comme si quelque part (mais où ?) on pouvait encore apporter quelque chose à la morte, la présence d'une visite, un bouquet d'œillets rouges [...]. Quelle était sa peine, je l'ignore. [...] il n'était pas carbonisé comme ma grand-mère [...]. » (p. 8-10).

Dans la deuxième nouvelle intitulée « Fantômes », le narrateur explique qu'il croit aux fantômes et, contrairement à sa femme qui en a peur, à leur bienveillance, car les fantômes de sa mère et de son ami Paul lui sont apparus à trois reprises et ces visites l'ont rendu heureux.

Au centre du recueil, la sixième nouvelle, « La grossesse », affirme raconter « une histoire vraie », celle du suicide d'un homme qui s'était fait passer pour une femme et avait simulé une grossesse.

À la fin du recueil, dans la dixième nouvelle intitulée « Histoire de mon frère », le narrateur retrace la vie de son frère après son décès et décrit la réaction de sa mère (« C'était comme si, derrière ses yeux, tout s'était effondré », p. 107) et de son neveu principalement, ainsi que la platitude de l'homélie du curé lors des obsèques (« ce jus ecclésiastique qui ne voulait rien dire », p. 111) et le manque d'humanité des médecins à l'hôpital : « Ils lui ont fait une piqûre d'un calmant quelconque, mais ils ne voulaient pas le garder. Ça ne sert à rien, a dit un médecin assez crûment. » (p. 114)





La douzième et dernière nouvelle intitulée « Trois jours avec un lièvre » clôt le recueil en racontant la mort d'un lièvre accidentellement renversé par le narrateur. Celui-ci, après réflexion, décide de transformer cet accident malheureux en joie partagée avec sa famille et ses amis en préparant le lièvre en civet, comme le faisait son père autrefois.

Cette dernière nouvelle fait la synthèse entre les cinq nouvelles qui traitent de la mort et les troisième et quatrième nouvelles qui rapportent des souvenirs d'enfance et d'adolescence. Dans « Nymphes de quartier », le narrateur se souvient de ses premiers émois amoureux suscités par les voisines de l'immeuble, où il habitait dans son enfance. La quatrième nouvelle intitulée « Un roman d'apprentissage » raconte les premières expériences d'écriture romanesque du narrateur lorsqu'il était au lycée.

La cinquième nouvelle ne semble avoir aucun lien avec les autres. Le narrateur rapporte un fait divers que son ami argentin Alfredo, qui « prétendait avoir bien connu Borges », tenait d'un vieil écrivain nommé Roberto Niemand (« Personne » en allemand) : celui-ci et sa femme reçurent en cadeau une télévision quelques mois après la visite de deux faux employés du gaz qui voulaient les dépouiller et qui étaient repartis bredouilles en constatant que le couple ne possédait ni télévision ni chaîne stéréo.

Quant aux septième et neuvième nouvelles, elles ont en commun de raconter le divorce et la solitude des deux héros après l'échec de leur vie sentimentale, mais tandis que la septième intitulée « Violence » traite aussi de la violence inhérente à l'Afrique du Sud, où le héros s'est installé, de sa peur de la violence lors des bagarres de son enfance, de la violence du service militaire, de celle de la chasse et de celle de ses relations masochistes avec son épouse, la neuvième nouvelle intitulée « Repérage » est située en grande partie en Espagne (à Madrid), tout comme « Sud », la huitième nouvelle, nous entraîne dans un voyage initiatique depuis Avignon à travers l'Espagne (Barcelone, Ibiza, Valence, Málaga), *via* le Maroc (Tanger et Rabat).

Comme on le voit, même si les douze nouvelles sont indépendantes les unes des autres, on retrouve cependant des éléments communs dans certaines d'entre elles. De nombreuses nouvelles sont émaillées de notations pénétrantes, comme : « La mort est tragique non parce qu'elle fait souffrir mais parce qu'elle introduit dans le monde quelque chose d'irréversible. » (p. 11)

Les douze nouvelles sont toutes captivantes et se lisent d'une traite, mais la onzième intitulée « Je vais où ma mère m'attend » est plus particulièrement remarquable car, après la description détaillée des réactions du narrateur et de ses collègues suite au suicide du directeur juridique d'une banque, elle s'achève sur les célèbres vers de Nerval « Je suis le Ténébreux, le Veuf, l'Inconsolé... » qui donnent au narrateur la clef de la mélancolie incompréhensible du suicidé.

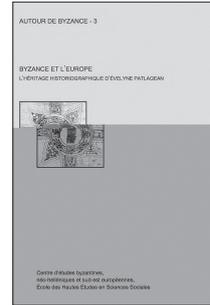
Olivier Szerwiniack (1989 l)



BYZANCE ET L'EUROPE. L'HÉRITAGE HISTORIOGRAPHIQUE D'ÉVELYNE PATLAGEAN

Recension des Actes du colloque international (Paris, 21-22 novembre 2011) édités par Claudine Delacroix-Besnier, Paris, EHESS, Centre d'études byzantines, néo-helléniques et sud-est européennes, collection « Autour de Byzance », n° 3, 2016, 224 pages.

Évelyne Patlagean (1951 L, † 2008) a enseigné l'histoire byzantine de 1975 à 1997 à l'université de Nanterre. Ses travaux, centrés sur la famille et les parentés selon les méthodes de l'École des Annales, se sont efforcés de décloisonner l'histoire de Byzance en la replaçant dans le temps long et en l'intégrant dans l'ensemble de l'espace européen. En outre, elle a régulièrement contribué aux recherches sur l'histoire des Juifs à Byzance et plus généralement en Europe.



Pour lui rendre hommage, certains de ses anciens élèves (notamment Claudine Delacroix-Besnier) et de ses collègues (André Vauchez entre autres) ont organisé à l'ENS et à l'université de Nanterre, les 21 et 22 novembre 2011, un symposium international intitulé « Une Byzantiniste face aux enjeux historiographiques de son temps », dont le programme peut être consulté à l'adresse suivante : http://www.histoire.ens.fr/IMG/pdf/colloque_Patlagean_21_nov-_2011.pdf

Dans ce « livre-hommage » (p. 7), Claudine Delacroix-Besnier a rassemblé les textes de la plupart des communications présentées lors du symposium de 2011.

Après une préface dans laquelle l'éditrice retrace la biographie intellectuelle d'Évelyne Patlagean (p. 7-16), puis la liste complète de ses publications (p. 17-24), l'ouvrage s'organise en trois sections.

La première partie intitulée « Une réflexion historiographique et épistémologique » regroupe les articles suivants :

- Sofia Boesch Gajano, « L'agiografia come terreno di sperimentazione storiografica », p. 27-39.
- Youval Rotman, « L'historien et la société : l'œuvre d'Évelyne Patlagean entre science sociale et science naturelle », p. 41-54.
- Dan Ioan Mureșan, « Marc Bloch revisité. Pour un large Moyen Âge », p. 55-71.
- Hélène Bernier-Farella, « Braudel à Byzance. L'incidence du paradigme de longue durée dans l'étude du rituel funéraire », p. 73-84.

La deuxième section intitulée « Byzance en Europe » rassemble les articles suivants :

- Stéphanie Vlavianos, « Épître sur la *miarophagie* : de Photios et du chien », p. 87-102, avec deux illustrations.



- Charis Messis, « Byzance et l'Occident : le cas du *Moyen Âge grec* d'Évelyne Patlagean », p. 103-118.
- Gábor Klaniczay, « La troisième Europe : l'Europe de centre-est dans l'œuvre d'Évelyne Patlagean », p. 119-129.

La dernière partie intitulée « Les Juifs dans l'Europe médiévale » regroupe les articles suivants :

- Giacomo Todeschini, « Les pauvres et les Juifs. Deux groupes complémentaires dans le discours théologico-juridique chrétien médiéval », p. 133-142.
- Misgav Har-Peled, « Configurations porcines : étologies et jeux identitaires entre Juifs, chrétiens et musulmans autour du cochon au Moyen-Âge », p. 143-168, avec huit illustrations.
- Roland Goetschel, « Une voix dans le désert : les rêves prémonitoires de Rabbi Hyle Wechsler (1843-1894) », p. 169-181.
- Nicole Abravanel, « Temps courts et temps long : quelle historicité pour le monde sépharade ? », p. 183-206.
- Enfin on pourra lire, p. 207-212, le texte de la communication intitulée « La chrétienté byzantine face à la loi orale. Quelques textes » qu'Évelyne Patlagean avait présentée lors du symposium *Formes bibliques et identité* organisé par la Faculté des Lettres de l'université hébraïque de Jérusalem du 23 au 25 avril 1990. Le texte a été édité par Claudine Delacroix-Besnier à partir du manuscrit conservé.

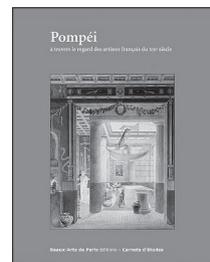
Le volume s'achève avec une brève postface (p. 213-214) dans laquelle André Vauchez (1958 l) évoque la figure exemplaire de sa collègue.

O. S.

POMPÉI À TRAVERS LE REGARD DES ARTISTES FRANÇAIS DU XIX^e SIÈCLE

Recension de l'ouvrage dirigé par Emmanuelle Brugerolles (également commissaire de l'exposition), Paris, Beaux-Arts de Paris éditions, Carnets d'études 38, 2016, 104 pages.

L'ENS et l'École nationale supérieure des Beaux-Arts de Paris se sont rapprochées depuis que les deux écoles font partie de Paris Sciences et Lettres. C'est ainsi qu'Hélène Dessales (1991 l) a participé au 38^e carnet d'études des Beaux-Arts publié à l'occasion de l'exposition *Pompéi à travers le regard des artistes français du XIX^e siècle*, montrée au Cabinet des dessins Jean Bonna des Beaux-Arts de Paris du 5 octobre 2016 au 14 janvier 2017.





Trente-cinq ans après l'exposition *Pompéi, travaux et envois des architectes français au XIX^e siècle*, organisée en 1981 aux Beaux-Arts de Paris, cette nouvelle exposition a présenté au public trente-six dessins conservés dans le fonds des Beaux-Arts de Paris que treize élèves, dont de nombreux lauréats du Grand Prix de Rome, ont exécutés lors de leur visite à Pompéi.

La majeure partie de ce 38^e carnet d'études (p. 25-94) est consacrée au catalogue de l'exposition établi par Emmanuelle Brugerolles et Gabriel Batalla-Lagleyre. Le lecteur y trouvera une superbe reproduction en couleurs de chacun des trente-six dessins exposés, accompagnée à chaque fois de sa description, de l'indication de sa provenance, le cas échéant, de la bibliographie déjà parue et des expositions précédentes, d'un commentaire très éclairant du dessin, parfois d'illustrations complémentaires données à titre de comparaison et de la présentation de chacun des treize dessinateurs : Félix-Emmanuel Callet (1791-1854), Jean-Baptiste-Cicéron Lesueur (1794-1883), Félix Duban (1798-1870), Jean-Charles Geslin (1814-1887), Alexandre Denuelle (1818-1879), Charles Garnier (1825-1898), Paul-Émile Bonnet (1828-1881), Joseph Louis Achille Joyau (1831-1873), Claude-Ferdinand Gaillard (1834-1887), François-Wilbrod Chabrol (1835-1919), Jean-Louis Pascal (1837-1920), Pierre Gusman (1862-1941), enfin Léon Jaussely (1875-1932).

Trois articles introducteurs précèdent le catalogue des trente-six dessins exposés. Dans le premier article intitulé « Visiter Pompéi. L'évolution des fouilles et des parcours dans la ville antique (1765-1901) », Hélène Dessales (1991 I) retrace les étapes de l'ouverture progressive du site de Pompéi au public depuis sa découverte en 1748 jusqu'à sa transformation progressive en « un parc archéologique, institutionnalisé et tourné vers le tourisme » (p. 12) dans la seconde moitié du XIX^e siècle avec l'instauration d'un billet d'entrée.

Puis, dans le deuxième article intitulé « Du goût de la reconstitution. Architectes et artistes à Pompéi au XIX^e siècle », Maria Teresa Caracciolo rappelle comment de nombreux architectes et artistes de toute l'Europe se sont passionnés pour Pompéi tout au long du XIX^e siècle et ont proposé des reconstitutions fictives de Pompéi « au théâtre, en musique, dans le roman, dans la poésie et dans tous les arts visuels » (p. 17), grâce notamment à l'impulsion donnée par la sœur de Bonaparte, Caroline Murat, « décidée à marquer de son empreinte la valorisation moderne des antiquités de Campanie » (p. 16).

Dans le dernier article introducteur intitulé « Dessiner Pompéi : une fabrique graphique au XIX^e siècle », Gabriel Batalla-Lagleyre et Emmanuelle Brugerolles montrent comment, à la suite de la publication des volumes des *Ruines de Pompéi* de François Mazois, toute une génération d'artistes français pensionnaires de la villa Médicis à Rome s'est rendue à Pompéi, crayon en main, et comment ils n'hésitèrent

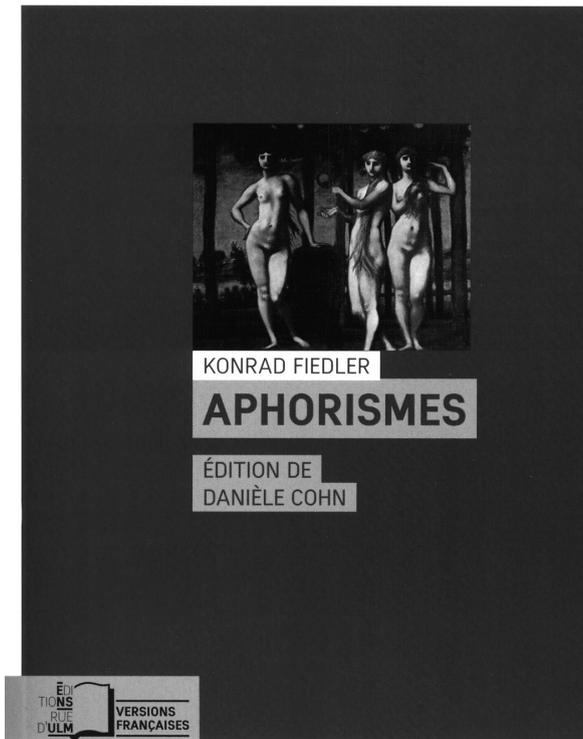


pas à recopier « des relevés exécutés par d'autres artistes » (p. 21) qui les y avaient précédés. De retour à Paris, ils mirent leurs dessins à la disposition de leurs élèves, qui les recopièrent à leur tour, si bien que « cette pratique d'emprunts et de duplicata semble avoir été un des véhicules les plus importants de transmission » (p. 21).

Ce 38^e carnet d'études superbement illustré s'achève avec la bibliographie générale des ouvrages, articles et catalogues d'exposition cités, ainsi que l'index des noms de personnes et celui des provenances.

O. S.





**« L'art, loin d'imiter la nature ou de représenter l'idéal,
invente des formes d'être. »**

Konrad Fiedler (Dresde, 1841-Munich, 1895) est un acteur essentiel du débat qui a amené, à la fin du XIX^e siècle, le renouvellement de la philosophie de l'art. Admirateur de Courbet et de Manet, il fut influencé par les relations étroites qu'il entretenait avec les artistes allemands Hans von Marées et Adolf von Hildebrand. On lui doit l'une des plus grandes théories de l'art fin de siècle, dont la modernité éclaire la création contemporaine. Il a marqué Simmel, Cassirer tout comme Wölfflin ou Panofsky. Il est aujourd'hui redécouvert.

Collection « Versions françaises » dirigée par Lucie Marignac
128 pages – format 14 × 18 – 12 €

LES ÉDITIONS RUE D'ULM

Lucie Marignac (1983 L)



« *Celui qui lit tout n'a rien compris.* »
Thomas Bernhard, *Maîtres anciens*

Numérique, numérique

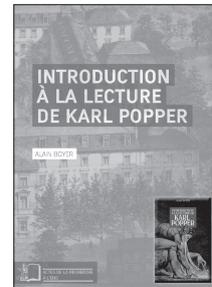
Gratuit ou payant, telle n'est pas forcément la question pour les auteurs qui veulent publier un LIVRE numérique, et non se borner à déposer leurs travaux sur un site d'archives ouvertes. Le développement rapide, après un lent démarrage, de la collection des « Actes de la recherche à l'ENS » (électronique avec impression à la demande) en témoigne. Si ses livres ne sont pas présents en librairie mais uniquement sur le web, ce n'en sont pas moins des livres édités, avec le soin et le travail que cela implique pour les auteurs comme pour l'éditeur. Ouverte aux textes en langues étrangères, aisée à diffuser à l'international, pluridisciplinaire, elle accueille des documents, témoignages, mémoires de recherche, ouvrages collectifs ainsi que des rééditions. Nous commencerons la revue de nos parutions récentes par 5 titres de cette collection.

Dans *Sacré canon. Autorité et marginalité en littérature*, Anne-Catherine Baudoin et Marion Lata abordent le concept « explosif » de canon de manière pluridisciplinaire et transversale. Au cours de l'histoire, les canons ont pris diverses formes – listes d'auteurs, textes sacrés et œuvres consacrées ; leur établissement a cependant toujours reposé sur un geste de sélection, et donc aussi d'exclusion. Ce volume permet une comparaison raisonnée des manifestations du canonique et de l'extracanonique – compris dans le sens aussi bien d'apocryphe que de fanfiction – dans différents contextes culturels et historiques. Il met ainsi en perspective les notions de tradition et de sacralité textuelle, de Dion de Pruse et Lucien de Samosate à Ismaïl Kadaré, de Basile de Césarée à Victor Hugo. Avec la collaboration d'Élodie Coutier, Damien Labadie, Émeline Marquis, Guillemette Mérot, Arnaud Perrot et Guillaume Peynet. [140 pages, format 15 × 21, 10 €]



L'individuel est une notion qui place la philosophie devant un défi multiforme. Comment la pensée et la connaissance prétendent-elles appréhender ce qui se présente volontiers à la fois comme le grain et le critère de la réalité ? Et a-t-on seulement raison de le considérer comme tel : n'est-il pas plutôt un caractère dérivé du réel, dont la nature fondamentale serait pré-individuelle ? Cette difficulté est, à bien des égards, celle de la raison clinique – non pas en un sens exclusivement médical (ni thérapeutique), mais au sens large d'un face-à-face avec le « ceci », et d'une prétention à sa connaissance minutieuse. Sous le titre d'*Approches de l'individuel*, logique, épistémologie et métaphysique sont mobilisées par Philippe Lacour, Julien Rabachou et leurs auteurs, selon des approches à la fois distinctes et combinées, afin d'explorer, de façon méthodique et diversifiée, un problème commun. Avec la collaboration de François Clementz, Anne Lefebvre, Jean-Michel Salanskis et Frédéric Worms. [154 pages, format 15 × 21, 10 €]

Le livre d'Alain Boyer (Ulm 1974 et professeur à Paris-Sorbonne) dont nous proposons la réédition a pour ambition d'accompagner le lecteur dans sa découverte des textes de Karl Popper (Vienne, 1902-Londres, 1994). Il vise à montrer que l'auteur de *Conjectures et réfutations* s'adresse à des problèmes philosophiques « classiques », que nulle théorie de la connaissance ne saurait ignorer : le statut de la métaphysique, l'induction, la rationalité, le déterminisme. La première partie reprend l'essai « Karl Popper : une épistémologie laïque ? ».



La seconde réunit des articles consacrés pour la plupart à des confrontations entre la pensée de Popper et celles d'autres auteurs, tels Pierre Duhem, Rudolf Carnap et Herbert Simon, ou, de manière plus inattendue, René Girard et Spinoza. Les incursions de Popper dans le domaine des sciences sociales sont explorées, et une ouverture est opérée sur la théorie de la « société ouverte », caractérisation poppérienne de la « modernité ». [366 pages, format 15 × 21, 18 €]

La question de l'émergence des activités symboliques au cours de l'humanisation fait désormais l'objet d'une attention renouvelée de la part des chercheurs. En témoigne le volume *Émergence et évolution de la parenté* dirigé par Jean Lassègue, issu de journées tenues à la station biologique de l'École normale supérieure durant lesquelles anthropologues, linguistes, modélisateurs et philosophes ont dressé un état de la question et présenté leurs travaux. Sont reproduits ici, après une introduction en français visant à situer les débats d'un point de vue général, les exposés en anglais de trois anthropologues : Nick Allen, Chris Knight et Camilla Power. Loin de présenter une unanimité de façade, ces exposés montrent au contraire la diversité des points de vue sur le front avancé des recherches contemporaines. Étudiants et chercheurs trouveront dans ces textes matière à réflexion anthropologique et



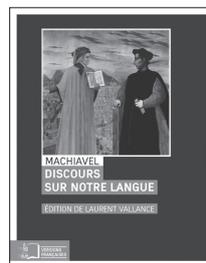
philosophique à propos de la question si complexe de l'émergence de la culture. [78 pages, format 15 × 21, 8 €]

Wallace Stevens, Poetry, and France. « Au pays de la métaphore » : par ce titre, Juliette Utard, Bart Eeckhout et Lisa Goldfarb viennent rappeler que Wallace Stevens (1879-1955) était un écrivain francophile dont les poèmes étaient le plus souvent émaillés de mots et de phrases en français. Tenu jusqu'à une date récente pour le plus européen des écrivains modernistes américains, quoiqu'il ne se soit jamais rendu en Europe, Stevens méritait d'être étudié sous l'angle des nombreux effets – poétiques ou prosaïques, sérieux ou comiques, étranges ou familiers – que le déploiement de la langue et de la culture françaises provoque dans son œuvre. [268 pages, format 15 × 21, 13 €]

Nous resterons du côté de la langue avec Laurent Vallance, Robert Jammes et Philippe Préaux, archicubes et traducteurs, et les trois dernières parutions de notre collection « Versions françaises ».

Le *Discours sur notre langue* (1524) est la seule incursion de Machiavel dans la linguistique et l'une de ses œuvres les plus personnelles. Véritable plaidoyer patriotique en faveur des droits du parler florentin, il affirme que la littérature italienne naît à Florence avec Dante, Pétrarque et Boccace, dont tous les autres écrivains d'Italie ont dû apprendre la langue, tant leur propre parler était inapte à la littérature. Le *Discours* constitue ainsi l'acte de naissance de la « question de la langue », qui mobilisera ensuite pendant des années de nombreux lettrés italiens. Il vaut notamment par le dialogue central entre Dante ressuscité et Machiavel, qui convoque l'auteur de *La Divine Comédie* en personne pour le soumettre à un interrogatoire serré sur ses choix linguistiques et stylistiques – et le désavouer. Édition bilingue et nouvelle traduction de Laurent Vallance. [130 pages, format 14 × 18, 15 €]

Luis de Góngora (1561-1627) était déjà le poète espagnol le plus célèbre quand il écrivit *Solitudes*, dont les hardiesses déclenchèrent d'interminables controverses. Admiré ou exécré, il ne laissa personne indifférent. Poète maudit pendant deux siècles, remis en honneur en 1927 par des poètes en révolte, il est demeuré depuis cette date l'objet d'un culte toujours aussi vivant. Son grand poème lyrique nous entraîne à travers champs et rivages, loin de la cour et des villes, près des bergers, des villageois et des pêcheurs. La traduction inédite de Robert Jammes, dont l'édition des *Soledades* (1994) fait autorité, s'efforce de restituer la surprenante nouveauté de l'œuvre et d'en faire entrevoir la splendeur et la modernité. Édition bilingue et commentaire. [384 pages, format 14 × 18, 25 €]

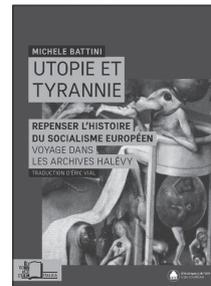




Peu de lecteurs connaissent *Le Règne du prince Douca*, roman de Mihail Sadoveanu (1880-1961) qui est lui-même considéré comme le plus grand des prosateurs roumains contemporains. Auteur de nombreux romans à tendance historique et sociale mais aussi d'inspiration mythique, tel le célèbre *Hachereau* (1930), ce peintre des bourgades, des campagnes et des monts du nord de la Roumanie a créé à lui seul une langue pleine de sève et de majesté, à partir du parler moldave, du style des anciennes chroniques roumaines et de la Bible. Voici l'intrigue de ce roman palpitant, entre *Le Maître d'armes* (Dumas) et *Michel Strogoff*... En 1679, un abbé français, Paul de Marenne, agent secret de Louis XIV, parcourt la Moldavie, principauté soumise aux Turcs et durement rançonnée par les lourds tributs versés à ceux-ci comme au souverain, Georges II Douca. Entre deux festins, l'abbé se trouve mêlé à l'aventure amoureuse d'un jeune noble, Alexandre Roussét, avec la princesse Catherine, fille de Georges, qui a fait destituer et exiler le père d'Alexandre. Les quatre personnages se retrouvent l'année suivante à Istanbul. Et l'idylle des deux jeunes gens, d'abord aidés par l'abbé français et par une vieille Tsigane, va connaître une fin dramatique. Sur fond d'intrigues balkaniques, le récit multiplie les allusions aux injustices et aux dictatures de toujours. Nouvelle traduction de Philippe Préaux. [492 pages, format 14 × 18, 25 €]

La collection « Italica », fondée par Gilles Pécout et dirigée par Éric Vial, accueille deux livres importants qui font une large place à l'archive : l'édition française du livre consacré par Michele Battini à Élie Halévy à partir du fonds de la bibliothèque de l'École, et la monographie sur les mathématiciens italiens en politique issue de la thèse d'Antonin Durand, jeune enseignant-chercheur du département d'Histoire.

Selon les néolibéraux, l'utopie mène à la tyrannie, et toute législation sociale est l'ennemie de la liberté. De Hayek à Furet en passant par Aron, ils se sont souvent référés à Élie Halévy et à ses travaux. Or, les « Papiers Halévy » permettent de montrer que l'auteur de *L'Ère des tyrannies* n'a, lui, jamais exclu la possibilité d'associer le socialisme et la liberté. Ils fournissent ainsi à l'historien Michele Battini (Université de Pise) les pistes d'une exploration aux sources du mouvement ouvrier, mettant en lumière l'opposition entre un autoritarisme nostalgique des corporations, proche de Bonald, et la volonté d'étendre les libertés des modernes jusque dans le domaine du travail. Avec *Utopie et Tyrannie. Repenser l'histoire du socialisme européen*, dont l'édition française a été scrupuleusement préparée par les soins d'Éric Vial, on peut parcourir les œuvres de John Stuart Mill, Saint-Simon, Marx, Proudhon, confronter le souci de justice sociale à la pensée de Mauss ou de Polanyi, revenir aux lectures de Machiavel et de Rousseau,

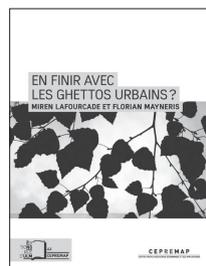




à Tocqueville et à Arendt, ainsi qu'à la réflexion des classiques – à commencer par Xénophon – sur la nature de la tyrannie. [316 pages, format 15 × 21, 34 €]

La naissance d'une vie parlementaire en Italie à l'issue du « printemps des peuples » de 1848 a permis à de nouvelles catégories sociales de s'impliquer dans la politique. Les universitaires, et en particulier les mathématiciens, sont nombreux à profiter de cet appel d'air. *La Quadrature du cercle. Les mathématiciens italiens et la vie parlementaire (1848-1913)* se propose d'analyser la rencontre entre ces deux milieux et la circulation des acteurs et des idées entre ces deux champs : pourquoi les mathématiciens sont-ils si nombreux – une quarantaine entre 1848 et 1913 – à entrer au Parlement ? Quels sont les effets de cet engagement dans leur carrière académique ? Comment leur prestige scientifique et leurs compétences techniques sont-ils valorisés dans la vie politique ? Toutes ces questions sont abordées par Antonin Durand en croisant les actes parlementaires avec les sources académiques et privées des savants. Elles ont une résonance particulière dans le contexte politique français d'aujourd'hui – alors qu'a été élu député en 2017 le mathématicien Cédric Villani, normalien et médaille Fields. [348 pages, format 15 × 21, 26 €]

Deux autres livres parus à l'automne 2017 sont directement en prise, quant à eux, sur l'actualité sociale et économique. Malgré les multiples politiques conduites depuis près de trente ans pour venir en aide aux habitants des ghettos urbains que sont devenues certaines banlieues françaises, la situation y demeure extrêmement difficile. Pauvreté, chômage, échec scolaire, faible accès aux soins, violence : comment enrayer la spirale négative dans laquelle sont entraînés les quartiers dits « prioritaires » ? Miren Lafourcade et Florian Mayneris s'attachent à montrer, pour *En finir avec les ghettos urbains*, que plusieurs « politiques zonées » emblématiques n'ont pas obtenu les résultats escomptés, en particulier les zones franches urbaines (ZFU), basées sur des allègements de charges et d'impôts offerts par les pouvoirs publics aux entreprises localisées dans les quartiers « prioritaires ». L'évaluation de dispositifs similaires mis en œuvre aux États-Unis ou au Royaume-Uni conforte cette conclusion. La surreprésentation de populations fragiles amplifie les handicaps sociaux dont souffrent les habitants de ces quartiers, rendant ces politiques souvent inopérantes. Cette situation appelle des politiques plus radicales, combinant mixité sociale, mixité scolaire et accompagnement individualisé : discrimination positive sur le marché du travail, « emplois francs », pénalités renforcées pour les communes qui ne respectent pas la part de logements sociaux prévue par la loi ou encore dispositifs de *busing* inspirés des États-Unis. Autant de politiques qui pourraient utilement venir compléter la boîte à outils du gouvernement. [« Collection du Cepremap » n° 44, 136 pages, format 14 × 18, 10 €]



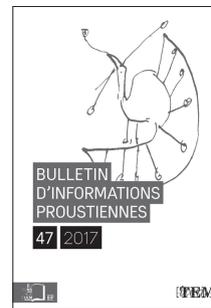
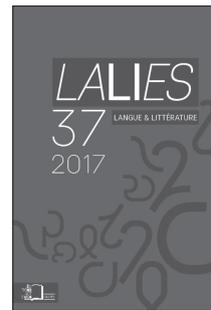


Qui sont les Chinois à Paris ? Comment leurs trajectoires migratoires prennent-elles place dans l'histoire de la société française ? Quels sont les liens économiques, culturels, politiques et affectifs qu'ils établissent avec leurs pays de résidence et d'origine ? Dans le contexte général de l'accueil des étrangers en France et face à la mutation que connaît la société chinoise depuis une quarantaine d'années, l'enquête ethnographique de Simeng Wang, *Illusions et souffrances. Les migrants chinois à Paris*, révèle combien nos représentations sociales des Chinois sont souvent figées et simplistes. En réalité, cette immigration non postcoloniale recouvre des mobilités sociales multiples et engendre des conditions de vie extrêmement hétérogènes, faites de bonheurs et de douleurs, de joie et de chagrin, de dits et de non-dits, d'espoir et de désespoir. [Collection « Sciences sociales », 220 pages, format 15 × 21, 22 €]

Le second semestre 2017 a également vu paraître le numéro annuel de nos deux revues papier : *Lalies 37* et le *Bulletin d'informations proustiennes 47*.

La première partie du numéro, dirigé par Daniel Petit, est une présentation par Michiel de Vaan de la langue avestique, c'est-à-dire de l'iranien ancien représenté par les textes qui forment l'Avesta, texte sacré du mazdéisme. Frédérique Biville étudie ensuite le bilinguisme gréco-latin, à savoir les relations entre les deux langues classiques, le grec et le latin, et la connaissance simultanée de ces deux langues durant l'Antiquité. Trois exposés libres traitent pour finir de questions de linguistique générale (Akio Noya Uenishi), de linguistique latine (Frédérique Fleck) et de linguistique grecque (Audrey Mathys). [174 pages, format 16 × 24, 25 €]

Le *BIP* s'ouvre cette année par un hommage à Philippe Chardin, grand comparatiste récemment disparu, avec un texte inédit portant sur la figure de l'intellectuel dans la *Recherche*. La revue continue d'offrir des inédits de Proust à ses lecteurs : deux lettres à René Peter montrant l'attachement jaloux que l'écrivain lui porte, ainsi que quatre lettres à Lucien Daudet. On livre aussi les inédits d'une vente retrouvée de la collection du compositeur Georges Van Parys, dont une lettre à Jean Cocteau où Proust évoque ses goûts musicaux. Du côté de la genèse, cette livraison suit la piste biographique avec deux articles sur ces figures méconnues du monde proustien que sont le parrain et la marraine de Marcel Proust, le collectionneur Eugène Mutiaux et M^{lle} Houette, amie de jeunesse de Jeanne Weil. La rencontre de Proust avec l'étoile des Ballets russes Nijinski et ses conséquences romanesques parfois cryptées font l'objet d'une enquête approfondie dans les brouillons. Cette livraison





propose également une contribution du psychanalyste Michel Schneider donnée dans le cadre du séminaire de l'équipe Proust de l'ITEM qui portait cette année sur la question de l'amour. Comme toujours, le numéro contient un riche dossier de « Notes de lecture » rédigées par une équipe de spécialistes sous la direction de Guillaume Perrier. La rubrique des « Ventes » est dominée cette année par la grande vente de la collection Patricia Mante-Proust chez Sotheby's en mai 2016. [208 pages, format 16 × 24, 29 €]

Rome et les barbares

Ou de l'intérêt du passé pour examiner le présent

Comme c'est [souvent] le cas, les historiens sont loin d'être d'accord [...] Le débat est depuis toujours centré sur la question de savoir ce qui a exactement causé la chute de Rome. Puisqu'ils avaient fourni les forces militaires soutenant les nouveaux royaumes, les guerriers étrangers avaient à l'évidence quelque rapport avec l'évènement. Mais les historiens, tant avant qu'après Gibbon, ont bien senti qu'une puissance aussi considérable que Rome ne pouvait avoir été mise à bas par des illettrés dont la culture [...] n'arrivait pas à la cheville de la culture romaine [...] Si tant est que [ceux-ci] aient eu quelque chose à voir dans cette histoire, ils ne pouvaient certainement pas avoir causé la chute de l'empire. Sans doute ne firent-ils que bénéficier de maux qui minaient plus fondamentalement le monde romain.

Peter Heather, *Histoire nouvelle de la chute de l'empire*, Paris, Alma, 2017, trad. Jacques Dalarun, p. 12-13

En fut-il vraiment ainsi ? L'auteur rouvre le dossier en déplaçant le point de vue, et fait revivre de l'intérieur la logique des adversaires de Rome.

Pour tous renseignements :

Éditions Rue d'Ulm (Presses de l'ENS) – 45 rue d'Ulm – 75005 Paris

Téléphone : 01 44 32 36 85 (comptoir de vente) 01 44 32 36 80 / 36 83 (éditions)

Vente sur place à nos bureaux tous les jours de 9 h à 11 h 30 et de 13 h à 17 h, escalier de la direction, 2^e étage droite

Courriel : ulm-editions@ens.fr – Envoi du nouveau catalogue papier 2018 sur demande www.pressens.fr (recherches dans le catalogue 2017 / achats en ligne / inscription à la lettre d'information mensuelle)

Remise accordée aux élèves, archicubes, amis, personnels de l'ENS : 5 % sur les nouveautés et 30 % sur le fonds

Relations presse : L. Debertrand – Courriel : laurence.debertrand@ens.fr – 36 89

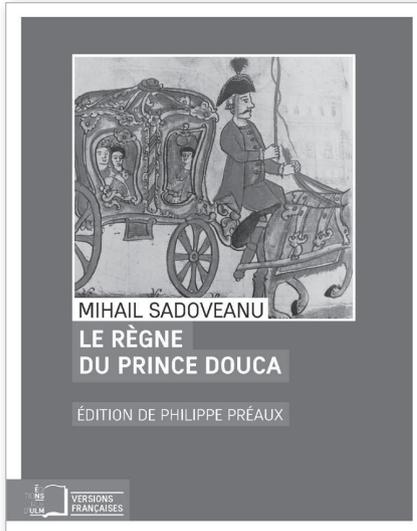
Diffusion et distribution en librairie : Les Belles Lettres

Diffusion et distribution numérique : Numilog, Cyberlibris, Numérique Premium, Cairn, Open Editions



PRIX SPÉCIAL – jusqu’au 1^{er} mars 2018

- 40% pour les membres de l’a-Ulm*



Le chef-d’œuvre de
Mihail SADOVEANU

dans
la nouvelle traduction de

Philippe PRÉAUX
(1969 I)

En 1679, un abbé français, Paul de Marenne, agent secret de Louis XIV, parcourt la Moldavie, principauté soumise aux Turcs et durement rançonnée par les lourds tributs versés à ceux-ci comme au souverain, Georges II Douca. Entre deux festins, l’abbé se trouve mêlé à l’aventure amoureuse d’un jeune noble, Alexandre Roussét, avec la princesse Catherine, fille de Georges, qui a fait destituer et exiler le père d’Alexandre. Les quatre personnages se retrouvent l’année suivante à Istanbul. L’idylle des deux jeunes gens, d’abord aidés par l’abbé français et par une vieille Tsigane, va connaître une fin dramatique. Sur fond d’intrigues balkaniques, ce roman historique, entre *Le Maître d’armes* (Dumas) et *Michel Strogoff*, dénonce les injustices et les dictatures de toujours.

Mihail SADOVEANU (1880-1961) est considéré comme le plus grand des prosateurs roumains contemporains. Auteur du célèbre *Hachereau* (1930), ce peintre des bourgades, des campagnes et des monts du nord de la Roumanie a créé à lui seul une langue pleine de sève et de majesté, à partir du parler moldave, du style des anciennes chroniques roumaines et de la Bible. Il exalte la révolte de ceux qui ont lutté seuls contre des pouvoirs iniques et appelle, sans illusions, à dépasser les barrières ethniques qui séparent les nations et les minorités, tout en entonnant un hymne omniprésent à la nature. Démocrate controversé pour son ralliement au régime roumain d’après 1945, il n’en reste pas moins la référence incontournable de jeunes auteurs, y compris précédemment « dissidents ».



- * - soit 15 € sur place (par CB, chèque ou espèces)
 - + 1 € de frais de port pour la France
(pour un règlement par chèque bancaire ou postal sur compte français
exclusivement à l’ordre de l’AGENT COMPTABLE DE L’ENS)
- contact : dominique.michel@ens.fr ou 01 44 32 36 80

ULMI & ORBI



L'IMPROVISATION THÉÂTRALE : UN ART JEUNE, UNE QUESTION D'AVENIR

J'ai été invité à participer au symposium inaugural de la Global Improvisation Initiative, les 12 et 13 mai 2017. À l'initiative de Theresa Dudeck, de l'université Chapman, et de Joel Veenstra, professeur d'improvisation à l'université de Californie à Irvine, ce symposium a réuni sur les deux campus du comté d'Orange des théoriciens et des praticiens de l'improvisation théâtrale venus des quatre coins du globe – principalement des États-Unis, mais aussi du Brésil, du Canada, d'Allemagne, d'Italie, du Royaume-Uni, de Chine et d'Australie – afin de rendre compte de la richesse de ce qui est récemment devenu à la fois un genre artistique et une pratique éducative, thérapeutique et sociale, d'en retracer les sources et la philosophie, d'en appréhender les enjeux. Le programme de ces journées nous proposait en effet des ateliers et des conférences sur les rapports genrés et la place des femmes dans l'improvisation, sur les liens entre l'improvisation et les thérapies, sur l'histoire du genre et les différentes formes d'improvisation, sur l'improvisation dans l'enseignement, dans les rendez-vous d'affaire, en plusieurs langues, etc. Invité d'honneur, Keith Johnstone a animé une longue *masterclass*, répondu à différentes questions, et reçu un prix, le Revolutionary Award – ce qui n'a pas été sans lui poser quelques problèmes à la frontière.

Pour ma part, grâce au soutien de l'a-Ulm, j'étais présent en tant que principal spécialiste français de l'improvisation théâtrale. Vient en effet de paraître aux éditions Classiques Garnier *Alain Knapp et la liberté dans l'improvisation théâtrale. Canaliser ou émanciper*, un livre issu de ma thèse de doctorat, où je fais l'histoire de ce genre de théâtre qui s'est développé durant la seconde moitié du XX^e siècle, où j'en analyse les formes, la philosophie empreinte de liberté, les enjeux politiques et sociaux, et où je raconte en détail l'histoire d'Alain Knapp et du Théâtre-Création, une troupe méconnue et pionnière, fondée en 1968 à Lausanne. C'est sa parole et son histoire, notamment, que je suis allé transmettre à l'international. Je propose dans cet article de fournir quelques repères sur l'improvisation théâtrale et des indices de son importance actuelle.

Quelques repères historiques

L'improvisation théâtrale n'a pas toujours existé. S'il y a eu au cours des siècles passés des spectacles en partie improvisés – chacun pense à la *commedia dell'arte* –, si cela



a longtemps été la norme, ce n'est qu'à partir du XX^e siècle que sont apparus, de façon massive, des spectacles de théâtre dont personne, ni les spectateurs, ni les acteurs, ni les producteurs, ne connaissait à l'avance les thématiques, les formes ou le propos. Le recul de la censure et la progression des libertés publiques l'expliquent en partie. Factuellement, on peut citer deux sources principales, en plus d'une troisième, à part, initiée par Alain Knapp.

La première nous vient de Viola Spolin, à travers son fils Paul Sills, co-fondateur de l'institution à chicogoane qu'est The Second City. Travailleuse sociale, Spolin invente une approche de l'improvisation théâtrale en travaillant sur les jeux d'enfants et présente, dès 1939, des spectacles d'improvisation fondés sur des suggestions du public. C'est dans les années 1950, avec Paul Sills, qui crée à Chicago d'abord The Compass Players avec David Shepherd, puis Second City avec le producteur Bernie Sahlins, que cette approche de l'improvisation fondée sur la spontanéité, la coopération de groupe et des règles de jeu va devenir une formule théâtrale commercialisable. Le maître-mot de cette lignée est « oui et », accepter et ajouter. L'histoire de ce théâtre, des querelles artistiques et des obligations financières, qui se retrouve dans celle de toutes les compagnies dédiées à l'improvisation qui ont éclos dans son sillage, illustre à merveille les tensions qui caractérisent l'improvisation en tant que spectacle : on y retrouve l'aspiration à l'exploration libre de la spontanéité dans un but spirituel, quasi mystique ; un objectif politique et social, défendre un art populaire qui aborderait les problématiques de son temps et serait accessible à tous ; des nécessités de production et de survie au sein d'une économie de marché, concurrentielle ; et, enfin, la volonté de faire de l'art.

La deuxième source affleure en Angleterre, en la personne de Keith Johnstone. D'abord enseignant auprès d'enfants, il fonde sa pédagogie sur la créativité et la spontanéité. Par un concours de circonstances, il collabore avec Georges Devine au Royal Court Theatre à Londres. D'abord simple membre du comité de lecture, il devient metteur en scène, enseignant et auteur. Au sein du Writer's Group, mis en place par Devine pour accentuer l'engagement de son théâtre envers les écritures contemporaines, Johnstone et ses camarades, parmi lesquels John Arden, Wole Soyinka ou Edward Bond, expérimentent autour de l'écriture et, au lieu de discuter, essaient directement leurs idées sur scène. L'improvisation est le mode de recherche naturel. Lorsque Devine crée en 1963 le Studio d'acteurs du Royal Court, inspiré par les soirées d'improvisation du Writer's Group que la censure n'a pas réussi à empêcher, il donne comme objet d'étude l'improvisation comique en public. Ces années-là sont fondamentales dans le parcours de Johnstone, qui va développer et théoriser un système d'approche de l'improvisation théâtrale, le mettre en pratique d'abord avec le Theatre Machine de 1966 à 1972, puis le développer avec le Loose Moose Theater dès 1976 à Calgary au Canada. L'improvisation selon Johnstone, c'est un ensemble



de jeux qui visent, comme pour Viola Spolin, à libérer la spontanéité et la créativité – la libérer notamment d’une peur de l’échec patiemment inculquée dans nos écoles –, mais c’est aussi un travail plus en profondeur sur la dynamique de l’écriture et du jeu dramatique : une approche des statuts relatifs, c’est-à-dire du drame comme une négociation constante pour une meilleure place au sein de la chaîne alimentaire ; la notion de « blocage », ou comment repérer par quelles stratégies des acteurs en jeu, voire des auteurs, empêchent à leurs personnages de vivre des aventures ; un travail sur le masque et la transe. Johnstone est par ailleurs l’inventeur de nombreux formats d’improvisation, principaux vecteurs de sa renommée mondiale, parmi lesquels le Micetro, le TheatreSports, le Gorilla Theatre, etc.

Le cas A. K.

Un peu à part est Alain Knapp. À part car, contrairement aux deux lignes pionnières précédentes, sa renommée reste modeste, même pour les francophones. Si la troupe qu’il a fondée en 1968 à Lausanne, le Théâtre-Création, a fait partie des premières troupes au monde à proposer des soirées théâtrales improvisées, s’inspirant de thèmes proposés par le public, et si elle a connu une certaine gloire en son temps – tournées internationales, exposition universelle, invitation en 1971 par l’Institut international du théâtre à figurer aux côtés de Kantor, Bob Wilson et autres parmi les troupes d’avant-garde les plus prometteuses du moment – elle a dû cesser ses activités dès 1975, faute de soutien financier ou d’avoir trouvé une formule commerciale. Car Knapp, d’abord homme de théâtre, acteur, danseur et metteur en scène, nourri par Brecht et par les révolutions sociales de son temps, n’a pas inventé une méthode qui se laisse aisément transposer – et c’est là toute sa richesse. L’improvisation n’est pas ici une fin unique, mais un outil à maîtriser dans une formation complète d’acteur, afin d’être sur un pied d’égalité avec les auteurs et metteurs en scène. Il ne s’agit pas, comme chez Spolin ou Johnstone, de libérer la créativité d’une oppression longtemps acquise, mais de la stimuler par le fond, par la connaissance et la maîtrise de ses outils et du langage théâtral. En ceci Knapp est parfois connu comme formateur d’auteurs. Là où d’autres formes d’improvisation vont vite et permettent à des débutants de monter très tôt sur scène, par des jeux où la tâche à effectuer reste simple, Knapp propose un chemin rigoureux et progressif, fait d’observation minutieuse, de *scrutation*, et fait travailler ensemble corps, esprit, émotions et groupe, dans la recherche permanente d’une expression scénique cohérente.

Éléments pour l’avenir

J’ai oublié d’aborder le match d’impro, à dessein. Presque tout lecteur francophone s’en fait une idée qui peut masquer, par son allure de mode, de sport inoffensif, ce phénomène de grande ampleur et en forte expansion, profondément contemporain,



qu'est l'improvisation théâtrale. Elle imprègne petit à petit de larges pans de nos sociétés, de l'éducation à la thérapie, des entreprises aux scènes de théâtre. Une certaine idée de l'improvisation se coule à merveille dans la pensée libérale dans laquelle nous baignons, pour laquelle chacun est capable de tout pour peu qu'on le libère de ses freins ; il y en a d'autres qui cherchent du sens, pour lesquelles la liberté se conquiert. D'un point de vue artistique, le genre est en plein foisonnement, et au fur à et mesure qu'il prend de l'âge, s'ouvrent de nouvelles perspectives d'analyse et de recherche avec les autres arts, la danse et la musique notamment, mais aussi le dessin, ou bien dans sa manière très performative de travailler le contexte, l'environnement et la mémoire, du jeu. Mon étude est la première en France à s'y intéresser en détail. Souhaitons que d'autres programmes de recherche, transversaux, lui emboîtent le pas.

Hervé Charton (2002 s)

TABLE RONDE :
« ÉNERGIES AFRICAINES : L'AFRIQUE SUBSAHARIENNE, QUELLES PERSPECTIVES, QUELLES SOLUTIONS ? »

Le numéro 22 de *L'Archicube* consacré à l'Afrique subsaharienne sous l'intitulé « Énergies africaines » a été suivi d'une table ronde qui s'est tenue boulevard Jourdan, à l'École d'économie de Paris, le jeudi 12 octobre 2017.

Le séminaire a permis d'aborder avec une assemblée nombreuse des thèmes qui n'avaient pas pu être traités dans la revue. Le sujet reste ouvert. Des étudiants, parmi lesquels des normaliens, viennent de créer l'association des Afroptimistes. L'Afrique est en plein essor. Réflexions et échanges vont se poursuivre.





De gauche à droite : Antoinette Montaigne, ancienne ministre de la Réconciliation (République centrafricaine) ; Stéphane Gompertz, ancien ambassadeur de France en Éthiopie ; Jean-Pierre Dubois-Monfort, analyste, affaires françaises et européennes ; David Gueye, directeur du développement, *CIO Mag* (magazine de veille technologique pour décideurs africains) ; Catherine Coquery-Vidrovitch, historienne, professeure émérite à Paris-Diderot, conseillère scientifique de l'exposition *L'Afrique des routes*.

TÉMOIGNAGE D'AGNÈS FONTAINE

Un heureux hasard

En septembre 1998, quand j'ai commencé à travailler pour l'association, j'étais encore une jeune mère de famille, avec un mari ingénieur et quatre enfants, cherchant un travail d'appoint à mi-temps qui me laisserait assez de liberté pour m'occuper de ma petite famille.

C'est grâce à Odile Mazerolle (1974 S), qui était alors professeur de chimie de mon fils en maths sup au lycée Marcelin-Berthelot à Saint-Maur-des-Fossés et membre du conseil d'administration de l'association, à ce moment Association amicale des anciens élèves de l'ENS, que j'ai pris contact avec Jean-François Fauvarque (1958 s) qui m'a embauchée comme secrétaire.

Détentriche d'un DESS de droit notarial, mais n'étant pas secrétaire, il a fallu me former à la bureautique avant la rentrée universitaire. Jusqu'à cette date, l'association ne fonctionnait qu'avec des bénévoles ; c'est aussi à cette période que grâce à Julien Cassaigne (1989 s) a été informatisé le fichier de ses membres.



De Charybde en Scylla

À la fin des années 1990, l'association n'occupait qu'un baraquement de chantier dans la cour Pasteur. De son côté, l'ancienne Société des amis de l'ENS, qui eut pour secrétaire Claire Penven puis Agnès Rimsky-Korsakov, était encore dans le pavillon d'entrée aujourd'hui occupé par le service courrier. Les deux associations qui fusionnèrent en 2006 se retrouvèrent pour un temps dans le sous-sol de l'aile Rataud avant de repartir pour le département d'informatique, puis pour un bureau près du pot. Les errements trouvèrent une fin heureuse au départ du directeur Gabriel Ruget (1962 s) dans l'ancien appartement des directeurs, mais pour bien peu de temps car, à l'arrivée de Monique Canto Sperber (1974 L) à la direction de l'École, il fallut rendre les clés. La course s'est arrêtée aujourd'hui dans les deux bureaux que nous connaissons autour de la cour aux Ernests. Locaux un tant soit peu encombrés par le mobilier que l'ancienne trésorière Anne-Marie Catesson (1950 S, décédée en 2012) avait acheté pour meubler le fameux appartement.

Tête de...

Durant toutes ces années, j'ai rencontré beaucoup de normaliens et normaliennes, mais il m'est toujours impossible d'en dresser un portrait type ; il semblerait plus facile de faire celui d'un polytechnicien. Ici on a aussi bien des scientifiques que des littéraires. Les normaliens sont tous singuliers, parfois même « bizarres » et n'entrent pas dans un cadre précis. La question d'une normalité chez les normaliens reste toujours d'actualité ! Ils ont tous et toutes leurs particularités ; une façon bien à eux de dominer les sujets, résumer les problèmes et ne pas se perdre dans les détails.

Seraient-ils au-dessus de tout le monde ?

« Vous êtes grand comme le monde. » (Imagerie d'Épinal, parole de Kleber à Bonaparte)

Mon approche, quelque peu idéalisée, reste celle des anciens normaliens que j'ai côtoyés. L'École s'ouvre au monde et c'est une bonne chose, mais ne va-t-elle pas y perdre un peu de son identité et de sa spécificité ? Le concours d'entrée est toujours là, mais on recrute aussi maintenant sur dossier ! Ces élèves normaliens ne sont pas fonctionnaires stagiaires, mais en définitive tous auront le même diplôme.

Je quitte l'École au moment où une nouvelle page est en train de s'écrire, pas mécontente de laisser la place à d'autres, plus jeunes, qui auront sans aucun doute une autre façon d'appréhender les choses.



Agnès Fontaine, secrétaire de l'association de septembre 1998 à juin 2017

Histoire et modernité

Travailler dans des locaux historiques plus ou moins vieillots a été un plaisir car la présence des jeunes déambulant dans les couloirs les ravive quotidiennement. C'est particulièrement vrai au moment des concours en juin avec ces candidats qui attendent leur tour, vérifient leur nom sur les listes et à la rentrée. Là, c'est un peu la bousculade, certains emménagent avec leurs valises, d'autres cherchent où aller et comment se repérer dans ce nouvel univers. En fait, l'École bouge tout le temps et se modifie. De nouveaux locaux sont sortis de terre : l'immeuble Rataud, le boulevard Jourdan ou encore le réaménagement des départements de physique et chimie de la rue Lhomond. Tous ces changements ont transformé l'ancien cloître laïque du 45 ; la venue des filles a entraîné des comportements différents dans l'internat et les promotions se sont démultipliées.

Anecdotes

Au moment des récents travaux boulevard Jourdan, une ancienne sévrienne ayant appris ce qui se passait me téléphona un jour, de province, pour récupérer deux malles qu'elle avait laissées et oubliées dans la cave. Inutile de dire qu'elles avaient depuis longtemps été mises au rebut, un réveil un peu tardif !

Parmi les visites originales, il y eut ce spécialiste de l'histoire de l'Algérie, au look quelque peu SDF, qui traînait une grosse valise à roulettes pleine de papiers et qui,



récupérant de vieux annuaires, s'en servait pour faire des collages sur ses documents, bizarre, vous avez dit bizarre !

Plus difficiles et problématiques furent les visites de plusieurs jeunes filles, en fleur naturellement, mais surtout en larmes, à la Toussaint, non pas à cause de la fête des morts, mais parce qu'elles n'avaient pas été préparées à affronter leur nomination en ZEP dans un collège et ne savaient pas quoi faire, ni à quel saint se vouer. Heureusement le Service Carrière est là pour essayer de traiter les cas plus ou moins douloureux.

Enfin, en travaillant on découvre aussi parfois certaines passions comme celle bien connues des trains avec ses locomotives et les indicateurs des chemins de fer dont j'ai eu l'occasion de me rendre compte et qui frappent même quelques-uns de nos chers membres.

Pôle

La position que j'ai occupée, pour ainsi dire seule pendant près de vingt ans, m'a permis d'avoir une grande et agréable indépendance. Au cours du temps et des changements au sein de l'association et du conseil d'administration, j'ai fini par servir de trait d'union et de relais entre les différentes personnes. Ce poste de secrétaire est d'autant plus important qu'il est le pôle fixe de l'association, sa mémoire et ses archives, comme René Sazerat (1947 l) me l'avait transmis ; c'est aujourd'hui Sophie Serra qui prend le relais.

Souvenir

Mon travail fut intéressant tout au long de ma « carrière » et donna lieu à bien des rencontres agréables, les visiteurs n'étant que des gens acquis à l'association, qui cherchaient des informations ou des soutiens. Mais ce qui m'a vraiment touchée, c'est le pot organisé pour mon départ en juin 2017. J'ai été heureuse de voir que, malgré la canicule, beaucoup s'étaient déplacés, me montrant par là qu'ils m'appréciaient et me témoignaient leur amitié.

Propos recueillis par V. A. et G. L.
3 octobre 2017

SOIRÉE POUR AGNÈS : 22 JUIN 2017

Le 22 juin 2017, l'Association de l'a-Ulm a tenu à manifester sa reconnaissance à Agnès Fontaine, notre fidèle assistante depuis une vingtaine d'années en organisant un pot de départ en son honneur. Une cinquantaine de personnes étaient réunies pour lui manifester notre estime et notre reconnaissance. Voici ce que j'ai eu la joie de lui dire au nom de tous et ce qu'elle a répondu.



Agnès Fontaine et Marianne Laigneau

Chère Agnès, chers Administrateurs, chers amis d'Agnès,

En cette soirée de fête, malgré ce futur départ, je ne voudrais pas imiter Gargantua qui, à la naissance de Pantagruel, pleure d'un et rit de l'autre. J'essaierai donc de ne pas trop pleurer, car il faut fêter dignement Agnès.

Dignement ? Comment résumer près de vingt ans de présence dévouée, amicale, souriante ?

Vous le savez bien : vous téléphonez, ou vous venez ? L'accueil est toujours paisible et aimable. Vous demandez un service ? Il est rendu aussitôt. Vous avez un problème ? La solution est proposée avec efficacité et compétence. Et, pourtant, les débuts n'ont pas été faciles.

Je vous parle d'un temps ancien que beaucoup n'ont pas connu. Moi-même, je ne parle que de ce que j'ai vu comme administrateur des Amis à partir de 1997, puis des Anciens à partir de 2000. Agnès est arrivée aux Amis en mai 1998 et a travaillé un moment, avec la secrétaire des Amis, Claire Penven. Jean-François Fauvarque, trésorier des Amis, avait compris qu'il fallait une secrétaire pour les Anciens et a commencé à recruter sur les conseils d'Odile Bohm-Mazerolles puis, par ce biais, à la rentrée de septembre 1998, elle est venue aider aux Anciens le secrétaire général de l'époque René Sazerat.



Elle avait été clerc de notaire pendant deux ans, puis, durant vingt ans, elle s'était consacrée à ses quatre enfants. En arrivant, il lui fallait se mettre au courant de beaucoup de choses. Il y avait alors les deux associations : le comité des Amis et la société des Anciens, avec, d'un côté, le président Jean-François Noiville et, de l'autre, le président René Rémond et il y avait donc deux secrétaires et même deux Agnès car Agnès Rimsky-Korsakov avait remplacé Claire Penven aux Amis. On commençait à penser à célébrer avec une certaine effervescence l'an 2000.

L'hébergement se situait dans le petit pavillon où sont actuellement le courrier et la logistique. Puis, les Anciens ont émigré dans un petit bungalow d'ouvrier dans la cour Pasteur. Que Timothée écoute bien : Agnès avait déjà un ordinateur mais René Sazerat, lui, actualisait les fiches bristol des adhérents à la main. Julien Cassaigne commençait à s'y mettre. Ce fut bientôt un premier déménagement.

C'est une autre qualité d'Agnès, les déménagements ne lui font pas peur : elle est donc passée vaillamment en 2002 du bungalow d'ouvrier dans le jardin au local dans les murs du 45, qui est ensuite devenu le département d'Histoire et Théorie des arts, puis, en juin 2004, au sous-sol de l'immeuble Rataud dans le département Informatique, puis en septembre 2005 au deuxième étage dans l'appartement du Directeur, puis en 2006 dans le local actuel. Ce n'est pas tout. Elle vient d'aider à trier et déménager deux fois les archives pour la remise en état de notre cave, ce qui lui a permis de retrouver l'original de la Déclaration d'utilité publique de notre Association signée par le Maréchal Mac Mahon.

Je signale, en outre, en voix *off*, que, pour garder la main, elle a dans le même temps marié et installé ses quatre enfants, déménagé sa mère, revendu sa maison de Sucy-en-Brie et réinstallé sa maison de vacances et son appartement parisien.

Tout cela, discrètement, sans jamais se plaindre car, dans le même temps, de multiples tâches étaient suivies et assumées au sein des Anciens. Agnès a toujours été impeccablement à l'heure à 7 h 30 du matin. Je dois dire que, rien que d'y penser, cela me donnait tous les matins un moral d'acier. Elle avouait que ces heures tranquilles du matin étaient d'ailleurs fondamentales. Cela lui permettait de traiter le courrier courant bien sûr, les mails dont on sait l'inflation, le téléphone, les visites impromptues, mais aussi le Service Carrières, le numéro bis des notices, les *Suppléments 2005, 2010, 2015*, les convocations au CA, la maintenance du matériel et la mise à niveau informatique quand cela devenait nécessaire : j'en oublie sûrement.

Songez qu'en dix-neuf ans, elle a vu se succéder plus d'une soixantaine d'administrateurs, aux personnalités très diverses, mais dont aucun ne s'est jamais plaint et qu'elle a travaillé avec cinq présidents successifs et huit secrétaires généraux différents. C'est dire sa capacité d'adaptation et d'empathie. Je pense que je me ferai



l'écho de tous, en pleurant d'un œil, mais en l'assurant surtout de notre amitié, de notre immense gratitude et en lui souhaitant, comme elle l'imagine déjà, une nouvelle étape heureuse et féconde.

Mireille Gérard

Vice-présidente honoraire, 22 juin 2017



Agnès Fontaine, Mireille Gérard et Guy Lecuyot.

Voici la réponse d'Agnès Fontaine.

Je remercie Mireille.

En presque vingt ans, que de chemin parcouru ! C'est Jean-François Fauvarque qui m'a embauchée sur proposition d'Odile Mazerolles, une sévrienne qui habitait ma lointaine banlieue et qui était professeur de chimie de prépa de mon fils Olivier : c'était pour moi un complément de salaire pour les études supérieures de nos quatre enfants. René Sazerat, secrétaire général de l'époque, m'a montré le fonctionnement de l'Association dès mai 1998 et j'étais fin prête pour la rentrée 1998-1999.

On venait juste de saisir les fiches papier des archicubes dans une base créée sur mesure par Julien Cassaigne et ses amis informaticiens.

Pour la petite histoire, j'ai connu l'Association installée dans un bungalow de chantier dans la cour Pasteur. Plusieurs fois, nous avons déménagé et nous avons même occupé, peu de temps il est vrai, l'ancien appartement de fonction du directeur !



Petit à petit, j'ai apprécié de travailler avec les bénévoles de l'Association en particulier les cinq présidents que j'ai connus (René Rémond, Gilbert Dagron, Marianne Bastid Bruguère, Jean-Claude Lehmann et maintenant Marianne Laigneau) et tous les membres des divers conseils d'administration.

Mon poste était pour moi un observatoire de la vie normalienne : des jeunes conscrits aux normaliens qui décédaient dans l'année. Je pouvais suivre la carrière de chacun grâce à la mise à jour de l'annuaire. J'ai assisté aux débuts du Service Carrières : sa création par Raymond Hamelin puis sa direction actuelle par François Bouvier. J'ai essayé tant bien que mal de continuer le travail de mémoire de Jacqueline Ferrand qui supervisait les notices en même temps que son travail de trésorière. J'ai aussi eu la chance de participer à la très riche vie de l'École et ses manifestations ouvertes à tous.

J'aurais pu m'arrêter une fois mes enfants entrés dans la vie professionnelle mais ce travail m'a passionnée et je suis restée. Toutes les bonnes choses ont cependant une fin et je vais commencer le 30 juin une nouvelle vie.

Sachez que je vous suis reconnaissante de tout ce que vous m'avez apporté au cours de ces années.

Je vous remercie d'être venus malgré la canicule. Merci encore pour tout.



Agnès Fontaine, Marianne Laigneau et Laurence Levasseur.



LE COURRIER

Guy Lecuyot



Disparition

La fin de l'année universitaire 2016-2017 a été endeuillée par la disparition d'Houda Ayoub, professeure d'arabe à l'École qui nous a quittés le 18 juin 2017. Elle était unanimement appréciée par ses collègues, aimée et respectée par des générations d'élèves qu'elle a initiés à la langue arabe. Passionnée par l'enseignement, elle a grandement développé les études arabes à l'École pendant trois décennies, son enseignement et son rayonnement dépassant d'ailleurs largement le cadre de la rue d'Ulm.

C'est en 1998 qu'elle a lancé la première « Semaine arabe » dont le succès depuis ne s'est jamais démenti ; évènement qui se structurait autour de thèmes choisis et d'invités. Pour le plus grand bonheur des étudiants, des stages linguistiques permettaient de compléter leur formation et de les confronter au monde arabe ; au Caire pour les élèves de première année, à Damas et à Sana pour les plus avancés, ce qui ne semble plus guère possible aujourd'hui. On a un peu l'impression d'évoquer un ancien temps, le temps d'avant le plan Vigipirate et pourtant, c'était juste hier.

Sa santé déclinant, ces dernières années, on la croisait de moins en moins souvent dans les couloirs du 45. Néanmoins, elle laisse un souvenir très présent, celui d'une personne chaleureuse, souriante et serviable qui s'est constamment investie pour ses élèves et dans son travail dont la base était l'ouverture aux autres et le partage des cultures. À l'École, un hommage lui a été rendu le vendredi 20 octobre en salle Dussane.





Départ d'Agnès Fontaine

Après presque vingt années de fidèles et loyaux services, selon la formule consacrée, notre chère Agnès, secrétaire de l'association, a fait valoir ses droits à la retraite, pour « commencer le 30 juin une nouvelle vie ». C'est encore une fois une page qui se tourne et un savoir relationnel et professionnel qui disparaît et qu'il va falloir reconstruire petit à petit. Un pot a été organisé pour la remercier, et surtout lui témoigner notre reconnaissance et notre amitié.

Durant toutes ces années, sous cinq présidences¹, elle a su accomplir avec sérieux les tâches administratives, veiller à la perpétuelle mise à jour de l'annuaire, s'investissant particulièrement les derniers temps dans le travail des notices nécrologiques. Elle a toujours été là pour, en plus de son labeur, accueillir les visiteurs, rendre service et répondre toujours avec patience et efficacité à des demandes diverses et variées et naturellement à celle des anciens normaliens, amis et élèves. Et d'avouer : « Mon poste était pour moi un observatoire de la vie normalienne..., ce travail m'a passionnée. »

Encore merci Agnès, et bon vent !

Exposition

Pendant tout l'été, dans le hall du 45, une petite exposition de seize photos noir et blanc a été accrochée afin d'illustrer la diversité des métiers au sein de l'ENS. Chacun n'a pas manqué d'y reconnaître des personnes que l'on croise régulièrement dans les locaux de la maison, les couloirs, la cour. Même si certaines tâches ont été externalisées, il reste encore bon nombre des agents qui travaillent quotidiennement au bon fonctionnement de la machine. On les trouve dans tous les services, certains sont plus exposés que d'autres comme ceux œuvrant à la bibliothèque ou à la cantine. Ils sont aussi dans les services généraux, les services techniques, ils s'occupent des archives, du patrimoine ou encore de la communication, web, téléphone, multimédia, etc.

Ce modeste panel a permis de mettre à l'honneur des savoir-faire, mais aussi des personnes connues de tous ; d'autres œuvrent plus discrètement, mais toutes sont indispensables au bon fonctionnement de l'établissement. Les chiffres peuvent surprendre quand on se penche sur les diverses catégories de personnes travaillant à l'École ; la famille normalienne comprend plus de quatre mille âmes qui se répartissent comme suit² : personnel administratif et technique 10,2 %, enseignants-chercheurs 9,5 %, chercheurs et ITA dans les laboratoires 37,5 %, élèves normaliens et élèves « Bis » (huit en 2016-2017) 19,5 %, étudiants 23,5 % (dans cette catégorie figurent les normaliens étudiants, 36 %, et ceux de la section internationale, 4,5 %, mais aussi les étudiants inscrits en master ou en doctorat à l'ENS, 55 % et ceux préparant l'agrégation, 4,5 %) ³. Ces données ont le mérite de souligner, s'il en est



besoin, la place importance des laboratoires dans la visibilité et le rayonnement de l'établissement.

Dans l'édition 2018 du classement mondial du *Times Higher Education*, PSL est classée 72^e, 22^e université européenne et première université française. Ce qui augure plutôt bien pour les commissions d'évaluation HCERES d'abord de l'École, puis l'évaluation finale en mars de l'Idex PSL.

Talens

L'été 2017 a été marqué par le peu, voire l'absence d'activité venant animer les couloirs de l'École ou la cour aux Ernest.

Juste avant la rentrée, début septembre, l'association Talens (dans le cadre du programme pour l'égalité scolaire et universitaire)⁴ a mis un peu d'animation en organisant trois campus du 21 au 25 août avec une trentaine de tuteurs afin de préparer les rencontres au cours de l'année scolaire à venir pour « accompagner des élèves issus de milieux modestes afin de les préparer aux exigences de l'enseignement supérieur ». Le premier campus réunissait pas moins de 130 élèves entrant en première venant de lycées dit défavorisés, le deuxième s'adressant à des élèves entrant en classe préparatoire et le dernier à des étudiants invités venant de Syrie, du Soudan, du Yémen et issus de l'association Migrens, qui a pour but principal de « défendre la nécessité de l'accès de tous les étudiant(e)s à la libre poursuite de leurs études et de leurs recherches⁵ » afin de créer des liens entre ces réfugiés et les plus jeunes.

Rentrée 2017-2018

Triez, prenez de la peine... dans la cour sont apparues de nouvelles poubelles. Si l'intention était louable, la réalisation est pour le moins inesthétique et la cour, lieu emblématique et historique de l'École, méritait sans doute une touche plus discrète et plus subtile.

Autre sujet de préoccupation, l'aménagement de nouveaux locaux au détriment des anciennes chambres, qui se trouve actuellement gelé (aujourd'hui le couloir jaune est muré) suite à la contestation de jeunes normaliens, à l'intervention de la police dans les locaux de l'École qui s'est terminée par une journée au poste pour les onze « squatters ».

Parmi les événements marquants en octobre rappelons l'élection d'Alain Fuchs à la présidence de Paris Sciences & Lettres (PSL) ou encore la conférence sur les ondes gravitationnelles d'Yves Meyer, dans le cadre des conférences Olivier Legrain sur l'intelligence artificielle. N'oublions pas les jeudis de l'actualité critique avec son séminaire consacré à l'actualité européenne.

La nuit de l'ENS, fixée le 2 décembre, a eu pour thème « Le temps d'une nuit » et, comme chaque année, c'est l'occasion pour les anciens de venir rencontrer les



Photos copyright Jessy Baudin, Nordine Mezian, G.L.



plus jeunes autour d'un verre et de renouer avec l'École ; de son côté, la remise des diplômes a eu lieu le 21 décembre.

En février est programmée une journée portes ouvertes et en juin une exposition mettant à l'honneur l'archéologie à travers l'étude de la protohistoire à l'École au cours des quarante dernières années (coordinatrice Katerine Gruel).

On peut déjà noter sur nos agendas le 8 juin 2018, date de la nuit de l'ENS qui aura pour thème les origines, mythes et réalité (responsables scientifiques Stéphane Verger, 1984 l, et Hugues Roest Crollins).

Bulletin 22

De nombreux commentaires très positifs « excellents, informatifs, faciles à lire » sur les articles du dossier « Énergies africaines » dans le dernier Bulletin, certains nous encourageant même à essayer de diffuser plus largement cette publication⁶. Encore « bravo aux auteurs ». Un lecteur s'est cependant étonné de ne pas y trouver d'article de Lionel Zinsou-Derlin (1975 l)⁷, actuellement président de la fondation de l'École ; approché, il n'a pas donné suite, mais on ne manquera pas de le solliciter de nouveau pour de prochains bulletins.

Afin d'aller dans le sens du projet initial qui était « de renforcer les liens scientifiques entre la France et l'Afrique », et grâce à l'organisation de Jean Hartweg (1966 l), une table ronde s'est tenue en octobre à l'École d'économie de Paris boulevard Jourdan, associant « le département de géographie de l'École à une réflexion sur la situation en Afrique subsaharienne » (voir p. 170).

Novembre 2017

Notes

1. Président.e.s de l'association bien évidemment : René Rémond (1942 l, décédé en 2007), Gilbert Dagron (1953 l, décédé en 2015), Marianne Bastid Bruguière (1960 L), Jean-Claude Lehmann (1959 s) et maintenant Marianne Laigneau (1984 L).
2. Les chiffres m'ont été communiqués par le service des ressources humaines et le service des admissions et des études.
3. Depuis 2016, élèves et étudiants normaliens préparent le diplôme de l'établissement, ce qui marque un changement puisqu'ils ou elles ne seront plus qualifié.e.s d'ancien.ne.s élèves, mais de diplômé.e.s de l'École (l'écriture inclusive est vraiment illisible !).
4. <http://www.ens.fr/agenda/campus-talens-2017/2017-08-21t080000>
5. <http://www.migrens.ens.fr/bienvenue!lassociation-migrens/>
6. Voici le lien vers *L'Archicube 22* consacré aux Énergies africaines pour la vente numérique <https://www.numilog.com/785734/L-Archicube-n-22--juin-2017.ebook>
7. Originaire du Bénin, après une brillante carrière de financier en France, il a tenté de mettre ses capacités au service de l'Afrique. Lors d'une séance récente à l'Académie des technologies, où il était l'invité d'honneur, il évoqua avec compétence les défis de ce continent :

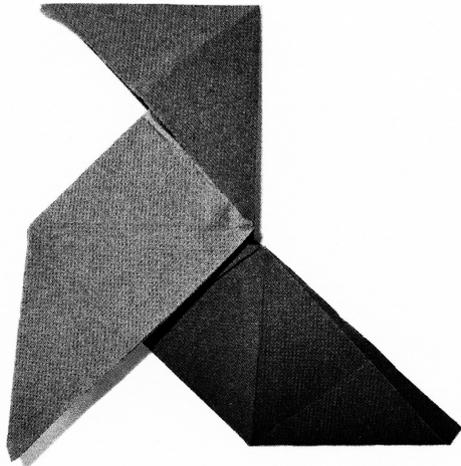


handicaps mais aussi promesses liées à l'utilisation des nouvelles technologies. Au début de cette année, il est devenu président de la Fondation Africa-France, récemment créée.

ADDENDUM

En complément au numéro 17 de *L'Archicube* (« Chine-Japon : regards pour aujourd'hui », décembre 2014), Paul Bady (1961 l) nous rappelle les nombreuses activités et voyages auxquels il a participé de 1973 à 1986 en tant que caïman des langues et civilisations de l'Asie, avant sa nomination à l'UFR des langues et civilisations de l'Asie orientale à Paris 7. Elles montrent bien la place que celles-ci ont occupée à l'École. Il évoque sa participation à un premier voyage en Chine en 1965, qui a permis, grâce à l'Ambassadeur Lucien Paye, de rencontrer André Malraux le 14 juillet dans les jardins de l'Ambassade, puis un autre voyage en 1974, un troisième en Égypte en 1977, un quatrième en 1978 lors de la fondation de l'Académie des sciences sociales de Chine, d'autres voyages au Japon à l'initiative de la fondation du Japon, puis avec Lionel Zinsou-Derin, et enfin, en 1994, pour le Bicentenaire de l'École avec une délégation composée de Jean Mesnard, Robert Richard et lui-même. Il signale également outre les cours de chinois, de japonais, d'arabe, d'hébreu dispensés chaque semaine à l'École, les conférences qu'il a pu être amené à organiser, sur l'Inde avec François Chenet, l'Arabie avec André Miquel, le Japon avec Bernard Frank, J.-J. Origas et J. Pigeot, ainsi qu'un colloque à la BNF sur la littérature chinoise contemporaine, auquel il participa aux côtés de Muriel Detrie et Pierre-Jean Rémy. Ceci sans oublier les très nombreux élèves, français ou étrangers, qui ont pu bénéficier des conseils de la section et de son caïman avant ou après des voyages vers l'Orient ni les publications de la section : Lao She, *Gens de Pékin* (Gallimard), *Les Chants nuptiaux de Tulsidas* (Asiathèque) ; Lu-Xun, *Écriture et révolution* et *Nouvelles et poèmes en prose* (Éditions Rue d'Ulm), Jung-Sun Yi-Tsang, *L'humour de Lao She* (Youfeng).

Merci à lui de ces précisions.



LES NUMÉROS PRÉCÉDENTS

- N° 1 Juin 2006 : L'École en 2006
- N° 2 Juin 2007 : Jean Cavallès (1923 l). Archéologie et politique. La science du secret
- N° 3 Décembre 2007 : Le numérique et l'édition. L'historien, la justice, la douleur et la vérité
- N° 4 Juin 2008 : L'homme, la nature, le risque. Albert Fert (1957 s) prix Nobel
- N° 5 Décembre 2008 : La ville, objet de savoir et champ d'action. Quelle ENS pour le XXI^e siècle ?
- N° 6 Juin 2009 : Le sport à l'École, le sport et l'École. L'humanisme d'Aimé Césaire
- N° 7 Décembre 2009 : La lumière. Les études arabes à l'ENS. L'ENS, une école impossible à normer ?
- N° 8 Mai 2010 : Les réseaux. La bioéthique. La place du droit de l'OMC dans le droit international
- N° 9 Décembre 2010 : Quelles langues pour quels savoirs ? L'Institut Henri-Poincaré et la médaille Fields. L'École d'économie de Paris
- N° 10 Juin 2011 : Quel mécénat pour l'enseignement supérieur et la recherche ? La création de la banque d'épreuves littéraires
- N° 11 Décembre 2011 : La cuisine. Hyung-Dong Lee. Paris Sciences et Lettres
- N° 12 Mai 2012 : La coopération intellectuelle internationale
- N° 13 Décembre 2012 : Frontières : penser à la limite. Le prix Romieu
- N° 14 Juin 2013 : Mérite et excellence. Serge Haroche, prix Nobel de physique
- N° 15 Décembre 2013 : Prendre la mer
- N° 16 Juin 2014 : La mémoire. Léon Brunschvicg
- N° 17 Décembre 2014 : Chine, Japon, regards pour aujourd'hui. Le père André Brien
- N° 18 Juin 2015 : La gratuité. La défense des langues. « Après janvier 2015, s'exprimer contre la terreur »
- N° 19 Décembre 2015 : Responsabilité, intégrité, éthique dans la recherche
- N° 20 Juin 2016 : Vivre dans un monde numérique
- N° 21 Décembre 2016 : Le fabuleux destin du boulevard Jourdan
- N° 22 Juin 2017 : Énergies africaines

L'ARCHICUBE

Revue de l'Association des anciens élèves, élèves
et amis de l'École normale supérieure

Siège de l'Association : 45, rue d'Ulm – 75230 Paris Cedex 05

Téléphone : 01 44 32 32 32 – Télécopie : 01 44 32 31 25

Courriel : a-ulm@ens.fr

Site Internet : <http://www.archicubes.ens.fr>

Directrice de la publication :

Marianne Laigneau, présidente de l'Association

Rédactrice en chef :

Véronique Caron

veronique.caron81@normalesup.org

Comité éditorial et de rédaction :

Le dossier : Véronique Caron et Étienne Guyon

Carrières : François Bouvier et Laurence Levasseur

Les normaliens publient : François Bouvier,
Lucie Marignac, Wladimir Mercouroff et Olivier Szerwiniack

Courrier : Guy Lecuyot (guy.lecuyot@ens.fr)

Diffusion : Wladimir Mercouroff et Véronique Caron

Suivi éditorial : Marie-Hélène Ravenel

Ce numéro 23 de
L'Archicube
a été achevé d'imprimer
sur les presses de l'imprimerie France Quercy
en janvier 2018.

ISSN : 1959-6391

Dépôt légal : janvier 2018
N° d'impression : 00-0000

Mise en pages
TyPAO sarl
75011 Paris