



HAL
open science

Construire l'invisible : convergences et analogies entre les arts visuels et les sciences expérimentales

Gabriele Fedozzi

► **To cite this version:**

Gabriele Fedozzi. Construire l'invisible : convergences et analogies entre les arts visuels et les sciences expérimentales. Art et histoire de l'art. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2021. Français. NNT : 2021PA01H309 . tel-03288054

HAL Id: tel-03288054

<https://theses.hal.science/tel-03288054>

Submitted on 16 Jul 2021

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

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

**UNIVERSITE PARIS I PANTHÉON SORBONNE
UFR 004 D'ARTS PLASTIQUES ET SCIENCES DE
L'ART**

THÈSE

Pour l'obtention du titre de Docteur
en Arts et Sciences de l'art – spécialité Esthétique

Présentée et soutenue publiquement

le 5 FEVRIER 2021 par

Gabriele FEDOZZI

**Construire l'invisible : convergences et analogies
entre les arts visuels et les sciences expérimentales**

Sous la direction de M. Christophe GENIN

Professeur

Membres du Jury

Mme Maria Giulia Dondero, maître de recherches (F.R.S.-
FNRS), Université de Liège

M. Fabrice Flahutez, professeur, Université de Lyon-Saint-
Etienne

M. Olivier Schefer, professeur, Université Paris 1 Panthéon-
Sorbonne

M. Jean-Marc Chomaz, directeur de recherches, CNRS-École
Polytechnique

**UNIVERSITE PARIS I PANTHÉON SORBONNE
UFR 004 D'ARTS PLASTIQUES ET SCIENCES DE
L'ART**

THÈSE

Pour l'obtention du titre de Docteur
en Arts et Sciences de l'art – spécialité Esthétique
Présentée et soutenue publiquement
le 5 FEVRIER 2021 par
Gabriele FEDOZZI

**Construire l'invisible : convergences et analogies
entre les arts visuels et les sciences expérimentales**

Sous la direction de M. Christophe GENIN

Professeur

Membres du Jury

Mme Maria Giulia Dondero, maître de recherches (F.R.S.-
FNRS), Université de Liège

M. Fabrice Flahutez, professeur, Université de Lyon-Saint-
Etienne

M. Olivier Schefer, professeur, Université Paris 1 Panthéon-
Sorbonne

M. Jean-Marc Chomaz, directeur de recherches, CNRS-École
Polytechnique

Résumé

Il est généralement admis de considérer l'art et la science comme deux domaines nettement séparés dans leur méthode de production des images et dans leur apport de connaissance spécifique. Il est ainsi apparu pertinent de repérer les convergences et les analogies qui peuvent conduire à des points de contact notamment dans le domaine de l'invisible, où il est moins aisé d'élaborer des modèles scientifiques aptes à visualiser la forme réelle des objets étudiés. Les théories se fondant sur la ressemblance (de la source par rapport à la cible), dans les arts visuels aussi bien que dans les sciences expérimentales, ne semblent pas pouvoir rendre compte de la complexité de la représentation et de sa fonction référentielle (Goodman). D'autres conceptions, comme celle de Hughes et celle de Suarez, sont proposées car elles permettent de réunir les deux domaines sous un même mode de fonctionnement de l'image qui se base sur la théorie inférentielle. Les caractéristiques essentielles qui déterminent l'image scientifique, telles que l'abstraction et l'idéalisation (Chakravartty), sont comparées aux traits distinctifs de l'image artistique en suggérant l'idée qu'il y a convergence vers un même principe régulateur de sélection et d'organisation des données visuelles ou informationnelles. Pour confirmer qu'il peut exister une étroite corrélation entre art et science, il est apparu nécessaire de trouver un modèle scientifique qui possède une origine artistique. La genèse d'un des modèles couramment utilisés dans le domaine de la microbiologie a été reconstituée en montrant que son origine artistique a contribué de manière déterminante à la codification des données instrumentales afin de permettre la visualisation des protéines (modèle en ruban). Alors que l'image scientifique vise un idéal d'objectivité et de neutralité, elle est néanmoins soumise à un processus d'esthétisation qui se retrouve dans les revues de vulgarisation scientifique, dans les concours de photographie allant jusqu'à inclure la diffusion d'images des agences spatiales comme l'ESA et la NASA. L'idéal de beauté qui émerge est relié à la notion de merveilleux, notamment pour la micrographie, et au concept de sublime pour l'image astronomique. De surcroît, deux artistes sont convoqués pour témoigner de l'intérêt du milieu artistique pour la science et révèlent deux approches opposées : Corbasson adopte une interprétation libre des images et des notions scientifiques pour composer ses œuvres, alors que Taverna produit des compositions picturales qui mettent en images les concepts scientifiques et qui ont pour ambition de répondre aux questionnements de la science.

Summary

It is generally accepted to consider art and science as two distinctly separate fields in their method of image production and their contribution of specific knowledge. It thus appeared relevant to identify convergences and analogies that can lead to commonalities, especially in the field of the invisible, where it is more difficult to develop scientific models able to visualize the real shape of the objects being examined. Theories based on similarity (of the source to the target), in the visual arts as well as in the experimental sciences, do not seem to be able to explain the complexity of representation and its referential function (Goodman). Other conceptions, such as those of Hughes and Suarez, are proposed because they allow the two fields to be united under the same mode of functioning of the image based on inferential theory. The conventions that determine the scientific image, like abstraction and idealization (Chakravartty), are compared to the distinctive features of the artistic image by suggesting the idea that there is convergence towards the same regulatory principle of selection and organization of visual or informational data. To confirm that there can be a close correlation between art and science, it appeared necessary to find a scientific model that has an artistic origin. The genesis of one of the models commonly used in the field of microbiology has been reconstituted by showing that its artistic origin has contributed in a decisive way to the codification of instrumental data in order to allow the visualization of proteins (ribbon model). While the scientific image aims at an ideal of objectivity and neutrality, it is nevertheless subject to a process of aesthetization that can be found in popular science journals, in photography competitions and in the publication of images from space agencies such as ESA and NASA to render the images more attractive. The ideal of beauty that emerges is linked to the notion of the marvelous, especially for micrography, and to the concept of the sublime for astronomical images. Moreover, two artists are summoned to show the artistic community's interest in science and reveal two opposing approaches: Corbasson adopts a free interpretation of images and scientific concepts to compose his works, while Taverna produces pictorial compositions which depict scientific concepts and which aim to answer the questions of science.

Mots-clés

art, astronomie, Chakravartty, Corbasson, formes symboliques, Furugren, Goodman, image, invisible, merveilleux, microscopie, modèle en ruban, perception, représentation, ressemblance, Richardson, science, Suárez, sublime, Taverna, théorie inférentielle

Keywords

art, astronomy, Chakravartty, Corbasson, symbolic forms, Furugren, Goodman, image, invisible, marvelous, microscopy, ribbon model, perception, representation, similarity, Richardson, science, Suárez, sublime, Taverna, inferential theory

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier mon directeur de thèse, Monsieur le Professeur Christophe Genin, pour sa confiance, sa bienveillance et son indéfectible soutien qui m'ont permis de mener à bien ce travail de recherche et d'écriture.

Ensuite je remercie les professeurs Bo Furugren et Anders Liljas, et aussi Attilio Taverna, Matteo Bonazzi et Caroline Corbasson qui m'ont accordé des interviews et fourni de précieuses informations afin d'enrichir ce travail de recherche.

Mes remerciements vont aussi à tous ceux qui ont accepté de participer activement aux réflexions, aux échanges et aux discussions critiques, comme Luc Brouillard, Mauro Tiso et Marco Guadagni. J'adresse également ma profonde gratitude à Mariem Oujkoul et Jean-Max Méjean qui ont suivi mon travail d'écriture avec beaucoup d'attention et de patience.

Enfin, je remercie vivement toutes les personnes qui m'ont permis d'approfondir mon travail : Monsieur Laurent Cohen, professeur de neurologie à l'hôpital Pitié-Salpêtrière, Monsieur Pär Aronsson, professeur de la Swedish University of Agricultural Sciences et les galeries Monteverità à Paris et Laurence Bernard à Genève pour leur collaboration dans mes recherches documentaires.

SOMMAIRE

Résumé	2
Summary	3
Mots clés – Keywords	4
Introduction	9
PARTIE 1 : DE LA SCIENCE À L'ART	16
Chapitre 1 : Déconstruction et Construction	16
1.1 Déconstruction	16
1.1.1 La ressemblance	16
1.1.2 L'image et l'instrument de mesure	24
1.1.3 L'image et le modèle théorique	31
1.1.4 L'image et le sujet connaisseur	34
1.1.5 Objection sur le fait de considérer comme « vraie » l'image rétinienne	43
1.2 Construction	45
1.2.1 Le début de la construction	45
1.2.2 À la base d'une convergence	47
1.2.3 Vérité artistique, une question de convention ?	49
Chapitre 2 : Abstraction et Idéalisation	54
2.1 Abstraction	54
2.1.1 Abstraction et idéalisation dans la représentation scientifique	54
2.1.2 L'abstraction dans l'art	57
2.1.3 L'abstraction et l'origine de l'image scientifique	60
2.1.4 De l'ancien dans l'actuel	64
2.1.5 Image et photographie	68
2.1.6 Aux confins de l'abstraction	70
2.1.7 Abstraction et figuration	75
2.1.8 Abstraction <i>versus</i> Réalisme ?	77
2.1.9 Abstraction et expérience scientifique	83
2.2 Idéalisation	87
2.2.1 L'idéalisation	87
2.2.2 L'idéalisation dans l'art et dans la science	89
2.2.3 Idéalisation et déformation	91
2.2.4 Idéalisation et reconstruction de l'objet	102

2.2.5	Cubisme et relativisme pour une approche fonctionnaliste	107
Chapitre 3 : Vers une conception de la représentation unifiée ?		112
3.1	Réalisme et convention	112
3.2	La <i>représentation-en</i>	116
3.3	Théorie inférentielle de la représentation	123
3.4	Le processus d'objectivation	130
3.5	L'interprétation	136
3.6	Les codes	141
Chapitre 4 : L'origine artistique d'une imagerie scientifique		151
4.1	La recherche d'une source artistique	151
4.1.1	Formulation des hypothèses	151
4.1.2	Premier cas : Escher et les dessins en forme de ruban	153
4.1.3	Deuxième cas : les méandres des vases grecs	170
4.1.4	Troisième cas : Picasso	173
4.1.5	Quatrième cas : l'origami	177
4.2	Le modèle en ruban	182
4.2.1	Les origines du dessin en ruban	182
4.2.2	De l'intervention de l'artiste ou l'invention du modèle en ruban	194
4.2.3	La diffusion des dessins en ruban	206
4.2.4	Le modèle en ruban à l'épreuve des théories exposées	213
PARTIE 2 : DE L'ART À LA SCIENCE		225
Chapitre 5 : L'esthétisation de l'imagerie scientifique		225
5.1	La vue d'artiste	225
5.2	L'image photographique astronomique retouchée	230
5.3	De l'image astronomique à la micrographie : le merveilleux	234
5.4	Emprunts dans la micrographie	240
5.5	Un aperçu des micrographies d'artistes non scientifiques	253
5.6	Vers une résurgence du sublime ?	259
5.7	Références dans la photographie astronomique retouchée	273
Chapitre 6 : L'interprétation artistique de la science		276
6.1	De l'intérêt pour la science	276
6.2	Caroline Corbasson ou la libre interprétation de la science	278
6.3	De l'intuition et du langage	290
6.4	Attilio Taverna : une œuvre qui s'adresse à la science	296

Conclusion	314
Annexe 1 Matteo Bonazzi	322
Annexe 2 Bo Furugren	333
Annexe 3 Caroline Corbasson	349
Bibliographie	359
Iconographie	382

INTRODUCTION

Dans notre étude nous avons choisi de prendre en compte l'invisible parce qu'il est un domaine de la connaissance dans lequel les ressources intellectuelles, technologiques et théoriques semblent converger pour construire une image de ce que la vue n'est pas apte à saisir. L'invisible peut se constituer à divers degrés : celui à notre échelle, engendré par le manque de moyens propres à nos sens, tels que certaines couleurs auxquelles nos récepteurs ne sont pas sensibles (à la différence d'autres espèces animales par exemple), ou celui opérant dans l'infiniment petit et dans l'infiniment grand qui constitue un des défis majeurs pour la science et la connaissance en général.

Un invisible présuppose un visible dont les caractères sont fixés et déterminés avec certitude une fois pour toutes, pour pouvoir construire une image du monde et pouvoir explorer ainsi les parties du connaissable qui se cachent à notre vision. Cependant, avons-nous l'assurance que notre vision fournit une image exacte ou une image miroir de la réalité ? De plus, les instruments scientifiques qui se veulent tributaires du mécanisme de la vision, en tant que récepteurs des phénomènes de la réalité, sont-ils vraiment si neutres ou sont-ils assujettis à des théories scientifiques dont leur conception et leur construction dépendent ? Il nous est apparu nécessaire de nous interroger sur ces questions dans le premier chapitre pour comprendre si la dichotomie visible-invisible n'est pas révélatrice d'un phénomène plus complexe, qui ne se limite pas à la vision, mais qui doit impliquer des catégories plus amples de la connaissance comme les conventions, l'expérience et les usages.

Si le visible n'est donc pas une situation de fait, établie et sûre, dont les confins coïncident avec certitude avec notre vision et ses capacités, son opposé qui est l'invisible risque de se superposer dans des zones d'incertitude qui ne correspondent plus aux aspects extérieurs de l'objet, aux mondes de l'infiniment petit ou grand, mais relèvent davantage d'une interrogation sur la réalité et sur notre capacité à la saisir avec des moyens intellectuels et empiriques adaptés. La question centrale semble ainsi se déplacer de la reproductibilité du visible, et de l'invisible, à la construction que les moyens intellectuels et instrumentaux peuvent en faire.

Dans cette situation qui perd en stabilité dans la mesure où les moyens intellectuels peuvent évoluer, changer, et être constamment influencés par la culture, le milieu et l'expérience personnelle, nous nous demandons si les arts visuels et les sciences expérimentales peuvent se rapprocher, voire s'influencer réciproquement, notamment dans le domaine de l'image qui est au centre de notre étude.

Si oui, par quels moyens et avec quels résultats ? L'opinion commune veut que ces deux domaines soient étanches l'un à l'autre et, en effet, dans le domaine de la représentation on ne s'attendrait pas à ce qu'une revue scientifique présente un tableau cubiste pour expliquer une molécule. Il n'est pas non plus courant de voir des images issues d'un microscope faire la une d'une revue dédiée à l'art ou apparaître dans un musée consacré à l'art moderne ou contemporain. De plus, la doxa veut que ces deux domaines soient aussi éloignés que possible dans leur méthode de production des images et dans leur approche au monde : l'un suivrait l'instinct, l'intuition ou l'émotion, l'autre la raison, l'objectivité et la vérité des choses ; l'un n'a pas de méthode véritable et offrirait une vision uniquement personnelle du monde, discutable et inconstante, l'autre se bâtirait sur une solide méthode, universelle et vraie, difficilement contestable au point que l'on dit couramment pour fournir une preuve à un discours : « c'est la science qui le dit ».

Prenant à contre-pied ces opinions notre problématique émerge : pour construire l'invisible y a-t-il des convergences et des analogies entre représentation scientifique et représentation artistique ? La proposition que nous apportons étant affirmative, elle cherche à être soutenue par des théories et des exemples précis qui seront décrits tout au long de notre étude. Une série de questions que nous nous posons dans la première partie, composée de quatre chapitres, nous aidera à développer les arguments nécessaires pour soutenir une telle proposition.

Notre thèse débutera par une question majeure (chapitre 1) dont la réponse est une position que nous allons tenir tout au long du développement : la représentation scientifique est-elle un miroir de la réalité, ou bien se positionne-t-elle comme un instrument apte à fixer les connaissances provisoires que nous en avons ? Prendre position et soutenir la seconde option signifie que la représentation scientifique n'est pas un univers fermé en lui-même, une sorte de citadelle protégée où la vérité prend ses quartiers et établit sa résidence. Au contraire, cette position rend mieux compte de l'effort humain et intellectuel visant à construire une méthode qui soit la plus fiable possible, dont les résultats puissent être les plus efficaces et sûrs, et dont les prévisions puissent ouvrir les portes à de nouvelles pistes de découvertes. Cette *ouverture* nous conduit à penser la science comme une manière de procéder constamment en construction. Dans l'édification progressive de cette connaissance scientifique des incursions, des emprunts et des interférences de l'art se révèlent fondateurs (la perspective), quelques fois non avérés (le cubisme et la théorie d'Einstein), d'autres fois indispensables comme dans la réalisation d'un modèle réussi (Richardson/Furugren).

Nous nous interrogerons ensuite (chapitre 2) sur le rapport entre représentation et réalité, et plus précisément sur une question qui en découle : l'art et la science, dans leurs modes de

fonctionnement respectifs, peuvent-ils répondre aux mêmes conventions ? L'article d'un philosophe de la science (Chakravartty) met en lumière le fait que deux conventions gouvernent la représentation scientifique : l'abstraction et l'idéalisation. Nous transposerons ces deux conventions à la représentation artistique, notamment picturale, pour confronter les deux domaines afin de comprendre si, au-delà des similarités sur le plan formel et morphologique, nous ne sommes pas face à un même système de pensée, un même système d'organisation des données visuelles qui trouve ses origines à la Renaissance et demeure présent aujourd'hui encore (abstraction).

De manière parallèle, le XIX^e siècle paraissait avoir éloigné définitivement la science de l'art¹, chacune des deux disciplines semblait destinée à un rôle et un type de connaissance incompatible avec l'autre. Pourtant, au tournant du siècle certaines découvertes comme la relativité d'Einstein ou des positions épistémologiques comme le commodisme de Poincaré ont souvent suggéré un rapprochement avec les mouvements d'avant-gardes. C'est pourquoi nous nous demanderons si cette relation ne doit pas plutôt s'axer sur une approche fonctionnelle de la réalité restituant et privilégiant dans la représentation les caractéristiques qui permettent de mettre en évidence seulement certaines propriétés plutôt qu'une vision complète et unique de la réalité (idéalisation).

Dans le chapitre 3, nous explorerons une possible convergence entre représentation artistique et représentation scientifique : peuvent-elles relever d'une même théorie explicative ? Peuvent-elles inscrire la mise en image d'une idée ou d'un concept dans un même mode opératoire de production et réception ? Nous y répondrons en commençant par préciser sur quelles bases la mécanique de la représentation se fonde, et si le réalisme et la similarité sont des paramètres fiables et suffisants. Ensuite nous analyserons deux points de vue distincts mais qui conduisent vers une théorie unique de la représentation qui permet de réunir l'art et la science sous un même principe opératoire : le raisonnement de substitution qui produit des inférences utiles à la connaissance de l'objet représenté (Hughes et Suárez). Il est par ailleurs apparu important d'examiner dans quelle mesure l'image scientifique est soumise à un processus d'objectivation (Dondero) et quels sont les types d'interprétation qui lui sont applicables (Eco). Enfin, prenant comme exemple la microbiologie, nous considérerons si parmi la grande diversité des codes de l'image scientifique certains ne relèvent pas d'un usage culturel qui s'est sédimenté au long de l'histoire et est tout aussi applicable aux arts visuels.

¹ Voir : DASTON, Lorraine, GALISON, Peter. Objectivité. Trad. par Hélène QUINIOU et Sophie RENAUT. Dijon : Les Presses du réel, 2012. Fabula. Première éd. en anglais 2007. Chapitre III et en particulier p. 147.

Dans la littérature ayant pour sujet les liens entre arts visuels et sciences expérimentales, rares sont les exemples répertoriés qui indiquent qu'un modèle scientifique a été produit par un artiste ou que sa genèse dépend directement d'une œuvre artistique. Dans le chapitre 4, nous montrerons qu'existe un modèle couramment employé dans les sciences expérimentales et qui possède une origine artistique. Nous soumettrons à une analyse minutieuse l'article d'une célèbre biochimiste américaine (Richardson) qui indique de quelle façon l'art peut jouer un rôle fondamental dans la construction de la représentation scientifique. Partant de cet article et poussant un peu plus loin nos investigations, nous nous pencherons sur un modèle de protéine plus spécifique appelé *en ruban* pour essayer de comprendre si, contre une littérature qui attribue sa paternité à Richardson, sa véritable origine n'est pas le fruit du travail d'un artiste peu connu devenu chimiste (Furugren).

Si dans la première partie (chapitres 1-4) l'objet d'étude est axé sur l'image scientifique, ses analogies et ses éventuelles convergences avec l'image artistique, la seconde partie (chapitres 5-6) se penchera davantage sur la production d'œuvres artistiques qui se rattachent, à divers degrés, à la science. Dans le chapitre 5, il sera en effet question d'abord de s'interroger sur le statut ambigu de l'illustration scientifique de vulgarisation, qui se situe entre l'exigence de fournir une information scientifique fiable et l'interprétation personnelle de l'auteur qui la construit. Cette ambiguïté est aussi au centre d'une vaste opération d'esthétisation de l'image scientifique, notamment astronomique mais aussi dans la microbiologie et la chimie. Nous précisons quels moyens plastiques conduisent le produit d'une capture instrumentale, comme une photographie astronomique ou une micrographie, à entrer dans la sphère artistique. De plus, dans ce passage d'un statut à l'autre nous chercherons à comprendre si l'on peut rattacher cette nouvelle imagerie à d'anciennes catégories de l'esthétique comme le sublime et le merveilleux. Dans le chapitre 6, nous étudierons les œuvres de deux artistes contemporains (Corbasson et Taverna) pour saisir dans quelle mesure les notions et l'imagerie scientifiques influencent la production artistique actuelle. L'objectif n'étant pas uniquement de mettre en évidence leurs démarches et leurs buts respectifs mais aussi de s'interroger sur les possibilités et les résistances qu'une composition artistique trouve dans une éventuelle intégration dans l'imagerie scientifique.

Nous avons conduit notre enquête en prenant en considération les sciences dont la méthode expérimentale confère à l'étude observationnelle et à la production d'images instrumentales un rôle non marginal dans la pratique de laboratoire. La priorité a été donnée à la biologie (en particulier la visualisation des protéines et les micrographies) et à la chimie (image de la molécule de Moriarty) mais quelques exemples issus de l'anatomie (Vésale), de l'astronomie (Dondero) et de l'image naturaliste des plantes (Weiditz, Dürer et Léonard de

Vinci) nous ont permis de mettre en évidence certains caractères qui se situent entre l'image artistique et scientifique. Nous recourons plus rarement aux notions provenant de la physique cependant il nous est arrivé de les mettre en relation avec les tableaux de Taverna. Pour les arts visuels, la peinture occupe une place plus importante, mais le dessin et la gravure, la photographie et la vidéo seront aussi convoqués afin de mettre en lumière la spécificité de certaines analogies avec la science.

Notre réflexion porte principalement sur l'époque contemporaine, sa production scientifique et ses manifestations artistiques, du début du XX^e siècle jusqu'à nos jours. Elle ne néglige pas pour autant les sources de certaines notions esthétiques examinées (XVII^e et XVIII^e siècles), comme le sublime ou le merveilleux, ou un regard rétrospectif sur les correspondances de l'abstraction et de l'idéalisation avec la peinture moderne à partir de la Renaissance.

Dans ce travail qui se veut transdisciplinaire, un obstacle de taille risque de freiner toute tentative de rapprochement et de dialogue entre les deux disciplines considérées : la nécessité d'une pertinence complète et une connaissance solide à la fois dans les domaines de l'art et de la science. Notre formation n'est pas celle d'un physicien ni d'un épistémologue, mais s'étant construite sur les Lettres et l'Histoire de l'art, elle risque d'axer le discours uniquement sur le monde de l'art pour faire de la science un simple lieu d'exploration ou d'inspiration pour les artistes. Nous avons donc osé nous risquer à une réflexion qui nous conduit, en tant qu'observateur de l'image artistique et ses processus de construction, à considérer les enjeux et la mécanique qui préside à la production d'une image scientifique. Au lieu d'appliquer des théories de l'art à la représentation scientifique, il est apparu plus utile et fécond de procéder par une approche inverse : choisir les conventions de la représentation scientifique et montrer de quelle manière elles peuvent retrouver des caractères homologues, par correspondance de forme et de fonction, dans leur application aux arts visuels (chapitre 2). De manière similaire nous avons convoqué un mode de raisonnement (Hughes) et une théorie (Suárez) qui rendent compte avant tout du mode de fonctionnement de la représentation scientifique mais qui assimilent aussi la représentation artistique (chapitre 3). La réflexion menée dans les trois premiers chapitres a conduit à un quatrième qui examine des exemples concrets d'assimilation de l'art dans une recherche pointue de la microbiologie moléculaire. Pour ce dernier chapitre notre formation en sciences humaines nous a fourni les outils pour déceler les origines artistiques d'une représentation scientifique. Les mêmes outils ont été indispensables pour clarifier les notions esthétiques en relation avec la science, abordées dans les deux derniers chapitres (chapitre 5 et 6).

Notre approche peut comporter des limites comme le fait de ne pas prendre une position strictement critique vis-à-vis des auteurs que nous évoquons notamment dans le troisième chapitre. Ces philosophes de la science, sémioticiens et scientifiques, comme Suárez, Hughes et Dondero, proposent des visions de la représentation qui établissent un pont entre art et science et rendent possible une intégration entre les deux domaines. Nous expliquons dans le détail leurs conceptions respectives et nous les adoptons pour mettre à l'épreuve le modèle en ruban (chapitre 4) et pour montrer comment la représentation artistique peut rencontrer des difficultés à être assimilée dans la pratique scientifique (chapitre 6). Le long de notre parcours, nous avons établi un dialogue idéal avec ces auteurs pour développer un cheminement de la pensée qui voudrait contribuer à montrer, étape par étape, qu'entre représentation scientifique et représentation artistique les conventions sont similaires, que l'on utilise le même système de transfert des informations et que les deux domaines peuvent s'alimenter mutuellement par des motifs symboliques que les images présentent. Notre démarche se veut analogique et comparative. Nous nous orientons vers une interprétation cognitive de l'œuvre d'art en tant que production de l'esprit qui peut conduire à une forme de connaissance de la réalité.

Le sujet art-science étant très vaste et comprenant diverses disciplines qui s'entrecroisent comme l'herméneutique, l'épistémologie, l'histoire de l'art, l'esthétique, la sémiotique, l'histoire des idées (la philosophie de la science) et bien d'autres qui peuvent apporter leur contribution, nous avons dû faire des choix, sélectionner ce qui semblait le plus utile et pertinent pour aborder cette matière afin de démontrer notre propos et proposer une vision en contact avec les tendances actuelles de la pensée. Nous avons écarté les articles et les ouvrages qui ne se fondaient pas sur des arguments valables ou solides pouvant montrer de véritables influences entre les deux disciplines mais qui suggéraient de vagues analogies reposant sur des idéaux abstraits comme l'existence d'une identité commune entre art et science ou d'une forme de beauté cachée pouvant les réunir. Il n'est pas exclu *a priori* que ces discours puissent avoir un fondement mais il a été décidé de ne pas les prendre en considération pour notre travail. Notre étude a pour ambition de se fonder sur des éléments vérifiables et, éventuellement, aptes à être remis en question par d'autres arguments ou par l'avancée de la connaissance qui, un jour, pourrait contredire les bases sur lesquelles notre discours repose.

Nous avons adopté un langage qui a la volonté de s'adresser à un double lecteur idéal : un scientifique aussi bien qu'à un non scientifique. Les descriptions fournies dans le développement de notre propos, quelquefois sans doute très détaillées, ont pour but de réduire la complexité de la matière traitée tout en essayant de ne pas perdre en clarté. Enfin une précision s'impose : le mot « paragraphe » que nous employons souvent et sur lequel s'organise la subdivision des chapitres, doit être compris dans le sens exposé par le CNRTL en tant que

« section d'un texte en prose, manuscrit ou imprimé, développant un point bien délimité de l'exposé en cours, pouvant comporter plusieurs alinéas et constituant elle-même une subdivision d'un ensemble plus important (généralement un chapitre)² ».

² Définition paraissant dans le site du Centre National de Ressources Textuelles et Lexicale (CNRTL) à l'adresse : <https://www.cnrtl.fr/definition/paragraphe> [consulté le 3 septembre 2020].

PARTIE 1 : DE LA SCIENCE À L'ART

Chapitre 1 : Déconstruction et construction

1.1 Déconstruction

1.1.1 La ressemblance

À une première vue, il apparaît naturel de juger qu'une image est fiable si elle ressemble à l'objet qu'elle représente. Le portrait dessiné qui nous renvoie à une personne connue, la photographie d'un objet ou le tableau qui nous permet de distinguer un paysage notoire sont souvent mis en avant comme exemples qui transfèrent sur un support les traits caractéristiques rendant reconnaissable l'objet de l'image. Ainsi, l'image qui est porteuse de signification par description conduirait à tirer des inférences vraies³ que l'observateur serait prêt à saisir. Mais la ressemblance est-elle une condition nécessaire et suffisante au processus de représentation ? Que signifie-t-elle dans le domaine de l'invisible ?

L'un des philosophes qui a théorisé la ressemblance comme fondement du processus de représentation est l'américain Monroe C. Beardsley et il l'explique avec cette formule : « "Le dessin X représente un objet Y" signifie que "X contient une zone qui ressemble plus à l'aspect visuel des Y qu'à celui des objets de toute autre classe." ⁴ » Beardsley indique dans le mot « dessin » tout type de support comme peinture, gravure, photographie et, bien que le médium de la représentation pourrait comprendre aussi une statue ou un bâtiment – écrit-il –

³ Selon la théorie de Beardsley, que nous allons examiner, les énoncés (*statements* en anglais) vrais sur le contenu d'une image trouveraient dans la ressemblance un argument solide et suffisant. Voir : BEARDSLEY, M.C. *Aesthetics: Problems in the Philosophy of Criticism*. Harcourt, Brace, 1958, p. 269 et p. 272.

⁴ Nous traduisons : « "The design X depicts an object Y" means "X contains some area that is more similar to the visual appearance of Y's than to objects of any other class. » BEARDSLEY, *id.* p. 270. L'auteur apporte une série de précisions avant d'énoncer sa formule. Les principales sont : que le support possède à la fois une dimension matérielle et représentative, dans le cas d'une peinture par exemple nous voyons à travers (*seeing through*) la toile et les pigments pour déceler un sujet ; qu'il existe une différence entre ce qu'un support présente, à savoir ce qui est tracé sur sa surface, et ce qu'il représente, à savoir la reconnaissance d'un sujet qui demande une interprétation ; que la représentation se base avant tout sur une description par image (*depiction*) d'objets qui conduit à la reconnaissance de figures élémentaires (comme des hommes, des femmes, des pommes, etc.) auxquels, ensuite, on peut attribuer une identité plus précise (des princes, des déesses, la pomme d'or de Pâris). p. 267-270. Le mot *depiction* est utilisé aussi par Goodman pour l'appliquer à la description par image d'un sujet, ou d'un référent extérieur, en le différenciant de la description par mots, ou linguistique. Nous allons garder le mot *description* le long de notre travail car nous ne traitons pas d'autres systèmes représentationnels (linguistiques, musicaux, etc.). Voir GOODMAN, Nelson. *Langages de l'art: une approche de la théorie des symboles*. Paris, France : Librairie Arthème Fayard, première édition en anglais 1968, éd consultée 2011, p. 64-67.

son analyse se restreint au support bidimensionnel. L'élément Y est déduit à partir de la forme de X, ou d'une portion d'elle, et renvoie à un objet extérieur au dessin que l'on peut identifier par ressemblance et ranger dans une classe bien définie d'objets. L'auteur américain pose la condition que pour pouvoir reconnaître un objet il faut avant tout l'*expérience*, à savoir la connaissance qui nous permet de classer l'objet Y dans une catégorie spécifique, qui apparaît constituée avant tout par son aspect visuel, comme le fait de classer une pomme parmi les pommes, une figure d'homme parmi les hommes et ainsi de suite. Donc le dessin X établit la liaison vers l'objet Y par association d'une série de traits caractéristiques de son aspect visuel qui seraient présents aussi en Y.

La formule de Beardsley systématise un usage commun largement répandu dans la vie de tout individu et rend compte du fonctionnement de l'interprétation d'un objet visuel notamment quand il s'agit de reconnaître un objet notoire dans un support. Elle pose néanmoins une série de problèmes comme : quand peut-on faire la distinction entre figure ressemblante et non ressemblante, quelles qualités sont en jeu ? Les acquis de la connaissance ont-ils une valeur universelle pour conduire à associer une figure à un objet précis ? Comment traiter les peintures non-figuratives et plus généralement les objets inconnus ?

L'auteur applique deux restrictions importantes à sa formule initiale : la première consiste à exclure les classes des choses qu'il définit comme conceptuelles et fortuites (*formal classes*) où apparaissent des figures comme des cônes, des sphères ou des triangles sans expliciter davantage les critères de sélection. Il admet seules les classes (*vital classes*) qui se rapportent à des objets ayant des fins et des besoins pratiques tels que les couteaux, les maisons, les chevaux, plus les figures imaginaires, comme les Amazones ou les griffons, car cette dernière typologie renvoie à des objets « concrets⁵ », que l'on peut identifier par ressemblance. Ainsi, puisque seules les *vital classes* sont éligibles à la représentation, le critère de sélection semble se déplacer vers une opposition entre deux ordres d'image : l'un figuratif où les formes sont associées à des objets *concrets*, l'autre non-figuratif où les formes ne sont pas susceptibles d'être identifiées en tant qu'objets précis, que cela soit dans le monde réel ou fictif (Amazones et griffons). Par conséquent, certaines peintures peuvent contenir des portions qui représentent

⁵ L'auteur indique : « L'inexistence n'empêche pas non plus la classe des chimères d'être une classe vitale, car ce concept est très concret et plein, et nous pouvons imaginer certaines des façons dont ces créatures, si elles apparaissaient, pourraient affecter nos vies et présenter des problèmes particuliers, même si nous ne savons pas exactement comment y faire face. » Nous traduisons : « Nonexistence does not prevent the class of chimeras from being a vital class, either; for this concept is very concrete and full, and we can imagine some of the ways in which such creatures, if they turned up, could affect our lives and present special problems, even if we are not sure exactly how to cope with them. » In : BEARDSLEY, *op. cit.*, p. 272.

et d'autres qui ne représentent pas⁶, plaçant ainsi l'ensemble d'une image dans un statut ambigu et la production du sens plus incertaine du fait d'admettre seulement des parties qui véhiculent la représentation. En effet, quelle relation peut-on établir entre les parties représentatives et celles qui ne le sont pas ? Ces dernières, sont-elles susceptibles de contribuer à la construction du sens ou sont-elles accessoires ?

Beardsley semble apporter une réponse lorsqu'il considère qu'il existe une classe de formes qui, tout en n'étant pas représentative, peut s'associer à des objets concrets. C'est le cas – écrit-il⁷ – quand nous nous trouvons devant une ligne ondulée qui rappelle un serpent ou un autre motif avec lequel nous faisons le lien avec un objet du monde naturel. Pour cette typologie des formes il introduit le terme de *suggestion* afin d'indiquer une association qui se base toujours sur la similitude de forme et de couleur. Dans ce cas de figure, la ressemblance (terme équivalent à similitude) n'étant pas assez élevée elle dépendra davantage de l'avis de l'individu interprétant. Assumant un aspect plus discrétionnaire, cette deuxième forme de ressemblance – plus modérée ou réduite pourrait-on ajouter – peut conduire à des interprétations multiples, voire ambiguës, qui nécessitent alors, selon l'auteur américain, un *principe de congruence*, à savoir une sélection d'interprétation qui peuvent être pertinentes selon le contexte et le contenu de l'image. Il serait possible ainsi, d'établir un accord entre le contenu général du tableau et le détail particulier, ce dernier pouvant ainsi être assimilé dans une sorte de cohérence descriptive que les parties représentatives suggèrent⁸.

L'association par *suggestion*, en tant que forme réduite de ressemblance, et le *principe de congruence* ne semblent pourtant pas répondre aux nombreuses questions que les restrictions de la formule de Beardsley soulèvent. Comment distinguer une ressemblance qui devient représentative d'une autre plus réduite qui s'applique par suggestion et quelle limite sépare la première de la seconde ? Un détail particulier doit-il forcément être inclus dans une interprétation dépendante des formes ressemblantes représentatives ou est-il susceptible de renvoyer à d'autres significations⁹ ou même est-il en mesure de remettre en discussion une première lecture représentative par ressemblance ?

⁶ Beardsley cite la tableau *Divisibilité indéfinie* d'Yves Tanguy de 1942 (conservé à la Collection Albright-Knox Art Gallery, Buffalo, New York) comme exemple d'image qui possède des parties représentatives et d'autres qui ne le sont pas. *Ibid.*

⁷ *Id.*, p. 283.

⁸ Un des exemples fournis par Beardsley se réfère au petit détail carré de la lithographie numéro 22 appartenant au cycle *Miserere* de Georges Rouault (de 1926 et conservée à University of Wisconsin-Milwaukee Art Collection and Galleries) qui, suivant le *principe de congruence*, conduirait le spectateur à y voir une maison. BEARDSLEY, *op. cit.*, p. 284 et planche V.

⁹ À ce propos nous renvoyons à l'exemple donné par le détail du tableau de Matisse que nous traitons à la p. 94.

Sans apporter des solutions adéquates à ces interrogations¹⁰, Beardsley fournit néanmoins une construction théorique qui semblerait pouvoir fonctionner notamment pour des tableaux figuratifs ou pour des images photographiques¹¹ dans lesquels le sujet s'imposerait *spontanément* par corrélation avec l'aspect visuel. Cependant, pour que son système se réalise par ressemblance, il faudrait que les deux termes de comparaison qui sont l'objet réel et son correspondant figuré soient stables et chacun universellement perçus de la même manière. Or, les recherches en psychologie cognitive produisent de nombreuses études qui indiquent qu'en fonction du contexte un objet est susceptible de modifier sensiblement ses couleurs et sa forme dans la perception visuelle¹², et que l'environnement naturel et culturel dans lequel les individus vivent et sont éduqués peut influencer la perception des figures dans l'espace¹³. Ainsi, les deux termes qui devraient servir de base pour que la corrélation entre l'objet et sa figure s'établisse de manière stable et constante s'avèrent bien moins universels et uniformes dans leur aspect visuel que ce à quoi on s'attendrait pour construire une théorie basée sur la ressemblance.

La représentation par similarité trouve un obstacle supplémentaire lorsque l'on suppose que le transfert des qualités qui déterminent l'aspect visuel d'un objet soient transposées fidèlement dans sa figuration. Dans le domaine de la peinture, E. H. Gombrich met en évidence que la similarité ne consiste pas à transposer des traits visuels caractéristiques de l'objet réel sur la toile mais qu'il s'agit plutôt de reconstruire les associations de couleurs et de formes qui

¹⁰ Une limite ultérieure de la ressemblance dans la constitution d'un système de représentation est donnée par l'auteur lui-même lorsqu'il décrit le fonctionnement du portrait. En partant de la description d'un des autoportraits de Rembrandt, il écrit qu'il se peut que l'image ressemble davantage à un individu étranger au sujet du tableau qu'au peintre lui-même. Il est ainsi nécessaire d'introduire d'autres conditions externes à la ressemblance comme les diverses sources (tableaux, titre de la peinture, témoignages et d'autres éléments) qui reconduisent au sujet original du tableau ou, au-delà des autoportraits, des preuves qui attestent que le peintre s'est bien inspiré d'un modèle particulier pour en faire le portrait. BEARDSLEY, *op. cit.*, p. 273-278. Voir aussi BLANC-BENON, Laure, La question du réalisme en peinture: approches contemporaines. Paris : J. Vrin, 2009. p. 94-98.

¹¹ Il est généralement admis de considérer l'image photographique indicielle et l'image picturale non indicielle. L'indice de dérivation peircienne étant le lien causal entre l'image et son référent (KRAUSS, Rosalind. Notes on the Index: Seventies Art in America. October. The MIT Press, Vol. 3, p. 68-81, 1977, p. 75) légitimerait la description du sujet par ressemblance avec l'image photographique, conduirait à construire un réalisme et une sorte de vérité de l'image (BAZIN, André, Ontologie de l'image photographique, [1945], in Qu'est-ce que le cinéma ? Les Éditions du Cerf, Collection le 7^e art, 1958, p. 11-19). Pourtant, cette catégorisation apparaît réductrice du fait que certaines photographies peuvent s'approcher plus d'une peinture (photographie artistique) ou montrer des objets qui ne sont pas strictement *réels* (l'Empire State Building dans un film ou dans un photographie peut très bien montrer un faux), ou encore sont susceptibles de requérir des codes spécifiques (chapitre 3, paragraphe 3.6) pour identifier des objets. Ainsi nous semble-t-il plus adapté de faire la distinction entre dépicition (description par image d'un objet) et détection (enregistrement de traces d'un objet par processus mécanique ou électronique) comme l'expose Maynard in MAYNARD, Patrick. The engine of visualization: thinking through photography. Ithaca, N.Y : Cornell University Press, 1997, p. 114 et p. 128-131.

¹² Nous reviendrons sur ce point dans le paragraphe 1.1.4.

¹³ Voir : DEREŃGOWSKI, J. B., Cross-Cultural studies of Illusions in SHAPIRO, Arthur et TODOROVIĆ, Dejan (dir.). The Oxford compendium of visual illusions. Oxford : Oxford University Press, 2017, chap. 2, p. 38-53.

rendent convaincante la similitude avec l'objet représenté¹⁴. De plus, l'historien de l'art anglais met en lumière la façon dont les artistes maîtrisent les effets d'illusion de vérité et de vraisemblance convoqués dans leurs tableaux en les confrontant avec les études sur la perception¹⁵. Cependant, celui qui assume une position nette contre la ressemblance en tant que fondement de la représentation est Nelson Goodman. Le philosophe américain met en relation la ressemblance avec des jugements qui reposent sur des habitudes enracinées plutôt qu'avec un véritable raisonnement solide pouvant expliquer la fonction référentielle. Il conteste la logique qui relie ressemblance et représentation par les arguments de réflexivité et de symétrie¹⁶, et refuse de bâtir sur la ressemblance, en tant que critère fiable, un réalisme qui ne peut qu'être relatif à un cadre de référence bien spécifique¹⁷. De plus, il met en lumière la difficulté de construire des référentiels fiables et universels pour définir la nature des propriétés que deux objets distincts devraient posséder pour fonder une relation de ressemblance¹⁸. Ainsi, conclut-il, la ressemblance demeure relative et variable tout en étant bien utile notamment dans des discours ordinaires et particuliers lorsque le cadre de référence est fixé de manière plus ou moins explicite.

Formulation d'une théorie non exhaustive (Beardsley), critères de référence peu fiables (Goodman), données visuelles soumises à la perception (psychologie cognitive) sont autant d'éléments qui semblent saper l'ambition de formuler une théorie de la représentation susceptible de trouver dans la ressemblance une base solide de construction. Pourtant, si l'on suit Roman Frigg, dans les temps récents le « retour du réel¹⁹ » insuffle une nouvelle attention

¹⁴ GOMBRICH, Ernst Hans et DURAND, Guy (trad.), *L'art et l'illusion: psychologie de la représentation picturale*. NRF Gallimard, Paris 1996, première ed. en anglais 1960. Voir en particulier p. 39-40.

¹⁵ Bien que Gombrich adopte une position qui soutient le caractère relatif de la représentation (GOMBRICH, *op. cit.*, voir en particulier chap. VIII) ses propos contrastent avec ceux de Goodman qui l'accuse de ne pas pousser jusqu'au bout son raisonnement en admettant le caractère strictement conventionnel de la perspective linéaire (celle qui trouve ses origines chez Brunelleschi et Alberti). D'où le débat entre les deux auteurs autour de plusieurs écrits (voir en particulier GOODMAN, Nelson, *Langages de l'art* p. 36-46 ; GOODMAN, Nelson, *Review of Gombrich's Art and Illusion*, in *Problems and projects*. Indianapolis: Bobbs-Merrill, 1972, p. 141-147 ; GOMBRICH, E. H., *The "What" and the "How": Perspective Representation and the Phenomenal World*, in RUDNER, R. et SCHEFFLER, I., *Logic and Art: Essays in Honor of Nelson Goodman*, Bobbs-Merrill, Indianapolis et New York 1972, p. 129-149. Pour approfondir le débat entre Gombrich et Goodman voir : BLANC-BENON, *op. cit.*, p. 221-236). Du fait de considérer le phénomène de la vision comme une reconstruction du cerveau (paragraphe 1.1.4) et non comme une supposée image rétinienne (paragraphe 1.1.5), notre position est plus proche de celle de Goodman, qui attribue un caractère conventionnel à la perspective. Un autre argument, qui se détache de la vision rétinienne, dérive du commodisme de Poincaré (p.109) lorsqu'on considère que la perspective linéaire est la projection d'un espace fondé sur la géométrie euclidienne et que celle-ci est tout aussi valide que les autres géométries non euclidiennes.

¹⁶ Voir la première restriction (*Stricture 1* en anglais), in *Seven Strictures on Similarity*, in GOODMAN, *Problems and projects*, *op. cit.*, p. 437 et GOODMAN, Nelson, *Langages de l'art*, p. 34.

¹⁷ GOODMAN, Nelson, *Langages de l'art*, *id.*, p. 62.

¹⁸ Restriction 7, in : GOODMAN, *Problems and projects*, *op. cit.*, p. 443.

¹⁹ Nous traduisons : « return of the real » in FRIGG, Roman et HUNTER, Matthew C. (dir.). *Beyond mimesis and convention: representation in art and science*. Dordrecht ; London ; New York : Springer, 2010. *Boston studies in the philosophy of science*, v. 262, p. xv. Cometti, Morizot et Puivet soulignent eux aussi la manière dont la représentation en tant que *mimesis* ou imitation redevient d'actualité aujourd'hui chez de nombreux auteurs dont

aux problèmes de la représentation et, tant dans les arts visuels que dans la philosophie des sciences, deux tendances se dessinent, s’opposent et conduisent à polariser le discours sur la représentation : la mimesis et la convention. La première assimile les concepts de ressemblance et propose une forme d’imitation appropriée comme condition nécessaire et suffisante à la représentation, alors que la seconde s’oriente vers une conception qui accorde à une série de conventions et au choix volontaire (*stipulation*) une valeur déterminante dans la construction de la représentation²⁰.

Dans le domaine de l’invisible quelle signification attribuer au mot ressemblance et quel référent extérieur peut-on établir ? Un article rédigé par Moriarty, que nous allons examiner, s’insère dans le contexte du *retour au réel* posant la ressemblance comme fondement d’une légitimité de l’image et nous permet d’aborder une série de questions sur le processus de représentation qui nous occupera le long de notre recherche.

Philip Moriarty, professeur de Physique de l’Université de Nottingham, fait paraître un article dans la revue *Leonardo* et intitulé *Visualizing the “invisible”*²¹. Au-delà d’une connaissance technique pointue des outils que la technologie nous met à disposition pour explorer les contrées de l’infiniment petit, Moriarty expose dans son article son point de vue sur le rapport entre image et réalité et nous conduit à analyser une série de problèmes que ce rapport pose, comme le concept de ressemblance, de détection et de transfert des données sur l’image qui seront abordés et approfondis dans ce premier chapitre.

Dans le court résumé qui anticipe le contenu de l’article on peut lire que : « Here the author considers to what extent those images represent an accurate picture of “reality” at a size regime where quantum physics holds sway²² ». Un peu plus loin dans le texte cette pensée se précise et parvient au cœur de la question nous donnant comme indication que « In my opinion – which, I would argue, is in line with the general consensus in the field of nanoscience –

certains comme Dominic Lopes sont traités dans leur ouvrage, voir : COMETTI, Jean-Pierre (dir.), MORIZOT, J. et PUIVET, R., *Esthétique contemporaine: art, représentation et fiction*. Paris : Vrin, 2005, p. 8 et p. 293-316.

²⁰ Frigg assimile à cette première tendance mimétique les théories de l’isomorphisme (soutenue par des auteurs comme B. C. van Fraassen in FRAASSEN, Bas C. van, *The scientific image*. Oxford : New York : Clarendon Press ; Oxford University Press, 1980) et des modèles abstraits ayant une relation de similarité avec les objets réels (défendue notamment par Giere in : GIERE, R., *Explaining Science: A Cognitive Approach*, Chicago, IL, University of Chicago Press, 1988 et in GIERE, R., *Science without Laws*, Chicago, IL, University of Chicago Press, 1999). La seconde tendance conventionnaliste est plus complexe et variée, selon l’auteur elle comprend diverses positions (parmi lesquelles apparaissent celles de N. Goodman et M. Suárez) qui ont en commun une critique des fondements de l’isomorphisme et de la similarité. Notre position, qui sera expliquée dans les prochains paragraphes, est plus proche de celles de Goodman et de Suárez (auteurs que nous traitons dans les paragraphes 3.1-3.3). FRIGG, *op. cit.*, p. xviii-xix.

²¹ MORIARTY, Philip, *Visualizing the ‘Invisible’*. *Leonardo* [en ligne]. Février 2015, Vol. 48, n° 1, DOI 10.1162/LEON_a_00897, p. 64-65. [Consulté le 12 juillet 2019].

²² Nous traduisons : « L’auteur examine ici dans quelle mesure ces images représentent une image exacte de la “réalité” à un régime de taille où la physique quantique a le dessus ». MORIARTY, *op.cit.* p.64.

scanning probe microscope images of a molecule can certainly “look like” the molecule in question²³ ».

La sémantique du mot contribuera sûrement à éclaircir la signification de « look like » et à diriger notre marge de manœuvre pour l’interpréter correctement. Le dictionnaire Cambridge nous indique que *to look* accompagné de *like* a comme définition *to appear* or *to seem*²⁴ et se traduit en français par les mots *ressembler à* ou *avoir l’air de*. Compte tenu des propos généraux de l’article et considérant que la plupart des scientifiques dans le domaine des nanosciences - et que l’auteur voit voués à la même cause que lui - accepteraient difficilement de bon gré une si vague approximation telle que *avoir l’air de*, nous optons décidément pour la définition *ressembler à*. Et, en effet, la phrase qui termine la citation ci-dessus semble trouver sa signification correspondante dans la traduction « À mon avis - ce qui, selon moi, est conforme au consensus général dans le domaine de nanosciences - les images d’une molécule au microscope à balayage peuvent certainement "ressembler à" la molécule en question. »

Le contenu de la phrase semble donc bien se référer à une ressemblance entre l’image de la molécule donnée par les instruments, et la molécule elle-même qui se trouve objet de l’analyse scientifique²⁵. Cette conviction de l’auteur est confirmée peu après dans le même article par ces mots : « les images époustouflantes de molécules individuelles fournies par les microscopes à balayage "ressemblent" en effet aux molécules elles-mêmes²⁶ ». Or, une question de première importance se pose : qu’est-ce qu’une ressemblance et par rapport à quel référentiel peut-on l’établir ? À une première vue, il semblerait (ici) être question de définir la ressemblance comme la concordance objective, ou réelle, entre une série de paramètres invariants d’un objet, transférés ou traduits sur un support, et l’objet lui-même. C’est d’ailleurs ainsi que nous reconnaissons communément dans un médium matériel (photographie, tableau, écran télé, sculpture, ou autre) les traits caractéristiques qui nous permettent de (re)connaître une figure donnée. Et c’est justement la *re-connaissance*, à savoir un retour en arrière ou la capacité de *juger qu’un objet a déjà été connu*²⁷ et donc de *répéter la connaissance* sous de nouveaux traits de ce qui s’est déjà constitué dans notre mémoire, ce qui nous permet de faire le rapprochement ou la liaison entre l’objet et son image. Par le biais d’une approche

²³ *Ibid.* Pour la traduction voir *infra*.

²⁴ <https://dictionary.cambridge.org/fr/dictionnaire/anglais/look>. [Consulté le 14 juillet 2019].

²⁵ Les guillemets ne sauraient s’interpréter comme une sorte d’hésitation dans le propos de l’auteur mais plutôt comme une apparente difficulté à faire accepter la relation de ressemblance entre deux univers : celui à notre échelle où le rapport de ressemblance entre deux objets s’établit de coutume et celui à une échelle de quelques nanomètres où la vision directe de l’objet - dans notre cas la molécule - demeure impossible.

²⁶ Nous traduisons : « The stunning images of single molecules provided by scanning probe microscopes indeed ‘look like’ the molecules themselves. » *Id.*, p. 65.

²⁷ Définition du mot *reconnaissance*, in : ROBERT, Paul, REY, Alain et ROBERT, Paul. *Le grand Robert de la langue française*. Nouv. éd. augm. Paris : Dictionnaires Le Robert, 2001, Tome V, p. 1723.

scientifique, cette concordance image-objet nous conduirait à une connaissance reconnue comme juste et possédant à ce titre une valeur de vérité, d'une manière similaire à la théorie que nous avons examinée de Beardsley. Cette position, qui semble aller dans la direction de la phrase de Moriarty notamment par l'emploi du mot *certainly*, exprime la force de la conviction que l'instrument de microscopie nous fournit l'image *certainement* ressemblante à la molécule en question.

Nous allons émettre l'hypothèse, qui cherchera à être corroborée par l'apport de divers arguments le long de ce chapitre, selon laquelle ni l'image de l'objet ni l'objet lui-même ne portent sur une connaissance scientifique certaine, absolue ou objective²⁸ dans le sens où elle serait indépendante du sujet connaissant, des règles et des théories élaborées pour la confirmer ou la réfuter, des instruments ou des outils construits pour la faire émerger. Cette position à l'apparence - trompeuse - relativiste, ne saurait remettre en discussion l'apport de connaissance de la science, niant ainsi la validité de ses découvertes ou l'efficacité de ses méthodes. Elle opère plutôt sur le plan de la réflexion en activant une série de remarques qui visent à restituer le problème de l'image dans un contexte cognitif et, ensuite, à le repositionner dans une dimension gnoséologique plus large, qui pose les bases d'un dialogue possible avec d'autres champs du savoir, notamment les arts visuels.

C'est donc dans un sens à première vue opposé à celui de notre hypothèse que Moriarty poursuit son analyse de la ressemblance. Il affirme que la preuve la plus solide qu'il peut produire pour soutenir son propos - ci-dessus exposé - est donnée par la figure 1A paraissant dans son article « où l'architecture moléculaire est clairement révélée dans l'image²⁹ » et que nous reproduisons dans la figure 1³⁰. Cette image possède à ses yeux une double qualité

²⁸ Nous traitons les notions d'objectivité et d'interprétation dans le chapitre 3, paragraphe 3.5. En relation à l'instrument scientifique, microscopique à l'occurrence, nous l'entendons dans le sens indiqué par Daston et Galison : « On entend par objectivité mécanique le désir impérieux de réprimer toute intervention volontaire de l'artiste-auteur en mettant en place des méthodes capables d'imprimer la nature sur la page suivant un protocole strict, voire automatique. » In DASTON, Lorraine, GALISON, Peter. Objectivité. *op.cit.*, p. 144. Pour une plus ample définition de l'objectivité en relation avec l'épistémologie voir p. 435-436.

²⁹ Nous paraphrasons de l'anglais : « The strongest evidence I can produce to support my assertion is given in Fig. 1A. This is an atomic force microscope (AFM) image of pentacene [...] where the molecular architecture is clearly revealed in the image. » MORIARTY, *op.cit.*, p. 64. L'image de la figure 1 apparaît dans la même page. La position de Moriarty semble bien se situer dans une tradition dans le monde de la science qui met en relation l'instrument scientifique et la production de l'image poursuivant un idéal que Galison appelle homomorphique (*homomorphic* en anglais). Cette tradition « a pour but de représenter les processus naturels dans toute leur plénitude et leur complexité - la production d'images d'une telle clarté qu'une seule image peut servir de preuve pour une nouvelle entité ou un nouvel effet. Ces images sont présentées, et défendues, comme mimétiques - elles prétendent préserver la forme des choses telles qu'elles se produisent dans le monde. » De plus, Galison ajoute que les enregistrements ou les captations des instruments « recréent *ipso facto* la forme même de la nature invisible. Car cet idéal de représentation repose sur la préservation mimétique de la forme. » Nous traduisons un passage paraissant in : GALISON, Peter. Image and logic: a material culture of microphysics. Chicago : University of Chicago Press, 1997, p. 19.

³⁰ Nous reproduisons l'image paraissant in MORIARTY, Philip, Visualizing the 'Invisible'. Leonardo [en ligne]. Février 2015, Vol. 48, n° 1, DOI 10.1162/LEON_a_00897, p. 64-65. [Consulté le 12 juillet 2019], p. 64.

fondamentale : celle de révéler l'architecture de la molécule et celle de correspondre au modèle classique de la molécule en question qui apparaît dans les manuels de chimie. Cette correspondance entre ce qui est trouvé expérimentalement, puisque issu du microscope, et la forme paraissant dans les textes de référence de chimie apparaît comme un solide argument pour montrer comment on a pu dévoiler la forme de cet objet naturellement invisible. Autrement dit, l'image produite par le microscope confirmant l'image que la théorie admet et soutient, cautionnerait la validité de l'expérience en révélant ainsi la forme de la molécule en question, en l'occurrence le pentacène ($C_{22}H_{14}$).

Analysons dans le détail ces arguments qui constitueraient la preuve, aux yeux du scientifique, de ce rapport fondateur de la ressemblance.

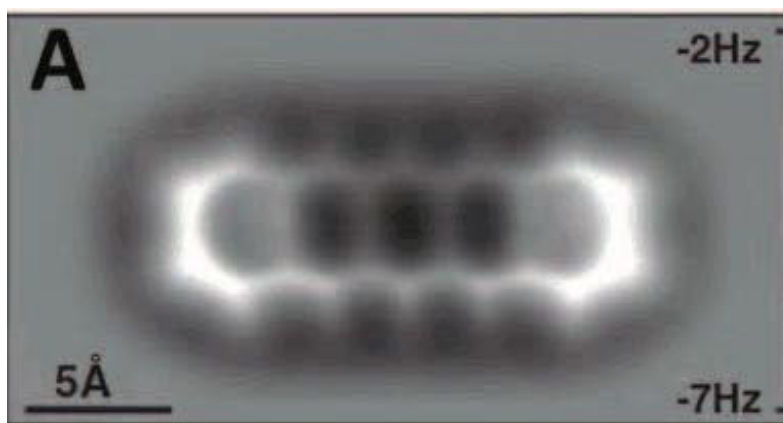


Fig. 1, molécule de pentacène image issue du microscope à force atomique par Philip Moriarty.

1.1.2 L'image et l'instrument de mesure

La microscopie, du grec μικρός (petit) et σκοπεῖν (examiner), se réfère traditionnellement à la technique qui permet d'agrandir les petits objets invisibles ou peu visibles à l'œil nu. Depuis le XVI^e siècle, grâce à des lentilles optiques qui n'ont pas cessé d'évoluer et capables d'agrandir les spécimens minuscules, on a pu connaître, scruter, analyser, découvrir maints objets qui se cachaient à notre connaissance directe. Transposé dans une direction inverse et en raison des propriétés agrandissantes des lentilles pouvant être utilisées dans les deux sens, on pourrait tenir le même propos sur la découverte de l'infiniment grand, à savoir l'exploration de l'univers proche qui nous entoure jusqu'arriver aux galaxies lointaines dont on voit aujourd'hui beaucoup d'images notamment dans les revues de vulgarisation scientifique. Cette conquête progressive de la connaissance vers le microcosme et vers le

macrocosme repose historiquement sur l'analyse des rayons lumineux provenant de l'objet que l'on veut examiner. On peut encore aujourd'hui apprécier l'enthousiasme de Galilée lorsqu'il découvrit grâce à son *cannocchiale* - l'instrument contenant les lentilles - les satellites de Jupiter, remettant ainsi en cause le système ptolémaïque, contribuant à construire la méthode expérimentale en science et posant les bases d'une révolution à la fois scientifique et culturelle³¹. On peut également admirer les détails des figures de la lune, des nébuleuses composées par des étoiles et l'instrument lui-même que le scientifique italien décrit et présente dans son *Sidereus Nuncius*³².

On s'est ainsi progressivement accoutumé à l'idée d'identifier l'image de l'objet de l'analyse scientifique avec l'objet lui-même. Par exemple si le microscope nous montre la forme d'une bactérie, il s'avère difficile de la remettre en cause et d'invalidier son bien-fondé. D'autant plus que grâce aux images (animées ou fixes) des bactéries, on est à même de les manipuler, les modifier, les multiplier, les rendre inoffensives, bref on peut en avoir un contrôle direct et efficace. L'instrument semble ainsi pouvoir sanctionner le bien-fondé de l'image qu'il produit, perfectionnée au fil du temps par les nombreux compléments d'illustrations qui s'additionnent et se précisent mutuellement en provenance d'autres techniques et d'autres expériences de microscopie.

Mais la microscopie de ces dernières décennies autorise une réflexion plus ample sur le processus de mise en image et sur sa correspondance avec l'objet. L'utilisation traditionnelle des lentilles pour agrandir le spécimen et permettre un accès plus détaillé de ses caractéristiques physiques, a beaucoup évolué au XX^e siècle afin de dépasser certaines limites liées à la perception et aux caractéristiques physiques de la lumière. La lumière, qui permet la vision des objets, est composée d'une onde électromagnétique pouvant être mesurée et classée par longueur d'onde. Seul un petit intervalle sur une échelle de rayonnement électromagnétique très large est perceptible par l'œil humain, le reste demeure invisible³³ (voir fig. 2³⁴). De nombreuses techniques ont été développées pour combler ces limites naturelles de la vision et pour détecter les fréquences invisibles qui apportent de nombreuses informations sur les objets

³¹ À noter la thèse de Koyré selon laquelle le mérite de Galilée consiste à dépasser l'expérience, qui dans son interprétation ordinaire apparaît plutôt comme un obstacle, afin de reconstruire « le réel empirique à partir d'un réel idéal ». KOYRÉ, Alexandre, *Études galiléennes*. Paris, France : Hermann, 1966, p. 13 et p. 207.

³² Imprimé en 1610 en latin cet ouvrage met aussi en lumière l'existence de quatre satellites tournant autour de Jupiter, fournissant ainsi de forts indices contre le géocentrisme qui dominait à l'époque. Éd. consultée : GALILEI, Galileo et BATTISTINI, Andrea. *Sidereus nuncius*. Venezia : Marsilio, 2001. Letteratura universale Marsilio, 2001.

³³ On peut également mesurer le rayonnement électromagnétique par fréquence ou par énergie, on changerait ainsi de cadre de référence mais l'extension de l'intervalle du visible sur l'échelle resterait la même.

³⁴ Nous reproduisons l'image paraissant dans l'encyclopédie en ligne Wikipedia. Cette image a été choisie par la clarté du rendu et par la fiabilité de données qu'elle illustre. Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_spectrumrevised_fr.png [consulté le 7 juillet 2020].

analysés. La microscopie optique, appelée aussi photonique, qui était historiquement consacrée à agrandir les objets minuscules par le biais d'une loupe ou des lentilles, a beaucoup progressé et permet à l'époque actuelle la détection non seulement de l'intervalle du visible mais aussi des fréquences de l'infrarouge, de l'ultraviolet et des rayons X.

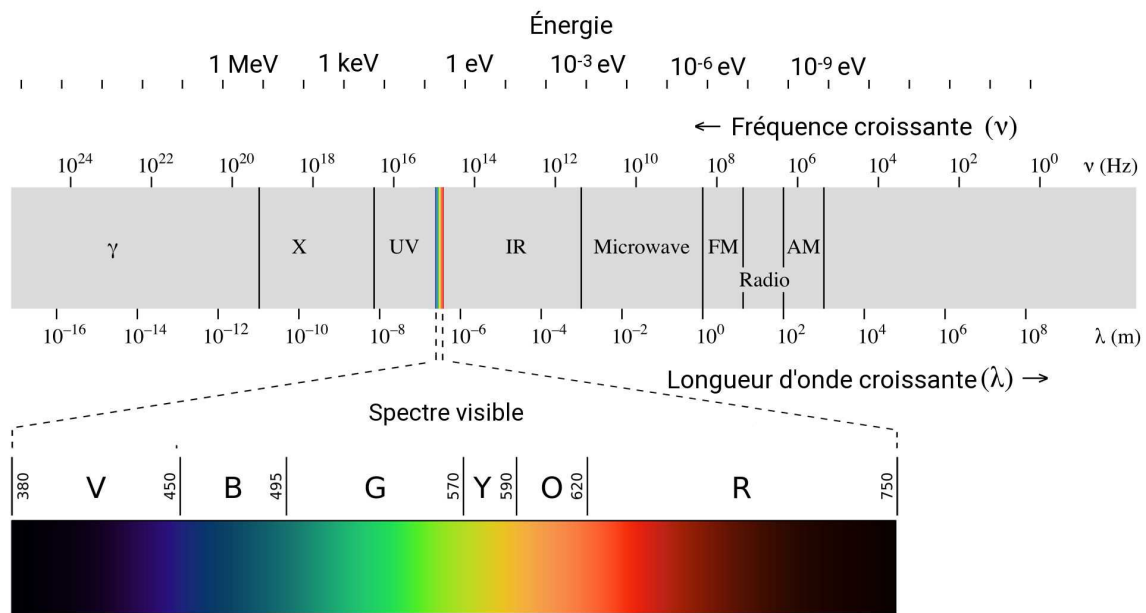


Figure 2, spectre visible par rapport au spectre électromagnétique.

Toutefois, avançant vers l'infiniment petit, une limite de la microscopie optique s'était traditionnellement imposée suivant la formule établie par Ernst Abbe, physicien allemand du XIX^e siècle, selon laquelle le pouvoir de résolution ne peut pas dépasser la moitié de la longueur d'onde de la lumière, soit environ un quart de micromètre. Au-delà de cette longueur d'onde les images du microscope optique paraissaient floues en raison de l'effet de diffraction entre l'instrument et le spécimen analysé, par conséquent deux points à faible distance ne se distinguaient pas correctement mais ils avaient tendance à se superposer³⁵.

Depuis, d'autres types de microscopes dépassent cette limite et donnent accès à des détails de plus en plus petits. En particulier, une famille de techniques microscopiques s'est imposée comme décisive dans l'exploration des distances de l'ordre de l'échelle atomique : la microscopie électronique. Pour ce faire, l'abandon des instruments liés aux lentilles

³⁵ Pour une histoire de la microscopie voir : ROCHOW, Theodore G. Introduction to microscopy by means of light, electrons, x rays, or acoustics. Springer-Verlag New York, 2013. Pour l'évolution du pouvoir de résolution dans la microscopie voir en particulier p. 24.

agrandissantes a été nécessaire, ce qui a une conséquence de taille : il ne s'agit plus de faire appel à la *vision* mais à la *détection*, c'est-à-dire que l'accès « direct » de l'œil au spécimen – par le biais de la loupe – est remplacé par un processus de mise en image issu d'une interaction des particules atomiques avec l'échantillon examiné.

L'observation et la vérification directes de l'œil du chercheur sur le spécimen cèdent ainsi la place à une fabrication de l'image qui se déroule étape par étape sans la vigilante inspection de la vue qui perd ainsi son rôle de garant protecteur de la validité des résultats. Pour accéder à une échelle de l'ordre de l'atome, la construction de l'image ne passe plus par une progressive avancée du visible sur l'invisible, comme les agrandissements de la microscopie optique nous y avaient habitués, mais il se produit un saut, une rupture, qui cède à la technologie le contrôle des étapes intermédiaires et consent à l'œil seul le produit final, l'achèvement d'un processus, le résultat sur un écran d'ordinateur³⁶.

Il y a plus. L'image issue de la microscopie électronique est le produit d'une interaction entre la matière sous ses différentes formes (ondes et particules). Le produit final de cette manipulation peut-il être aussi valable que celui de la microscopie traditionnelle ? L'article de Moriarty analyse la question et formule une réponse qui relève d'un raisonnement convaincant et précis en termes de validité de la technique mais il nous fournit aussi des arguments pour douter de la correspondance entre l'image issue de la microscopie et la supposée vraie image de la molécule.

Le professeur anglais analyse dans son article et, de manière plus approfondie dans une deuxième publication³⁷, le fonctionnement de la microscopie électronique. Il décrit comment la figure 1 est issue d'une nouvelle génération de microscopes appelés généralement SPM (*Scanning Probe Microscope*) en anglais, traduit en français par microscope sonde à balayage³⁸. Ces outils de pointe de la technologie actuelle utilisent une sonde capable de balayer la surface moléculaire d'un spécimen en détectant les forces physiques qui s'établissent entre la sonde elle-même et la surface de la molécule analysée. À partir de ce même procédé, divers types de microscopes ont vu le jour en utilisant différentes techniques comme le microscope à force

³⁶ Sur le rapport entre la vue et la production d'une image issue de la microscopie électronique voir : PITT, Joseph. When is an image not an image? In : SCHUMMER, Joachim, BAIRD, Davis, Nanotechnology Challenges, Implications for Philosophy, Ethics and Society, World Scientific Publishing, 1 avril 2006, p. 131-141. DOI 10.1142/9789812773975_0007. Dans cet article, l'auteur met aussi en relief le fait que, dans ce genre d'images, trois éléments fondamentaux entrent en jeu : l'aspect théorique de la science, la technologie instrumentale et le rôle du microscopiste dans la manipulation des résultats (p. 136). Nous développons ces trois aspects d'un point de vue cognitif.

³⁷ MORIARTY, Philip. Resolution frontiers. Physics World [en ligne]. Novembre 2010, Vol. 23, n° 11, p. 29-34. [Consulté le 15 juillet 2019]. DOI 10.1088/2058-7058/23/11/38, p. 29-34.

³⁸ L'International Electrotechnical Commission fournit une bonne base de traduction entre différentes langues pour les technologies : <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=523-07-01> [consulté le 18/04/2019]

atomique, à effet tunnel à balayage, à force électrostatique, le microscope ionique à balayage etc. Chacun de ces microscopes est capable de mesurer avec précision des propriétés spécifiques (électriques, magnétiques, élastiques et mécaniques) de la surface et de l'échantillon.

En particulier, la figure 1 est acquise par un microscope à force atomique³⁹, qui découle de la technologie des SPM, et dont la pointe est extrêmement aiguë, si l'on peut dire ainsi, car sa taille correspond à celle d'une molécule de CO placée sur son sommet. En la déplaçant en avant et en arrière le long de la surface de la molécule analysée - le pentacène (C₂₂H₁₄) en l'occurrence - elle mesure la force de l'interaction qui se forme entre l'atome de la pointe et les atomes de la surface de la molécule. De manière plus spécifique, la force est mesurée en relevant électriquement les variations de fréquence d'une sorte de diapason microscopique auquel la pointe est reliée. À l'issue de ce processus de balayage, une carte très détaillée de ces variations de fréquence est dessinée.

Alors que le mode opératoire qui a généré la figure 1 semble donc bien défini, un doute s'installe quant à la correspondance de cette image avec ce à quoi la molécule du pentacène devrait ressembler en réalité. L'auteur nous révèle avec une maîtrise assurée du processus de mise en image de la molécule couplée d'une certaine honnêteté intellectuelle que :

Cette fréquence [du diapason microscopique] est juste en dehors de la plage de l'audition humaine - qui est d'environ 25 kHz - mais si la tonalité était légèrement plus basse, il ne serait pas exagéré de dire que l'image est formée en "écoutant" la manière dont le diapason réagit à l'interaction de la pointe avec la molécule⁴⁰.

Il semble bien qu'on pourrait reconstruire une image différente, en l'occurrence sonore, en transposant les mêmes données de fréquence que le microscope utilisé nous fournit. En effet, le scientifique ajoute : « on peut très facilement transposer les oscillations du diapason à des fréquences plus basses, amplifier le signal (électrique) du diapason, et essentiellement "écouter" les interactions des atomes⁴¹ ». C'est ainsi qu'on pourrait traduire les mêmes informations

³⁹ AFM (Atomic Force Microscope en anglais). Pour le fonctionnement de ce type de microscope voir : BACLE, Pauline, HENRY, Lucas et ROSSI-GENDRON, Caroline, La Microscopie à Force Atomique pour l'observation de molécules avec une résolution atomique, publié le 19/10/2016 sur le site : site CultureSciences-Chimie, ENS, à l'adresse : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/la-microscopie-%C3%A0-force-atomique-pour-l'observation-de-mol%C3%A9cules-avec-une-r%C3%A9solution-atomique> [consulté le 2 octobre 2020].

⁴⁰ Nous traduisons de l'anglais : « This frequency is just outside the range of human hearing – it's approximately 25 kHz – but if the pitch were slightly lower it would not be too much of an exaggeration to say that the image is formed by 'listening' to how the tuning fork reacts to the interaction of the tip with the molecule. » MORIARTY, « Visualizing the 'Invisible' », *op.cit.*, p. 64.

⁴¹ Nous traduisons de l'anglais : « Indeed, one can very easily transpose the oscillations of the tuning fork to lower frequencies, amplify the (electrical) signal from the fork, and in essence 'listen' to the interactions of atoms. *ibid.*

issues du microscope dans un autre format, tout en gardant un pareil niveau de précision des rapports et d'exactitude des données. De ce fait, Moriarty précise aussitôt que :

Cependant, au lieu de générer un "paysage sonore", une image visuelle est construite en codant par couleurs les changements de fréquence des oscillations du diapason lorsqu'il se déplace d'avant en arrière à travers la molécule. Ceci produit ce que les microscopistes du SPM appellent une image à décalage de fréquence (notez que l'échelle de gris sur le côté droit de la figure 1 a des unités de Hz). Il est possible - bien que, dans de nombreux cas, ce ne soit pas mathématiquement anodin - de convertir l'image du décalage de fréquence en une carte de la variation des forces entre la pointe et l'échantillon, ou de générer un paysage énergétique potentiel⁴².

Voici donc que la construction de l'image s'effectue par codage des données, un codage qui est établi par la communauté scientifique par convention, utilité et usages précédemment acquis par d'autres scientifiques. Si au lieu d'employer ces couleurs, on en utilisait d'autres tout en respectant les mesures et les rapports, on aurait une image différente mais tout aussi juste et correcte. Le transfert d'une série d'informations en échangeant les données microscopiques contre des signes conventionnels iconiques relève d'un choix intentionnel plutôt que d'une sorte de captation naturelle d'un objet - la molécule en l'occurrence - tel qu'il est⁴³. Si l'on changeait de nature de représentation en choisissant une image sonore qui respecte les mêmes données, on aurait encore une fois une autre représentation tout aussi exacte que les deux précédentes. C'est d'ailleurs à partir des variations possibles de ce principe de codage issu d'instruments scientifiques que certains artistes ont trouvé l'inspiration pour composer leurs œuvres⁴⁴. De manière similaire, des scientifiques microscopistes ont construit de

⁴² Nous traduisons de l'anglais : « Instead of generating a 'soundscape', however, a visual image is built up by color coding the changes in frequency of the oscillations of the tuning fork as it moves back and forth across the molecule. This produces what scanning probe microscopists call a frequency shift image (note that the grey scale on the right hand side of Fig. 1(A) has units of Hz). It is possible – although in many cases not mathematically trivial – to convert the frequency shift image into a map of the variation in forces between the tip and the sample, or to generate a potential energy landscape. » *ibid.*

⁴³ À propos des images issues de la microscopie STM, qui fait partie de la famille des microscopes SPM puisqu'il adopte la même technique de caractérisation de surface du spécimen, Buéno indique : « Rappelons que la représentation comporte trois composantes de base : (i) un acte intentionnel, (ii) une convention de codage, et (iii) un mécanisme de représentation. Ainsi, la représentation fournie par un STM consiste en fin de compte à déterminer intentionnellement une structure source qui, compte tenu d'une convention de codage particulière, est similaire à la structure cible d'une manière spécifique. » On voit bien que l'objectivité est régie par des conventions et par l'intentionnalité, écartant ainsi la possibilité qu'elle soit une image miroir de la réalité. Nous traduisons : « Recall that representation involves three basic components: (i) an intentional act, (ii) a coding convention, and (iii) a mechanism of representation. So, the representation provided by an STM is ultimately a matter of intentionally determining a source structure that, given a particular coding convention, is similar to the target structure in a specified way. » In BUENO, Otávio. Representation at the Nanoscale. Philosophy of Science. The University of Chicago Press, Philosophy of Science Association, 2006, Vol. 73, n° 5, p. 617-628. DOI 10.1086/518331.

⁴⁴ Voir par exemple le travail de Jean-Pierre Aubé sur son site internet <http://www.kloud.org>. [Consulté 7 juin 2020]. Je dois cette suggestion à Aline Caillet, professeure à l'Université Paris1 Panthéon-Sorbonne. Le duo

nouveaux codes similaires à ceux des œuvres artistiques pour mettre en image leurs observations et leurs découvertes dans des revues destinées à leurs pairs. Nous analyserons ce processus et ses enjeux dans le chapitre 4⁴⁵.

Le codage des données dans la construction de l'image de l'objet nous conduit à évoquer la pensée de Bachelard qui, dans *La formation de l'esprit scientifique*, décrit la divergence entre la pensée d'un réaliste de celle d'un savant. Pour le premier, la mesure et l'objet ont tendance à coïncider, pour le second les deux réalités sont séparées et semblent résister à une correspondance univoque :

L'objet mesuré n'est guère plus qu'un degré particulier de l'approximation de la méthode de mesure. Le savant croit au réalisme de la mesure plus qu'à la réalité de l'objet. L'objet peut alors changer de nature quand on change le degré d'approximation. Prétendre épuiser d'un seul coup la détermination quantitative, c'est laisser échapper les relations de l'objet⁴⁶.

À cette position bachelardienne semble répondre indirectement Moriarty dans son article évoquant la question du rapport entre la mesure et l'image de l'objet qui devrait en dériver. Pour le scientifique anglais, le critère qui détermine la validité de l'image est la précision avec laquelle on transfère les données du microscope sur l'image et la justesse (*accuracy* en anglais) des données relevées par le microscope lui-même lors de la détection de propriétés moléculaires de la surface de l'échantillon analysé. Pour soutenir son propos, il compare sa méthode de microscopie (SPM), et sa précision, aux méthodes plus traditionnelles telle que la microscopie optique, contestant le fait que la lumière devrait occuper une position privilégiée dans notre perception et découverte du monde⁴⁷. C'est d'ailleurs le cas, écrit-il, lors de l'utilisation de l'IRM ou de l'échographie dans le domaine médical qui n'utilisent pas de lumière sans pour autant que la validité des images soit affectée.

Mais c'est justement la validité de ces différentes images qui indiquent qu'il n'y en a pas qu'une seule qui soit plus juste que les autres. La valeur se mesure aussi en fonction du but recherché : le bon déroulement de la croissance d'un enfant dans le ventre maternel par exemple pour une échographie, le repérage d'un corps étranger lors d'une IRM, les propriétés ou la manipulation de la surface d'une molécule pour les SPM, etc. Chacune de ces images

d'artistes *Semiconductor* composé par Ruth Jarman and Joe Gerhardt propose aussi une réflexion sur le codage notamment dans leur œuvre *20Hz* visualisable à l'adresse : <https://semiconductorfilms.com/art/20hz/> [consulté le 19 juillet 2020].

⁴⁵ Voir en particulier les méandres au paragraphes 4.1.3 et les infographies au paragraphe 4.1.4.

⁴⁶ BACHELARD, Gaston. *La formation de l'esprit scientifique : contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris, France : J. Vrin, 1938, Paris, Edition consultée 1947. p. 213.

⁴⁷ « The argument that light – i.e. a stream of photons – should hold a privileged position in our perception of the world around us doesn't hold up to scrutiny. », MORIARTY, Philip, « Visualizing the 'Invisible' », *op.cit.*, p. 65.

demande un complexe ensemble de connaissances pour être interprétée de manière correcte et toujours en fonction du but recherché, que cela soit médical, chimique, physique ou autre. C'est pour cette raison qu'une méthode ne fournit pas plus qu'une autre la « vraie » image de la molécule. Moriarty semble même être en accord avec ce constat quand il relativise l'importance primordiale à donner aux instruments utilisant comme moyen de détection la lumière au profit d'autres instruments non optiques, puisque ces derniers peuvent fournir des informations tout aussi utiles, voire plus importantes, que les appareils optiques traditionnels pour déceler des aspects de la matière peu ou pas connus. En revanche, la précision de la mesure ne peut pas être retenue comme condition suffisante pour montrer par image la vraie nature du réel et en l'occurrence de la molécule. En effet, les données relevées par un instrument demeurent toujours limitées et circonscrites à certaines propriétés que l'appareil est capable de détecter et ne montrent pas toutes les possibles propriétés connues - et pas connues - qui seraient censées définir - et construire - l'image de l'objet en question. On verra dans le prochain paragraphe comment un instrument de mesure est redevable d'une théorie scientifique et à quel point celle-ci oriente la conception de l'appareil et la détection des propriétés des objets.

Cependant, on pourrait toujours nous rétorquer que peu importe le choix chromatique, peu importe le type de représentation choisie, peu importe la correspondance entre la mesure et l'objet, la structure de la molécule reste la même et demeure décelable. Mais au juste, d'où vient-elle ? Lors de la construction de la structure, nous avons affaire fondamentalement à trois éléments dont l'accord en détermine la forme : la théorie, l'instrument de mesure et l'interprétation du microscopiste. Après l'instrument de mesure, nous allons analyser le rôle qui joue la théorie et ensuite nous nous pencherons sur l'interprétation du microscopiste en tant que sujet connaisseur.

1.1.3 L'image et le modèle théorique

On pourrait considérer comme théorie scientifique une construction intellectuelle fondée sur un ensemble de connaissances organisées en système, dont une partie relève encore du caractère hypothétique et cherche dans l'expérience une vérification et une validation générale. La théorie scientifique détermine ce que l'on sait sur un phénomène et l'inscrit dans un contexte des lois plus générales physiquement formalisées. Elle se nourrit des expériences pour trouver confirmation ou infirmation ; elle procède aussi et souvent par étapes récurrentes se référant aux théories précédentes et dont la dernière s'affirme comme la plus valable selon un ensemble de critères mis à l'épreuve par l'expérience. De temps en temps, une rupture se produit et un

nouveau modèle, un paradigme dirait Kuhn⁴⁸, apporte une lecture différente des phénomènes et déclenche ainsi une série d'essais scientifiques prêts à la tester, à la modifier, à la consolider, de nouveau. La justesse d'une théorie semble donc dépendre de l'expérience mais, à la fois, elle détermine aussi les zones d'ombre dans lesquelles chercher les incertitudes à l'aide des outils adaptés. Elle oriente ainsi la recherche expérimentale vers les éléments dont elle doute en adaptant les instruments qui seront employés pour vérifier ou infirmer des pans de connaissance.

Quand on conçoit un dispositif pour détecter une certaine propriété physique, on présuppose que cette propriété existe et soit mesurable. Si l'on veut mesurer un son par exemple, on se réfère au préalable à une théorie qui explique la notion d'onde, qui décrit sa manière de se propager, qui montre comment la mesurer et qui informe par exemple que dans un certain intervalle de fréquence l'onde est audible à l'oreille humaine. Un sonomètre serait difficilement concevable sans cette théorie. De même pour les microscopes, sans connaître les principes qui gouvernent les interactions entre atomes, les SPM que nous avons évoqués ci-dessus seraient tout simplement inconcevables. Un dispositif neutre, capable de détecter des phénomènes indépendamment de toute théorie n'est pas envisageable.

C'est dans ce sens qu'on peut interpréter l'affirmation de Bachelard selon laquelle : « L'instrument de mesure finit toujours par être une théorie et il faut comprendre que le microscope est un prolongement de l'esprit plutôt que de l'œil⁴⁹ ». De surcroît, en associant l'observation scientifique à une observation polémique, dans la mesure où elle devrait remettre constamment en cause les thèses antérieures, il déclare : « Il faut que le phénomène soit trié, filtré, épuré, coulé dans le moule des instruments, produit sur le plan des instruments. Or les instruments ne sont que des théories matérialisées. Il en sort des phénomènes qui portent de toutes parts la marque théorique⁵⁰. » Les instruments semblent donc être tributaires de la théorie, au point que leur conception et l'objet de leur recherche découlent directement d'elle.

Toutefois, une théorie scientifique n'est jamais un système qui organise des notions et de modes de connaissance demeurant stables et inaltérables dans le temps. Malgré la volonté de rendre la théorie objective et la plus indépendante possible, son objectivation est soumise à l'ensemble des conceptions, des croyances, des intérêts des chercheurs, mais surtout des

⁴⁸ Kuhn, Thomas S., *La Structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, coll. « Champs », 1983 (1^{re} éd. en anglais 1962, révision 1970).

⁴⁹ Bachelard s'inspire d'Edouard Le Roy (*Ce que la microphysique apporte ou suggère à la philosophie*, *Revue de Métaphysique*, avril 1935, p. 160), dans son ouvrage : *La formation de l'esprit scientifique*, *op.cit.*, p. 242.

⁵⁰ BACHELARD, Gaston, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, édition consultée en version numérisée et éditée par l'Université du Québec à Chicoutimi, p. 15. Voir le site : http://classiques.uqac.ca/classiques/bachelard_gaston/nouvel_esprit_scientifique/nouvel_esprit_scientifique.htm 1 [Consulté le 1 mai 2019].

résultats du savoir scientifique d'une époque donnée. D'un point de vue épistémologique, Marcel Bitbol souligne que même Einstein savait très bien que « notre conception de la réalité doit être reconfigurée sans relâche, non seulement au cours des avancées qui nous permettent de faire des méthodes déterminées, mais aussi à mesure du changement des procédés d'étude qu'occasionnent ces avancées⁵¹. » Et à titre d'exemple, il cite le cas de l'électron qui, dans le temps, passe à travers différentes conceptions : au début, vers la moitié du XIX^e siècle il est tout simplement la charge électrique la plus petite possible, une unité indivisible et mesurable ; il devient ensuite une petite particule grâce aux travaux de Thomson au tournant du XX^e siècle, se configurant comme une sorte de petit objet avec une charge et une masse, et « passant ainsi de la catégorie de la quantité (la charge élémentaire) à la catégorie de la substance (la chose portant cette charge élémentaire)⁵² » ; après on commence à douter de l'individualité de ces petits objets corpusculaires et on les considère plutôt comme une « espèce » qu'on croit pouvoir instancier par des individus ; enfin, dans une conception plus proche de celle contemporaine, l'électron n'est plus qu'un mode d'excitation d'un certain champ qu'on appelle électronique et c'est ainsi que : « De la catégorie de substance (porteuse d'attributs), l'électron a rebasculé du côté d'une catégorie attributive, le rôle de substrat étant cette fois transféré à une entité dispositionnelle appelée le "champ"⁵³ ».

Comment donc mettre en image la structure d'une entité dont la nature fait l'objet d'une évolution de conceptions soumises à des théories qui se succèdent ? On pourrait avancer la réponse que, pas après pas, la conquête progressive de la connaissance scientifique arrivera à un tel degré de connaissance et de complétude que la nature de l'objet soumis à son enquête sera tôt ou tard dévoilée avec certitude. En effet, bien qu'en passant par des étapes intermédiaires, probablement partiellement justes et correctes, on parviendra finalement à une appréhension ultime qui nous donnera accès à la vraie nature de l'objet et on pourra en révéler ainsi sa structure et sa forme définitive⁵⁴. La raison qui sous-entend ce propos étant que la

⁵¹ BITBOL, Michel. *Maintenant la finitude : peut-on penser l'absolu ?* Paris : Flammarion, 2019. Bibliothèque des savoirs, p. 49.

⁵² *id.*, p. 50.

⁵³ *Id.*, p. 51.

⁵⁴ Cette conception peut être assimilée au réalisme scientifique. Du réalisme naïf que Van Fraassen conçoit dans ces termes : « l'image que la science nous donne du monde est vraie, fidèle dans ses détails, et les entités postulées dans la science existent réellement : les progrès de la science sont des découvertes, pas des inventions » dérivent une série de positions plus nuancées mais relevant toujours de cette base commune, comme celle de Brian Ellis : « Je comprends le réalisme scientifique comme étant l'opinion selon laquelle les déclarations théoriques de la science sont, ou prétendent être, de vraies descriptions généralisées de la réalité » ou encore celle qu'on attribue à Michael Dummett : « Un réaliste (par rapport à une théorie ou un discours donné) soutient que (1) les énoncés de cette théorie sont vrais ou faux ; et (2) que ce qui les rend vraies ou fausses est quelque chose d'extérieur - c'est-à-dire que ce ne sont pas (en général) nos données sensorielles, réelles ou potentielles, ou la structure de nos esprits, ou notre langage ». Les propos que nous traduisons sont rapportés par van Fraassen in : VAN FRAASSEN, Bas C. *The scientific image*. Oxford : New York : Clarendon Press ; Oxford University Press, 1980. Clarendon library of logic and philosophy, p. 7-8.

connaissance scientifique procède en excluant les hypothèses erronées et en affinant les théories partiellement justes, conduisant ainsi par conséquent vers une connaissance de plus en plus perfectionnée et exacte de l'objet analysé. Mais l'accumulation de connaissances et la sélection progressive des théories conformes à l'expérience, ou modifiées par d'autres théories plus valables et efficaces, ne garantissent pas la connaissance définitive de l'objet. Nous pouvons évaluer les diverses conceptions d'un objet par rapport à leur évolution et aux résultats empiriques que les expériences de laboratoire nous fournissent, mais il devient plus difficile de les juger par rapport à la supposée vraie nature de l'objet en question, car pour ce faire il faudrait *déjà* le connaître de manière absolue, c'est-à-dire avoir atteint tout le savoir possible et suffisant, indépendant de tout autre type de connaissance et de tout autre type de mode d'accès à cette connaissance. Seulement par cette voie il serait possible d'évaluer le parcours que notre recherche gnoséologique accomplit pour parvenir à son objet ultime. Or, il apparaît difficile d'établir que cette connaissance a lieu dans le domaine de la mise en image d'un objet et, en particulier, par les moyens utilisés par la microscopie électronique.

On pourrait critiquer cet ancrage de toute théorie à son époque en arguant que nous ne sommes pas encore parvenus à voir, ou à détecter, certains espaces ou contrées de l'invisible mais c'est une *question de temps*, dans la mesure où comme dans le monde visible les certitudes qui régissent la structure des objets connus sont un fait avéré, pour les objets non visibles, comme c'est le cas de l'électron, une prochaine technologie, par exemple microscopique, soutenue par une théorie plus perfectionnée nous révélera la nature de l'objet en précisant aussi sa structure ultime. Une telle conception ne saurait s'affranchir de la dépendance de l'instrument à la théorie comme on a exposé ci-dessus, ni de la subordination causale de la théorie à l'ensemble des connaissances d'une époque donnée. De surcroît, un troisième élément remet en jeu la certitude de connaître la réelle structure d'un objet, qu'il soit visible ou non : c'est l'interprétation du sujet connaissant, et dans le cas spécifique du microscopiste.

1.1.4 L'image et le sujet connaissant

Une idée couramment admise par l'opinion commune consiste à croire que le sujet connaissant, en tant qu'individu récepteur des stimuli extérieurs, perçoit la réalité telle qu'elle est et telle qu'elle se présente à ses yeux et à ses sens. Dans la vie de tous les jours, on pense spontanément qu'un objet est bien celui qui apparaît à nos yeux dans ses couleurs et ses formes,

ou à nos oreilles par les sons qu'il produit, ou à nos autres sens dans son individualité olfactive, gustative et tactile. L'identification entre ce qu'on perçoit et ce qui est, a été la condition essentielle de l'agir de l'homme, de sa manière d'intervenir dans le monde, de le découvrir, d'apporter des changements et de constater que ses actions trouvent une correspondance immédiate dans la réalité perçue.

Toutefois, la tendance actuelle veut que tout argument fiable et digne de confiance ne soit pas uniquement soutenu par un raisonnement recevable et une construction démonstrative convaincante mais ait besoin aussi des preuves, de vérification, voire d'une méthode scientifique. Nous allons donc faire appel à des études récentes qui ont fait leur apparition dans de nouveaux champs de recherche comme la psychologie cognitive et la neuropsychologie et sont en mesure de fournir une base plus probante - et une légitimation ultérieure - à cet anti-réalisme.

Un premier constat qui émerge de l'analyse du fonctionnement de notre vue est que les couleurs perçues des objets ne correspondent pas exactement à celles qui seraient émises par les objets eux-mêmes. La couleur sur le plan perceptif est composée de trois variables : la tonalité, la saturation et la luminosité auxquelles, on a tendance à croire, se rapportent exactement sur le plan physique respectivement la longueur d'onde dominante, la pureté et la luminance provenant de l'objet. Cependant, en dépit de cette relation qui apparaît comme une sorte de transposition fidèle du chromatisme de l'objet du monde extérieur à l'intérieur de notre corps, les couleurs perçues subissent des modifications importantes en fonction de plusieurs variables liées au fonctionnement de la vue, aux situations contingentes de l'objet regardé et, plus important, à la reconstruction qu'en fait le cerveau. En général, tout objet éclairé par une lumière extérieure absorbe toutes les longueurs d'onde sauf une, celle qui est émise par l'objet et reçue par l'œil. À la rigueur, la lumière qui touche notre œil, même celle réfléchie par un objet, n'a pas de couleur. Elle possède une énergie d'une intensité variable en fonction de la source, qui elle est mesurable en longueur d'onde, ou en fréquence, et que notre œil traduit en couleur. Toutefois, l'œil ne se comporte pas comme un instrument de mesure précis capable de capter et d'enregistrer les diverses nuances de tonalité de la couleur au fur et à mesure que celles-ci varient au niveau de la longueur d'onde. Si l'on considère le spectre de la lumière visible comme la gamme de l'énergie de la lumière que l'œil humain peut capter et traduire en couleurs, nous aurions une sorte d'arc-en-ciel (voir fig. 2 paragraphe 1.1) allant des longueurs d'onde plus courtes (environ 380 nm) qui correspondent au violet à celles plus longues (environ 750 nm) qui correspondent au rouge foncé. Or, des expériences de laboratoire indiquent que, notamment dans certaines zones du spectre comme le rouge, lorsque la longueur d'onde varie et donc la coloration « émise » par l'objet devrait se modifier, il n'y a pas de changement

correspondant dans notre perception de la tonalité. On peut voir ainsi la couleur briller différemment mais on ne remarque pas de variations de la tonalité dans la gamme du rouge⁵⁵, ce phénomène étant dû à la sensibilité de certains types de récepteurs (les cônes photorécepteurs) situés dans la rétine. Nous découvrons ainsi que non seulement la vue ne perçoit qu'une petite partie de l'énergie de la lumière, le spectre visible, mais même à l'intérieur de ce spectre certaines variations de longueur d'onde ne sont pas distinguées et exactement reconstruites en tonalité de couleur par notre vue.

Il s'avère difficile aussi de comparer la vision à une sorte de mécanisme automatique capable de détecter les ondes électromagnétiques et à transférer fidèlement ces informations à notre conscience, car le rôle du cerveau est bien plus important dans la détermination de l'objet perçu que l'on soupçonnerait. En effet, de nombreuses observations et des études menées par des neuroscientifiques⁵⁶ mettent en évidence de manière spectaculaire le décalage entre une surface circonscrite qui devrait apparaître toujours de la même tonalité de couleur, du fait d'être constituée d'une même longueur d'onde, et cette même surface qu'on perçoit dans des couleurs diverses, une fois que le contexte et l'environnement qui l'entoure changent. C'est le cas quand, par exemple, cette surface composée de la même tonalité de couleur est déplacée d'un fond clair à un fond sombre⁵⁷ ou lorsqu'elle est située dans un environnement perçu comme une zone d'ombre ou de lumière. Mais le cerveau ne se limite pas à construire des couleurs différentes alors qu'il s'agit bien de la même, il peut faire aussi l'inverse et reconstituer la même couleur alors que l'éclairage de l'objet change et devrait fournir des tonalités différentes. C'est le cas des expériences menées sur la perception de certains objets familiers⁵⁸, tels que des fruits et des légumes, qui nous paraissent comme ayant une couleur presque constante sous des lumières variables, ce qui a conduit à construire le concept de « constance de la couleur⁵⁹ » et à le mettre en relation avec le concept en apparence opposé qui est le « contraste de la couleur⁶⁰ ». Ces deux concepts semblent bien répondre à une même stratégie de la vision : la

⁵⁵ GREGORY, Richard Langton. *Eye and brain: the psychology of seeing*. Princeton, N.J : Princeton University Press, 1966. Édition consultée 1997. eBook. Chapitre 7.

⁵⁶ Une synthèse des travaux du neuroscientifique Beau Lotto dans un but de vulgarisation sont accessible en ligne sur TED à l'adresse :

https://www.ted.com/talks/beau_lotto_optical_illusions_show_how_we_see?language=fr#t-970477. [Consulté le 4 juin 2019].

⁵⁷ La conclusion que Beau Lotto en tire est que « ce que cela suggère, c'est que personne n'est un observateur en dehors de la nature [...]. Nous sommes définis par notre environnement et notre interaction avec cet environnement, et par notre écologie et que cette écologie est nécessairement relative, historique et empirique ». Nous traduisons ses propos. *ibid.* Voir aussi *infra* l'exemple du damier d'Edward H. Adelson.

⁵⁸ LAND, E. H. (1959). « Color vision and the natural image Part I ». *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 45, 116–129 et LAND, E. H. (1986). « Recent advances in retinex theory » *Vision Research*, 26, p. 7–21.

⁵⁹ Nous traduisons de l'anglais : « couleur constancy » et « couleur contrast » in : LOTTO, R. B., PURVES, D. (2002), « The empirical basis of color perception », *Conscious Cogn.*, décembre, 11 (4), p. 609-629, p. 625.

⁶⁰ *Id.*, p. 610.

perception chromatique serait générée non pas sur la base des « vraies » longueurs d'onde émises par l'objet mais sur la base d'une série d'expériences précédentes que le cerveau a élaborées et qui le conduisent à construire des modèles prédictifs. Ce que nous percevons et ce que nous « voyons » en tant que gamme chromatique ne serait donc pas le reflet fidèle de ce qui existe en dehors de nous mais une construction affinée et fonctionnelle de notre esprit. Si par exemple le cerveau estime que, sur une base empirique, il est plus probable qu'une couleur soit claire plutôt que sombre, puisque le contexte lui a appris qu'il vaut mieux l'interpréter de telle sorte, nous la verrons claire au lieu de la voir dans sa « vraie » tonalité de couleur. C'est le cas du célèbre damier de Edward H. Adelson (voir fig. 3⁶¹) où les deux cases A et B, tout en étant identiques du point de vue chromatique, sont perçues comme très différentes.

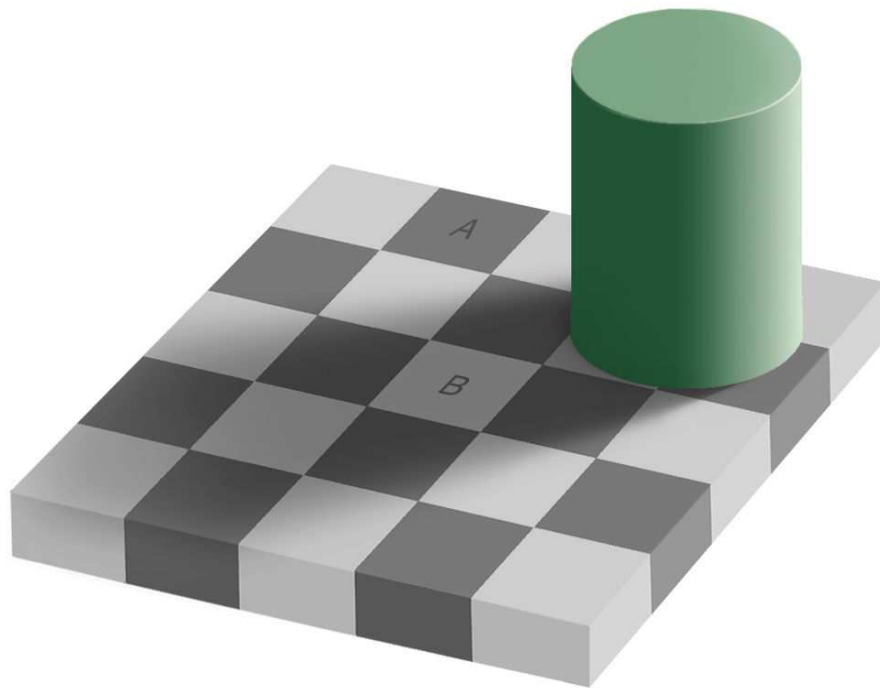


Figure 3 le damier de Edward H. Adelson

Dans ce sens, Chris Frith dans son paragraphe au titre significatif : *Les couleurs sont dans le cerveau, pas dans le monde*⁶², écrit : « Parce que nous percevons la couleur prédite et pas la vraie, nous pouvons être victimes d'illusions spectaculaires, dans lesquelles des surfaces

⁶¹ Source : https://culturacientifica.com/app/uploads/2013/11/Grey_square_optical_illusion.png [consulté le 2 septembre 2020].

⁶² FRITH, Chris, Comment le cerveau crée notre univers mental, 2007. Version consultée e-book trad. par Mathias PESSIGLIONE. Paris : O. Jacob, 2010. EAN13 : 9782738199997. Chapitre 5, paragraphe : *Les couleurs sont dans le cerveau, pas dans le monde*.

qui sont identiques en termes de longueur d'onde semblent avoir des couleurs nettement différentes⁶³ ».

Supposons tout de même que nous puissions ignorer l'ensemble de la gamme chromatique qui nous permet de visualiser et reconstruire la réalité telle que nous venons de la montrer. Imaginons de nous concentrer uniquement sur la forme de l'objet, cet élément primordial qui semble finalement plus que tout compter parce qu'il nous permettrait, lui seul, de reconnaître ce qui est essentiel, à savoir les objets dans leur configuration spatiale et leur agencement par rapport à l'environnement. Cette idée saugrenue ne pourrait pas tenir longtemps car la couleur, y compris le noir et le blanc, demeure l'élément fondamental pour distinguer les formes, construire l'espace et définir les contours des objets par contraste. Restons toutefois sur notre hypothèse et transformons notre vision pour qu'elle soit similaire à ce que les écrans de télévision montraient dans les années 1950, à savoir des films et des images en noir et blanc avec toutes les nuances intermédiaires de gris. C'est d'ailleurs sur un format similaire, sans couleurs, que les scientifiques et notamment les astronomes travaillent et étudient les images provenant des télescopes, et que les microscopistes construisent la structure d'un objet avant d'en accentuer certains aspects avec des codes couleurs spécialement adaptés. Persistant donc dans notre voie en nuances de gris, nous pourrions supposer que, à l'abri des couleurs qui sont le produit de notre cerveau et ne se trouvent pas dans la nature, à savoir en dehors de nous, la forme de l'objet demeure décelable du fait de pouvoir la relever grâce à des instruments beaucoup plus puissants que nos yeux, comme des appareils photographiques, des microscopes ou des télescopes. Supposons qu'après avoir capturé cette image de l'objet, idéalement neutre et sans couleurs, on la pose devant nos yeux pour appréhender sa forme et en prendre conscience. Serait-elle la vraie forme de l'objet ?

Cette hypothèse déjà fragile en raison des nuances de gris qui demeurent des couleurs, trouverait un autre obstacle de taille qui est dû à la perspective et à l'agencement des formes dans l'espace qui se produisent dans notre cerveau. Même si l'on admettait que l'instrument fabrique une image de l'objet exacte et complément neutre, c'est-à-dire entièrement indépendante de l'intervention humaine, pratique que nous avons vue être impossible, lors de la perception de cette image nous aurions tout de même affaire avec les mécanismes de reconstruction que le cerveau applique à tout type de perception.

En effet, selon les études de Gregory, l'élaboration réalisée par notre cerveau des formes et des proportions des objets par rapport à leur environnement semble être soumise dans certaines conditions à une déformation sans que notre conscience s'en aperçoive. Plus

⁶³ *ibid.*

exactement, sur la base d'une série d'observations effectuées, il affirme que les objets perçus auraient tendance à maintenir une constance de grandeur, ou de taille, alors que celle-ci devrait varier en fonction de la distance par rapport à l'œil. Si un objet s'éloigne de notre vue, sa quantité de lumière qui rejoint notre œil devrait diminuer et donc sa taille devrait nous apparaître plus petite. Mais pour un effet de compensation, le cerveau a tendance à faire apparaître l'objet plus ou moins de la même taille sans que la distance affecte de manière significative ses dimensions. C'est pour cette raison, dit l'auteur anglais, que les visages des personnes dans une salle de théâtre nous paraissent plus ou moins de la même taille malgré le fait que les plus proches soient forcément plus grands que ceux qui sont plus éloignés⁶⁴.

D'autres observations effectuées à partir des supports plus simples comme des dessins sont efficaces pour montrer que le cerveau élabore des formes de manière à modifier l'image perçue par l'œil (voir fig. 4, 5 et 6⁶⁵)

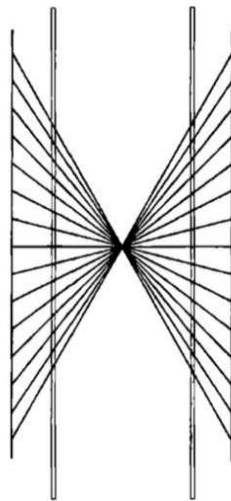


Figure 4, illusion de Hering

⁶⁴ Nous paraphrasons : « Consider an audience at a theatre—the faces all look much the same size, yet the retinal images of the further faces are far smaller than the nearer. » in GREGORY, Richard L. “Eye and Brain: The Psychology of Seeing”. e-book. Chapitre 10 *Illusions*.

⁶⁵ Pour approfondir voir : GREGORY, Richard Langton. *Eye and brain: the psychology of seeing*. 5th ed. Princeton, N.J : Princeton University Press, [1966] 1997. Les trois figures proviennent des pages 140-141.

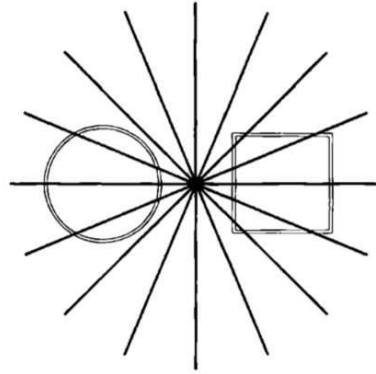


Figure 5, illusion d'Orbison

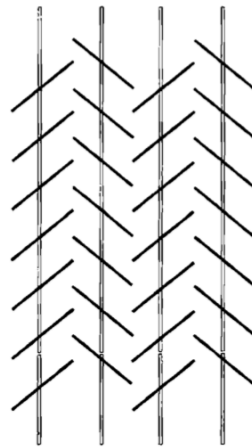


Figure 6, illusion de Zöllner

C'en est l'exemple la figure de Hering (fig. 4) ou les deux lignes verticales bien que parallèles semblent diverger au centre de l'image. De manière similaire dans la figure d'Orbison (fig. 5), nous voyons une déformation dans le carré et dans le cercle plus près du centre de l'image. Et encore les quatre lignes verticales de la figure de Zöllner (fig. 6) ne nous semblent pas parallèles alors qu'elles le sont.

Bien que les mécanismes exacts qui produisent ce processus de modification des formes opéré par le cerveau soient encore objets de débat, une convergence entre les spécialistes semble émerger pour caractériser le mode opératoire du processus mental : sur la base de ses connaissances, le cerveau choisit la possibilité qui lui semble la plus probable pour redéfinir ce qu'il perçoit à travers la vision⁶⁶. Un exemple frappant est donné par la chambre d'Ames où

⁶⁶ Voir les notions d'observateur bayésien idéal et le théorème de Bayes in FRITH, Chris, Comment le cerveau crée notre univers mental, 2007. e-book, *op.cit.*, Chapitre 5.

l'image perçue, celle qui arrive à notre œil et qu'on appelle souvent image rétinienne, montre une chambre à l'apparence simple composée par des proportions ordinaires avec des murs et des angles orthogonaux. Telle est aussi l'image qui apparaît sur la photographie (voir fig. 7, chambre d'Ames 1⁶⁷) et qui correspond à celle reconstruite par le cerveau et dont nous avons conscience.



Figure 7, chambre d'Ames 1.

Mais un effet surprenant ne tarde pas à apparaître : lorsque deux ou trois personnes de la même taille sont introduites dans cette pièce, elles font en sorte que la reconstruction de l'image, qui s'opère constamment dans le cerveau, se trouve devant un dilemme crucial : soit les personnes ont une taille différente, soit les parois de la pièce n'ont pas les mêmes proportions régulières qui apparaissaient dans l'image précédemment acquise. En une fraction de seconde et de manière inconsciente, le cerveau tranche : ce sont les deux personnes

⁶⁷ Les deux images de la chambre d'Ames proviennent de l'atelier APIS, émanation de l'association Savoir Apprendre, voir : <http://reseau-apis.fr/chambre-dames#> [consulté le 2 septembre 2020]

introduites qui ont une hauteur dissemblable, alors que ce n'est pas le cas dans la réalité (fig 8, chambre d'Ames 2).



Figure 8, chambre d'Ames 2

En effet, la chambre possède une forme trapézoïdale mais elle est agencée de telle sorte que sa configuration spatiale apparaisse comme une chambre ordinaire aux murs orthogonaux. Comme nous l'indique Frith dans son ouvrage⁶⁸, quand un élément introduit dans la pièce apporte un changement de configuration spatiale, qui doit être reconstruite par notre processus mental, le cerveau estime qu'il est plus probable que les proportions de la chambre demeurent stables et que c'est plutôt la taille des deux personnes qui est inégale.

Ces exemples aussi bien que les études récentes menées par les auteurs cités semblent nous conduire vers un constat : l'image que nous avons d'un objet est le produit de la reconstruction que le cerveau opère constamment à partir des données visuelles qui parviennent à notre œil, que cela soit dans le domaine de la couleur ou dans les formes et leurs proportions. Cette reconstruction s'opère en grande partie de manière inconsciente, comme les travaux de Dehaene le mettent en évidence⁶⁹, et ce travail de fond, incessant et caché, demande un temps qui a été calculé entre 200 et 300 millisecondes⁷⁰ pour qu'il soit saisi par la pensée consciente.

⁶⁸ FRITH, Chris, *op.cit.*, chapitre 5 et chapitre 2.

⁶⁹ DEHAENE, Stanislas. Le code de la conscience. E-Book. Paris : O. Jacob, 2014. Sciences. Chapitre 3 et 4.

⁷⁰ *Ibid.*, chapitre 4 paragraphe *Chronométrer l'accès à la conscience.*

Par conséquent, nous, en tant qu'êtres conscients, sommes en retard par rapport à ce qui se passe dans la réalité pendant ce laps de temps ou, dit autrement, lorsque la conscience appréhende un phénomène, une forme ou une image, le décalage avec la réalité est constitué d'un petit intervalle, tout de même non négligeable, de quelques centaines de millisecondes.

Sur la base de ces arguments, il apparaît donc difficile de soutenir que l'on puisse atteindre la vraie forme d'un objet, celle qu'il possède au-delà de notre perception, que cela soit dans le monde microscopique ou même macroscopique.

1.1.5 Objection sur le fait de considérer comme « vraie » l'image rétinienne

On pourrait nous objecter que si le cerveau reconstruit la réalité en faisant une erreur dans certaines circonstances, comme nous venons de le voir, il existe toutefois un moyen sûr et « vrai » de comparer l'image fruit de l'élaboration de notre processus mental et l'image perçue qui arrive à notre œil : l'image rétinienne. Et c'est d'ailleurs aussi sur la base de ce paramètre que l'on peut reconstituer l'erreur d'appréciation des exemples ci-dessous donnés, notamment les figures d'Hering, de Zöllner et d'Orbison. On est souvent tenté de comparer les données visuelles qui entrent dans notre œil au fonctionnement d'une caméra photographique - à l'ancienne et pas numérique - ou encore mieux à la chambre obscure qui suit les règles de la perspective albertienne et qui permet de reconstituer la profondeur en image bidimensionnelle. En effet, l'œil humain de par sa structure physiologique est constitué de manière à pouvoir le rapprocher, avec prudence, au fonctionnement d'une *camera obscura* : dans la mesure où la lumière entre par un petit trou (notre pupille) et forme une image perçue sur une surface (les cônes et les bâtonnets au fond de l'œil). Même si l'on ignorait toutes les limites d'une telle comparaison sur le plan optique dues à la conformation interne de l'œil, comme le fait que le fond de l'œil n'est pas une surface plane mais curviligne, ce qui apporterait une différence sensible par rapport à la projection sur une surface plane, d'autres arguments que nous estimons importants nous dirigent vers la réfutation de l'hypothèse que l'image rétinienne puisse montrer la vraie réalité.

Si l'on suit la pensée de Dalai Emiliani, on considère que la tâche première de la perspective est « de construire de tout objet réel une image qui corresponde exactement à celle que donne la vision directe⁷¹ », il est nécessaire que la projection de la géométrie descriptive fasse coïncider le point de vue de l'observateur avec celui qu'on adopte pour construire le

⁷¹ DALAI EMILIANI, Marisa, « perspective », Encyclopædia Universalis [en ligne], URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/perspective/> [Consulté le 16 juin 2019].

tableau perspectif, dans une vision stationnaire et monoculaire, à une distance et à une hauteur déterminées. Toutefois ce modèle de construction, qui correspondrait à l'image rétinienne, se révèle un modèle fortement réducteur de la vision puisqu'il coïncide avec l'adoption d'un œil unique, conçu de manière punctiforme et immobile, dans un espace homogène, constant et infini - bref un espace mathématique - très différent de l'espace psychophysiologique dans lequel le processus de la vision fonctionne.

De surcroît, on adopte pour une telle perspective la géométrie euclidienne qui, nous le savons depuis au moins l'œuvre de Gauss au XIX^e siècle, ne reproduit pas l'espace de manière absolue, à savoir tel qu'il est en lui-même, mais c'est une des descriptions possibles de l'espace fondée sur des théorèmes et des postulats⁷². En effet, d'autres descriptions géométriques sont possibles, tout aussi valables et cohérentes que celle d'Euclide pour construire et étudier l'espace, comme celle de Nikolaï Ivanovitch Lobatchevski et celle de Bernhard Riemann. Voici pourquoi aujourd'hui les mathématiciens utilisent diverses géométries en les choisissant en fonction de l'efficacité qu'elles possèdent pour résoudre certains problèmes spécifiques. D'où la célèbre phrase de Poincaré : « Une géométrie ne peut pas être plus vraie qu'une autre ; elle peut seulement être plus commode⁷³ ».

Le troisième élément qui nous conduit à douter de la validité d'une telle hypothèse, nous est donné par Stanislas Dehaene lorsqu'il parle du rapport entre l'image supposée être perçue par l'œil et la reconstruction qu'en applique le cerveau. Ce passage que nous reportons intégralement compte tenu de sa clarté, nous donne une idée plus précise du rapport avec une supposée validité de l'image rétinienne :

Nous ne voyons jamais le monde tel que notre rétine le perçoit. Ce serait d'ailleurs un bien étrange spectacle : un amas confus de points sombres ou lumineux, monstrueusement élargi en son centre (la fovéa), masqué en partie par des vaisseaux sanguins, troué d'une vaste « tache aveugle » à l'endroit où le nerf optique quitte la rétine ; et, qui plus est, une image qui changerait constamment, deux ou trois fois par seconde, dès que nous déplaçons les yeux. Ce que nous voyons, à la place, c'est une scène tridimensionnelle, corrigée de tous les défauts de la rétine, stabilisée jusqu'à éliminer toute impression de mouvement des yeux, et interprétée en fonction de notre expérience passée⁷⁴.

⁷² Nous citons la conférence donnée par Etienne Ghys sur les géométries non euclidiennes, [consultée le 18 juin 2019] à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=I1xM1b1cp4U>.

⁷³ POINCARÉ, Henri, *La Science et l'Hypothèse*, Flammarion, Paris, 1902, format e-book [1917]. Deuxième partie *L'Espace*, Chapitre III, *Les géométries non euclidiennes*. Voir aussi : chapitre 2, paragraphe 2.2.5.

⁷⁴ DEHAENE, Stanislas. *Le code de la conscience*. E-Book. Paris : O. Jacob, 2014. Sciences, Chapitre 2, paragraphe *Tisser des liens inconscients*.

1.2 Construction

1.2.1 Le début de la construction

L'idée que nous nous approchons de plus en plus de l'aspect formel d'un objet doit donc être précisée, voir reformulée, car la perspective de pouvoir le reproduire en image en avançant progressivement vers sa « vraie » forme, comme le ferait un bateau en accostant au rivage dont le profil se révèle au fur et à mesure que le brouillard se lève, ne peut être retenue qu'avec au moins un défaut majeur : celui de ne pas prendre en considération et examiner la globalité et les modalités de fonctionnement de nos facultés de connaître. En effet, bien que la démarche scientifique avance dans un parcours qui écarte systématiquement les théories fausses et procède par vérifications successives à partir des observations expérimentales, elle ne peut pour autant coïncider avec une progressive marche vers la seule et authentique vérité, à savoir la réalité telle qu'elle est et telle qu'il est possible de fixer sur des images scientifiques. Cette démarche, par ailleurs forte importante pour les artistes comme nous allons le voir au long de notre enquête, ne saurait se soustraire à une dimension de connaissance individuelle et, en particulier, à une interprétation du monde extérieur filtrée par la faculté que possède notre cerveau de remodeler et reconstruire la réalité que nous percevons. Cette faculté irrépressible demeure au final la base sur laquelle l'édifice de la connaissance se construit et où, en dernier recours, tout type d'image provenant des théories et d'instruments scientifiques imprime ses traces.

L'élément unificateur entre les trois dimensions considérées dans l'image scientifique (infiniment petit, infiniment grand et notre échelle) est le rapport entre l'image et le sujet connaissant, ce dernier demeure toujours, en dernière analyse, la porte d'entrée de l'information à notre intellect et, par son élaboration, sa visualisation ultime. Que l'information visuelle vienne d'une théorie, d'un instrument ou de la simple vue, elle sera toujours soumise aux procédés et au mode de fonctionnement de notre cerveau pour qu'elle puisse apparaître à notre conscience. Transposant dans notre contexte la phrase de Michel Bitbol concernant le Grand Dehors, à savoir l'entité dont la connaissance ne dépendrait pas de la pensée ni du langage et qui semblerait correspondre à la chose en soi, il dit : « ce que [les philosophes] pensent comme indépendant de la pensée est encore pensé par eux⁷⁵ ». Également on pourrait affirmer que ce

⁷⁵ Bitbol fait référence à la pensée de Quentin Meillassoux et d'Alain Badiou, dans une émission accordée pour la présentation de son livre *Maintenant la finitude*. Ed. Flammarion, 2019. Voir : KLEIN, Etienne, *Peut-on penser l'absolu ?* Dans : *La conversation scientifique* [en ligne]. 16 mars 2019. [Consulté le 21 février 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.franceculture.fr/emissions/la-conversation-scientifique/peut-penser-labsolu>. Phrase

qui est vu en dehors de la vue, par exemple par le biais d'un instrument, est encore vu par nous et subit le même processus récursif.

En se référant à l'article du professeur Moriarty, il est donc apparu nécessaire de préciser que la construction de l'image scientifique ne peut pas donner naissance à un reflet fidèle de la réalité en soi, ni à une correspondance exacte avec celle-ci comme si l'on était dans une sorte de miroir capable de révéler sa nature et son architecture. Il est probable que le professeur anglais fort de ses compétences en microscopie ait voulu affirmer que la détection de la molécule issue de la technique des SPM et montrée dans la Figure 1 possède un ancrage concret dans le monde réel tout aussi bien que les images qui proviennent de la microscopie optique. De plus, cette même technique dispose d'une série de caractéristiques qui peuvent tout aussi bien nous renseigner sur les propriétés de la matière à l'échelle atomique et nous faire avancer dans la connaissance de l'infiniment petit, comme les techniques anciennes de microscopie l'ont fait pendant des décennies auparavant. Peu de doutes subsistent quant à la validité de cette perspective dans un cadre scientifique où le référentiel est représenté par la méthode d'observation-vérification.

Cependant, il ne faut pas oublier que les instruments scientifiques même très perfectionnés et à la pointe de la technologie actuelle, et future, présentent toujours la marque de leur temps et ont une amplitude de recherche – un rayon d'enquête – qui demeure tout aussi précise que limitée, ce qui en fait leur qualité première pour pouvoir se focaliser et analyser un secteur spécifique à investiguer mais aussi leur limite. De même pour les théories qui les ont engendrés, elles portent en elles la construction intellectuelle d'une époque, l'aboutissement d'une série de formulations précédentes et les limites à venir qui seront révélées lors de la structuration de nouvelles théories plus perfectionnées et plus adaptées à rendre compte de nouvelles observations. *In fine* et plus important, tout comme un masque qui nous serait placé sur le visage, notre perception visuelle n'adhère jamais exactement à ce qui se passe *réellement* en dehors de nous, mais elle est continuellement soumise à une reconstruction prédictive par notre cerveau de manière à construire un monde, un fantôme dirait Chris Frith⁷⁶, qui coïncide avec la réalité. Dans cette optique, il n'est pas vain de rappeler que ce que nous voyons que cela soit une image, un mouvement ou une scène de vie quotidienne qui se produit sous nos yeux, demeure une reconstruction de notre cerveau et par cela n'est pas le miroir de la réalité conçue comme indépendante de nos moyens de connaissance.

prononcée à 11 minutes et 46 secondes de l'émission.

⁷⁶ Le sous-titre du chapitre 5 s'intitule : « Notre perception du monde est un fantôme qui coïncide avec la réalité », in : FRITH, Christopher D. Comment le cerveau crée notre univers mental. E-Book. Trad. par Mathias PESSIGLIONE. Paris : O. Jacob, 2007 2010.

Cette position nous conduit à partager les doutes exprimés par Nelson Goodman quant à l'adoption d'une vision constituée par un monde déjà « trouvé » et unique qui correspondrait à une unique vérité⁷⁷, notamment saisissable (et mise en image) par l'unique moyen de la science. Pour le philosophe américain il s'agit moins de soutenir l'existence de plusieurs mondes que d'affirmer que le monde, qu'on suppose unique, est plutôt le produit d'une construction que nos moyens intellectuels mettent en place pour le définir. Goodman prend aussi en compte le rôle de la perception visuelle et l'élaboration qu'en fait notre cerveau pour former l'image que nous avons des objets et des phénomènes. Mais les connaissances limitées de son époque au sujet de la neuroscience et de la psychologie cognitive n'avaient pas fourni assez d'études pour composer et bien structurer une formulation précise et vérifiable des processus de la vision⁷⁸. Néanmoins, sa pensée systématise une approche constructiviste qui déplace l'objet de l'analyse non plus à la nature et la structure du monde, mais à la description qu'on peut en faire, à ses versions correctes et à la manière que chaque description possède de construire un monde, c'est-à-dire une *version* du monde. Cette conception implique qu'il n'y a pas une description unique du monde mais il peut y en avoir d'innombrables et diverses, toutes également acceptables, chacune comportant des conventions et des référentiels et, de ce fait, aucune n'est apte à fournir une description *exclusivement* vraie, du moment que les autres sont vraies aussi. Aucune description ne peut se targuer de dire comment le monde est - affirme-t-il - mais chacune nous informe sur une manière d'être du monde⁷⁹.

1.2.2 À la base d'une convergence

Du moment où on assume que la vérité perd son caractère absolu et devient relative, ou en d'autres termes qu'elle ne peut s'accomplir que par rapport à une série de paramètres et de restrictions nécessaires à son mode d'existence et d'expression, elle devient un terrain fertile pour de nouvelles rencontres comme celle de l'art et de la science. Ces deux disciplines sont susceptibles, dans leurs domaines respectifs d'investigation, de proposer des vérités qui, en

⁷⁷ Ces doutes exprimés par Goodman sont un de thèmes centraux du livre. GOODMAN, Nelson. *Manières de faire des mondes*. Éditions Jacqueline Chambon. [1978]. Trad. par Marie-Dominique POPELARD. Paris, France, Gallimard, 2006. Voir en particulier p. 13 et p. 135.

⁷⁸ Goodman s'intéresse aux formes des objets, aux couleurs et au mouvement apparent des sources lumineuses. Voir GOODMAN, *id.*, chapitre 5.

⁷⁹ Goodman écrit « And when we say of them that they all involve conventionalizations, we are saying that no one of these different descriptions is exclusively true, since the others are also true. None of them tells us the way the world is, but each of them tells us a way the world is. » GOODMAN, Nelson. *The Way the World Is*. *The Review of Metaphysics* [en ligne]. 1960, Vol. 14, n° 1, p. 48-56. [Consulté le 21 février 2020]. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/20123803. JSTOR, p. 56.

vertu de leur caractère partiel, non exclusif, et représentationnel, peuvent s'entrecroiser, s'influencer, voire s'assimiler mutuellement, pour offrir à notre quête de compréhension du monde des pistes inédites de recherche et de connaissance. C'est ainsi que l'approche constructiviste de Nelson Goodman semble adaptée pour constituer une base de dialogue entre deux domaines que tout sépare en apparence. En effet, en comparant l'art et la science nous nous trouvons vite devant une difficulté de taille car il semble plus aisé d'en définir une et plus compliqué de déterminer l'ensemble des caractères et les limites de l'autre. Alors que la science est généralement considérée pourvue d'une méthode et d'un objet d'étude bien définis, d'un ensemble des connaissances à valeur universelle et vérifiable par l'observation⁸⁰, le domaine artistique semble échapper à tout type de définition stable qui puisse le caractériser. Sa méthode n'est pas véritablement constituée sinon par la technique, qui relève et diffère selon le champ artistique que l'on considère. Mis à part la régularité du travail et l'engagement personnel, la façon d'écrire un opéra pour un musicien ne sera pas la même que celle d'un peintre lors de la composition de son tableau. Et à l'intérieur d'une même discipline, chaque artiste développe un ensemble de démarches personnelles qu'il s'avère difficile d'encadrer dans un système uniforme et régulier, transposable aux autres artistes.

L'objet de représentation auquel l'art se consacre, en dépit de ses différents genres et styles sur lesquels l'histoire de l'art et l'esthétique ont bâti leurs théories, change depuis les avant-gardes de manière tellement imprévisible qu'il semble pouvoir embrasser tout type d'objet et faire de chaque sujet la base pour une réflexion ultérieure. Ce phénomène se manifeste dans l'art actuel, et à partir à peu près de Marcel Duchamp, de manière tellement claire qui nous pousse à remplacer la question « qu'est-ce l'art ? » par la question « quand y a-t-il art ?⁸¹ ». Cependant, c'est bien cette liberté de recherche qui conduit certains artistes aujourd'hui à s'intéresser à la science et à en faire l'objet de leurs représentations, thème sur lequel nous allons consacrer la deuxième partie de notre étude.

⁸⁰ Nous partageons le point de vue de Daston et Galison sur l'objectivité dans le domaine scientifique détaillé dans le chapitre VII de leur ouvrage dont nous sortons un extrait : « L'objectivité est une vertu épistémique parmi d'autres, non l'alpha et l'oméga de toute épistémologie. L'objectivité n'est synonyme ni de vérité, ni de certitude, ni de précision ni d'exactitude. [...] une image objective n'est pas toujours une image exacte, du point de vue même de ses auteurs » même si, nous ajoutons, son adoption demeure toujours essentielle dans le domaine des sciences comme nous le verrons dans le paragraphe 3.4. Voir : DASTON, Lorraine, GALISON, Peter. Objectivité. Trad. par Hélène QUINIOU et Sophie RENAUT. Dijon : Les Presses du réel, 2012. Fabula. Première éd. en anglais 2007, p. 427.

⁸¹ GOODMAN, Manières de faire des mondes, *op.cit.*, p. 87-105

1.2.3 Vérité artistique, une question de convention ?

Or, pouvons-nous nous risquer à dire que l'art montre des vérités ? Et si oui, de quelle manière les produit-il ?

À première vue cela apparaît peu crédible. Si l'on regarde, même de manière très intense, un tableau de Matisse, un portrait de Picasso de la période cubiste ou un tableau d'Escher, il semble peu probable que ces tableaux montrent la vérité. Une définition du mot *vérité* en tant qu'« idée, proposition qui emporte l'assentiment général ou s'accorde avec le sentiment que quelqu'un a de la réalité » nous induirait même à conforter ce premier jugement, notamment si le « caractère de ce qui existe réellement et est bien tel qu'il apparaît⁸² ». Nous serions peut-être plus enclins à rapprocher une photographie de l'objet à la vérité, ou un tableau à la manière de Gustave Caillebotte (*Les raboteurs de parquet*⁸³ de 1875) ou, pour aller encore plus loin, à la façon des hyperréalistes américains tels que Chuck Close (*Richard*⁸⁴ de 1969) et Ralph Goings (*Caravane Airstream*⁸⁵ de 1970), où photographie et peinture semblent se confondre. Ces images apparaissent comme des expressions picturales qui ont une correspondance plus stricte avec l'idée que nous avons de la réalité et, par conséquent, elles se rapprocheraient davantage du concept du Vrai. Cependant cette concordance n'est pas assurée puisqu'elle n'est ni stable dans le temps, ni universelle. Sur le plan de l'appréhension de la perception spatiale, il est suggéré par les psychologues cognitivistes que d'autres populations, ou ethnies, comme celle des Zoulous configurent mentalement les relations spatiales de manière différente⁸⁶ à ce qu'on supposait être le type humain standard, c'est-à-dire l'homme occidental éduqué à l'occidentale. Sur le plan de la représentation, cette concordance entre le réel et l'image que nous en faisons est tout simplement une question de conventions. Si l'on suit la pensée de Panofsky, les hommes de la Renaissance étaient convaincus de reproduire dans leurs tableaux le vrai - conjoint au beau - notamment à travers l'emploi de la perspective et grâce aussi à une attention particulière à la physiognomonie et à l'anatomie⁸⁷. Cette tradition a demeuré longtemps et a longuement influencé les mentalités au point qu'encore aujourd'hui

⁸² Les deux définitions sont extraites du dictionnaire Larousse en ligne à l'adresse <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/verite/81553?q=verite#80589>. [Consulté le 31 juillet 2019].

⁸³ Conservé au Musée d'Orsay à Paris. L'image est disponible à l'adresse Internet : https://m.musee-orsay.fr/fr/oeuvres/commentaire_id/les-raboteurs-de-parquet-7073.html [consulté le 5 septembre 2020]

⁸⁴ Lieu de conservation inconnu. L'image est disponible à l'adresse Internet : <http://chuckclose.com/work012.html> [consulté le 5 septembre 2020].

⁸⁵ Conservé au *museum moderner kunst stiftung ludwig wien* de Vienne (Autriche). L'image est disponible à l'adresse Internet : <https://www.mumok.at/en/airstream> [consulté le 5 septembre 2020]

⁸⁶ SEGALL, M. H., CAMPBELL, D. T. et HERSKOVITS, M. J. Cultural Differences in the Perception of Geometric Illusions. *Science* [en ligne]. Février 1963, Vol. 139, n° 3556, p. 769-771. [Consulté le 22 février 2020]. DOI 10.1126/science.139.3556.7

⁸⁷ PANOFSKY, Erwin. *Idea*. contribution à l'histoire du concept de l'ancienne théorie de l'art. Paris : Gallimard, 2015, p. 63-68.

la perspective est largement employée dans différentes branches de l'illustration scientifique, dans les dessins et les reproductions plus communes.

Alors que nous avons vu dans le chapitre précédent qu'elle ne correspond pas à notre image perçue, car celle-ci est plutôt le produit de la reconstruction effectuée par notre cerveau, elle met à disposition tout de même un modèle de succès pouvant produire des informations pertinentes et une image adaptée à nous fournir une idée efficace de l'objet représenté. De même pour les œuvres hyperréalistes, il s'agit des conventions qui arrivent par des moyens techniques ressemblant à la photographie à reconstruire des objets de la réalité. En revanche, il n'est pas sûr que si nous avons utilisé ces mêmes conventions à d'autres époques et avec d'autres civilisations, éduquées à une culture visuelle différente de la nôtre, les observateurs les auraient trouvées aussi vraies que nous. C'est justement l'assimilation de ces mondes autres dans la culture visuelle occidentale, bâtie sur des canons remontant à la Renaissance, qui a contribué à changer notre sensibilité contemporaine et à constituer la base d'une rupture nette avec la représentation traditionnelle.

La découverte du monde africain, opérée par Picasso et les cubistes, a alimenté la construction d'un nouveau mode de représentation en donnant de nouvelles références qu'on peut repérer par exemple dans la forme des visages et des silhouettes des figures de leurs compositions. En allant un peu plus loin dans le temps, nous pouvons reconnaître le même intérêt pour une culture autre que la nôtre dans l'œuvre de Paul Gauguin où, cette fois-ci, c'est bien le monde de Tahiti qui joue un rôle déterminant dans les compositions et les formes de ses figures et de ses objets. Dans la même recherche des sources exotiques, nous remarquons l'influence des estampes japonaises auprès du mouvement des Nabis et on pourrait continuer en soulignant l'attention de Matisse pour les arabesques et pour les décorations du Maghreb. Et quand les sources d'inspiration de mondes lointains ne comblerent pas l'intérêt pour un mode de représentation autre que celui donné par la tradition picturale établie, les artistes puisent dans des traditions différentes de celle la Renaissance, comme celle des primitifs italiens à partir de Cimabue, en arrivant même à combiner l'exotique aux manières de peindre du Trecento et du Quattrocento italiens, comme c'est le cas de Modigliani, où les formes s'inspirent des modèles de la période qui a précédé la Renaissance aussi bien que des masques africains.

Qu'ont-ils en commun tous ces artistes et les mouvements artistiques qui s'y rattachent ? La volonté de briser les codes de la représentation qui semblaient inaltérables depuis des siècles. En effet, ces artistes voyaient dans la peinture traditionnelle de leur époque l'aboutissement d'une longue tradition qui puisait ses sources dans la Renaissance mature des premières décennies du XVI^e siècle, dont les trois grands maîtres Michel-Ange, Leonard et Alberti

avaient contribué à bâtir les fondations. L'impression étant que les maîtres de la Renaissance avaient modelé une façon de construire les figures et leur agencement dans l'espace qui présentait des caractères communs au-delà des styles des différents peintres qui s'étaient succédés le long des siècles. Le modèle d'image qui en dérivait adoptait des figures, des paysages ou des objets dans le tableau, susceptibles de concrétiser les formes visibles et dont la lecture était facilitée par une série des moyens techniques qui permettaient de construire ce qu'on pourrait nommer un *genre* à qui, faute de mieux, on pourrait ajouter le prédicat de *figuratif*. Ces moyens techniques, bien qu'utilisés de manières différentes et variées selon les époques, les styles et les artistes, pouvaient se résumer dans l'usage du *sfumato* pour rendre le volume des objets au contour bien délimité et l'emploi d'un espace perspectif qui consistait à rendre les figures plus petites, nuancées et moins définies en fonction de la distance qu'on voulait construire dans le tableau. C'est ainsi que la peinture trouvait une continuité dans les œuvres diverses de Léonard de Vinci, en passant par Caravage, les Carraches et Poussin pour arriver à Jacques-Louis David et à la peinture d'histoire du XIX^e siècle. Ce genre *figuratif* semble s'être enraciné très profondément dans notre culture visuelle au point que, encore aujourd'hui, on pense qu'il est plus en mesure de fixer les images de la réalité externe et de l'imiter. D'où une certaine résistance à assimiler spontanément les nouveaux codes de l'art contemporain jugé souvent peu propice à exprimer la réalité. D'où aussi les doutes qui s'installent quant à la pertinence d'un tableau cubiste ou d'une œuvre d'art contemporain quand il s'agit de trouver la correspondance avec la réalité et donc d'exprimer une forme de vérité⁸⁸.

Toutefois, même si un tableau figuratif est un modèle de représentation plus traditionnelle et rassurante, nous avons vu qu'il ne correspondrait pas dans des éléments de couleurs, de formes et d'espace, à la réalité, pas plus que l'image de la photographie correspondait à l'image rétinienne, en raison du fait qu'il s'agit toujours de modèles qui suivent des conventions auxquelles on est habitué et que notre cerveau a construites pour appréhender la réalité. Ces conventions dans le cas de la peinture consistent dans une sélection d'objets et de ses formes, dans le tri des détails qui doivent ou non apparaître, dans le grossissement ou le rétrécissement des surfaces et des contours des objets, dans l'exaltation des couleurs et dans leur diminution, bref dans des choix qui s'appliquent toujours sur le plan de l'expression pour rendre compte de l'objet. Cette série de choix qui joue dans la caractérisation de l'objet est aussi présente dans l'image scientifique et on pourra établir un parallèle entre l'*abstraction*, en tant qu'omission de détails, et l'*idéalisation*, en tant que déformation de l'objet représenté,

⁸⁸ À titre de comparaison, voir la similarité établie par la biochimiste Richardson entre un tableau de Picasso et les infographies des forces moléculaires, présentée au chapitre 4 paragraphe 4.1.4.

suivant la conception d'image scientifique de Chakravartty, que nous allons examiner dans le prochain chapitre.

Dans quel sens serait-il donc pertinent de parler de vérité dans le domaine de la représentation puisque cette dernière demeure relative ? Il peut y avoir pertinence dans le sens qu'une image peut apporter une connaissance jugée appropriée de l'objet, montrer des propriétés spécifiques vérifiables selon un ensemble de critères forgés par l'expérience commune et individuelle, ou bien selon un ensemble de critères produits par la connaissance pointue dans un domaine spécifique. Nous passons donc d'un concept d'une vérité omni-compréhensive ayant l'ambition de montrer le monde tel qu'il est, à une redéfinition plus restrictive et fonctionnelle du Vrai par rapport à des référentiels qui posent des critères pour construire des représentations du monde. Dans ce sens, il convient de préciser le mot vérité et l'entendre en tant que vérité approximative ou de le remplacer par le mot correction, ou par *représentation correcte*. En effet, suivant la pensée de Nelson Goodman pour qui chaque façon différente d'agencer et de construire des systèmes symboliques dans la représentation est un *monde* - ou une *version* - et chacun de ces mondes peut être intéressant, important, susceptible d'influencer d'autres mondes, et peut avoir les caractéristiques qui répondent à des paramètres de correction ou de vérité approximative⁸⁹. Puisqu'aucun de ces mondes ne peut ambitionner de représenter à lui seul le « monde réel » en raison du fait qu'il faudrait pouvoir le confronter avec le monde-en-soi et en donner la copie exacte, mais chacun est constitué pas des moyens expressifs et des modalités référentielles à lui propres, chaque monde ne peut que se référer à d'autres mondes qui l'ont précédé. Dans ce sens Goodman affirme :

Les différentes substances dont les mondes sont faits — matière, énergie, ondes, phénomènes — sont faites en même temps que les mondes. Mais faites à partir de quoi ? En définitive pas à partir de rien, mais à partir d'autres mondes. Pour construire le monde comme nous savons le faire, on démarre toujours avec des mondes déjà à disposition ; faire, c'est refaire⁹⁰.

C'est donc à partir d'un ensemble de connaissances acquises qu'on peut proposer une nouvelle version du monde, que cela soit dans le monde de la science ou de l'art. Il apparaît en effet difficile d'imaginer comment les grands scientifiques du passé pourraient avoir créé des théories *ex nihilo* et sans aucune base précédente ni conceptuelle, ni langagière, ni d'imagerie,

⁸⁹ Goodman affirme : « Plutôt que de parler des images comme vraies ou fausses, nous ferions mieux de parler des théories comme correctes ou incorrectes ; car la vérité des lois d'une théorie n'en est qu'une caractéristique particulière et [...] son importance se trouve souvent écrasée par la puissance, la concision, la portée, le caractère informatif et le pouvoir d'organisation du système global ». GOODMAN, Nelson. *Manières de faire des mondes*, *op.cit.*, p. 39.

⁹⁰ GOODMAN, Nelson. *Manières de faire des mondes*, *id.*, p. 22.

permettant de raisonner sur les conceptions précédentes du monde contre lesquelles ils allaient formuler de nouvelles hypothèses. La relativité d'Einstein sort sûrement d'une entreprise intellectuelle personnelle dont l'intelligence est hors du commun mais sans les bases mathématiques établies et les connaissances de physique de l'époque, le célèbre scientifique aurait difficilement pu traduire ses intuitions dans un langage scientifique et proposer une nouvelle théorie. Également dans le domaine de l'art, l'idée d'une continuité nécessaire entre les œuvres intellectuelles et artistiques du peintre et celles de ses prédécesseurs semble trouver confirmation dans le propos de Picasso quand il dit que : « Toute œuvre procède toujours plus ou moins d'une autre⁹¹ », alors que lui aussi a été à la base d'un changement radical et capital dans la peinture contemporaine, tout aussi puissant et fécond que celui d'Einstein dans la physique, comme nous allons en donner un éclairage dans le chapitre de l'idéalisation⁹².

⁹¹ CABANNE, Pierre, Le siècle de Picasso, Denoël, Paris 1975, Tome 1 p. 281.

⁹² Sur les supposées influences de la Relativité sur le cubisme, voir chapitre 2, paragraphe 2.2.5.

Chapitre 2 : Abstraction et Idéalisation

2.1 Abstraction

2.1.1 Abstraction et idéalisation dans la représentation scientifique

Qu'est qu'une représentation ? Que signifie représenter ? Ces questions anciennes différemment traitées au long de l'histoire des idées, nous conduisent nous aussi plus modestement à tenter de trouver des repères susceptibles de confirmer, ou d'infirmer, notre recherche sur des convergences et des analogies entre arts visuels et sciences expérimentales.

À partir de l'exemple donné par Moriarty, examiné dans notre première partie, il apparaît que dans la science une représentation se veut généralement comme la production d'une image qui re-produit fidèlement l'objet de la réalité auquel elle se réfère. Nous avons émis des objections contre la position faisant correspondre cette fidélité à une correspondance exacte de l'objet représenté avec l'objet réel et même avec l'objet perçu par nos sens ou les instruments qui sont censés les remplacer.

Nous allons poursuivre notre enquête pour comprendre si la représentation scientifique ne se dirige plutôt pas vers la mise en image de propriétés et de traits fondamentaux qui peuvent identifier un objet. Nous examinerons si cette production représentative est soumise à des normes ou à des conventions qui précisent sa nature et son mode de fonctionnement.

Dans un article éclairant⁹³, Anjan Chakravartty nous renseigne sur les modes de fonctionnement de la représentation scientifique, à savoir les théories et les modèles sous toutes les formes qu'elles peuvent assumer (entités linguistiques et mathématiques, simulations informatiques, objets concrets, etc.), et nous permet d'établir une double analogie avec les caractéristiques généralement admises comme particulières et typiques de la production artistique, notamment picturale.

L'auteur part de deux suppositions (*assumptions*⁹⁴ en anglais) qu'il admet comme correctes et acceptables sans devoir les soutenir par une démonstration ou un effort d'argumentation spécifique. L'une consiste à établir que la connaissance scientifique aspire à

⁹³ CHAKRAVARTTY, Anjan. Truth and Representation in Science: Two Inspirations from Art. Dans : FRIGG, Roman et HUNTER, Matthew (dir.), *Beyond Mimesis and Convention*. Vol. 262 [en ligne]. Dordrecht : Springer Netherlands, 2010, p. 33-50. [Consulté le 18 décembre 2019]. DOI 10.1007/978-90-481-3851-7_3

⁹⁴ *Assumption* est un mot qui demeure difficile à traduire en français bien qu'il apparaisse plus clair à la lecture de l'article cité. On aurait pu le traduire par le mot « hypothèse », ou « axiome » dans le sens d'un énoncé qui est admis comme recevable en tant que base pour la construction de son raisonnement, mais il serait moins bien adapté au contexte.

des vérités substantielles⁹⁵ sur le monde, l'autre, tout aussi forte que déstabilisante sous la plume d'un philosophe de la science, affirme que les descriptions d'entités et de processus fournies par les représentations scientifiques sont généralement fausses, à proprement parler. Cette deuxième supposition semble bien s'accorder avec le constat, à ses dires largement répandu dans la communauté scientifique, qu'il serait du moins exagéré d'affirmer que les représentations scientifiques atteignent généralement le Vrai de manière parfaite et complète. Toutefois, poursuit-il, on peut admettre que les représentations inexactes sont proches de la vérité et sont aussi susceptibles de s'améliorer avec le temps.

Une position relativiste et constructiviste qui se rapproche de celle de Nelson Goodman, auquel l'auteur se réfère explicitement quand il le cite pour rappeler que la vérité peut être comprise en termes de « correspondance » entre les théories et les faits, et que ce genre de « correspondance » est caractéristique aussi de la relation entre l'art et le monde⁹⁶. Chakravartty suit ainsi l'idée goodmanienne selon laquelle la vérité pour exprimer son contenu doit être « correctement assimilée aux conventions de représentation⁹⁷ » qui constituent en elles-mêmes ses conditions d'approximation. Or, selon l'auteur, la plus importante de ces conventions s'articule autour de deux modes de représentation appelés *abstraction* et *idéalisations*, et qui s'avèrent les principaux modes d'expression par lesquels les représentations scientifiques se construisent et se rapportent aux phénomènes du monde qu'elles visent.

Le processus d'abstraction, qui détermine la représentation abstraite, consiste en une procédure de sélection de seulement quelques-uns des nombreux facteurs potentiellement pertinents pour la compréhension et l'explication de l'état ou du comportement de l'objet, appelé *système cible*, ou *cible* tout court, et qui seront insérés et pris en compte dans sa représentation. Cette sélection susceptible d'écarter aussi d'autres paramètres, plus ou moins intentionnellement selon l'auteur, permet de construire une représentation plus facile à traiter et à manipuler. Un exemple fameux de représentation abstraite est constitué par le modèle du pendule simple, où on néglige le facteur de résistance dû au frottement de l'air. La privation de ce facteur dans la représentation, génère deux importantes conséquences valables aussi pour

⁹⁵ « Substantive truths » en anglais. CHAKRAVARTTY, *op.cit.*, p.34.

⁹⁶ Chakravartty écrit : « Ultimately, says Goodman, truth can be understood in terms of “a matter of fit” between theories and facts, and as it turns out, just this sort of “fitting” is characteristic of the relationship between art and the world », *ibid.* L'auteur se réfère au passage de Goodman « Truth of a hypothesis after all is a matter of fit—fit with a body of theory, and fit of hypothesis and theory to the data at hand and the facts to be encountered. » in Goodman, N., *Languages of Art: An Approach to a Theory of Symbols*, 1976, 2nd ed. Indianapolis: Hackett, p. 264.

⁹⁷ Chakravartty écrit : « One reason Goodman suggests that truth by itself matters little, is that truth amounts to nothing unless one, in addition to having truthful representations, is properly acculturated with the conventions of representation in terms of which they express their content. It is precisely these conventions that I take to constitute the “conditions of approximation” whose explication is required in order to make sense of the notion of approximate truth. » CHAKRAVARTTY, *op.cit.*, p.35.

les autres abstractions qui l'écartent de la vérité et en mettent en évidence l'approximation : l'une, plus théorique, consiste dans l'omission d'un facteur important qui agit dans le comportement du système cible ; l'autre, plus pratique, s'identifie dans la production de résultats et de prévisions qui peuvent s'éloigner de la réalité factuelle et des observations.

Bien que certaines abstractions puissent représenter certains systèmes cibles avec une précision presque parfaite, nous explique l'auteur, d'autres s'écartent de la réalité au fur et à mesure que le degré d'abstraction augmente, s'éloignant ainsi d'une vérité (approximative) en fonction du nombre de propriétés, ou des facteurs réels, qu'elles omettent. Toutefois les abstractions sont à considérer comme des descriptions correctes, et courantes, des caractéristiques des phénomènes du monde, malgré le fait qu'elles ne puissent pas les décrire entièrement, en omettant ainsi certaines propriétés et caractéristiques potentiellement pertinentes. Nous pouvons ainsi mesurer l'écart entre vérité et correction : bien que *fausses* dans la mesure où elles ne représentent pas toutes les caractéristiques de l'objet, elles n'en demeurent pas moins correctes, et donc acceptables selon les contextes et les buts scientifiques, pour représenter les systèmes cibles.

La seconde forme de convention prise en compte par Chakravartty dans la représentation scientifique est nommée *idéalisisation* et consiste à appliquer un processus de déformation, de distorsion ou de simplification à l'objet représenté qui doit renvoyer au système cible. Il ne s'agit plus comme dans l'abstraction d'exclure des facteurs potentiellement pertinents mais de les inclure en les modifiant de telle manière que la transformation apportée ne pourrait pas faire exister l'objet représenté dans la réalité. L'exemple suggéré par Chakravartty est donné par la représentation du Système solaire de Newton qui suppose que, sur la base des lois du mouvement planétaire de Kepler, le soleil soit au repos, ce qui implique que l'étoile ait une masse infinie. Cette conséquence demeurerait peu crédible pour Newton aussi car il pensait que le soleil avait de petits mouvements produits par l'interaction avec les autres planètes. Toutefois l'attribution d'une masse infinie constitue une idéalisisation. On aurait tendance à considérer plus faux ce mode de représentation puisque la distorsion prise en compte dans la représentation l'écarte déjà en principe de la réalité. Et en effet, l'auteur nous suggère qu'il y a un aspect qu'on pourrait définir comme *fictif* dans ce mode de représentation, puisque si l'abstraction comporte au moins des informations précises, bien que partielles, et en accord avec le réel, l'idéalisisation décrit des propriétés fictives et non des propriétés réelles. Nous sommes donc ici en présence d'un mode d'approximation différent par nature de celui exprimé par l'abstraction.

De surcroît, l'auteur nous indique que souvent les représentations scientifiques impliquent les deux modes de fonctionnement, un mélange d'abstraction et d'idéalisisation sur

divers niveaux, et produisent des représentations susceptibles d'être soumises à une série des vérifications théoriques et observationnelles aptes à en mesurer l'écart avec la réalité. Pourtant, aucun des modes de vérification que l'auteur examine ne semble recevoir un consensus général de la part de la communauté scientifique et trouver ainsi un accord unanime susceptible de mesurer avec certitude la vérité approximative⁹⁸.

2.1.2 L'abstraction dans l'art

Si nous considérons comme modèle l'*abstraction*, en tant que construction d'un objet comportant des omissions par rapport à toutes les caractéristiques qu'il peut présenter dans la réalité, nous sommes devant l'un des traits les plus typiques de l'acte pictural d'un artiste. À partir d'un dessin, où l'on peut discerner facilement en quoi une composition est généralement dépourvue d'éléments accessoires, grâce aux quelques lignes essentielles qui composent une figure reconnaissable, pour arriver aux formes complexes de la peinture, où les objets même les plus riches de motifs ornementaux relèvent d'un choix opéré par l'artiste, nous pouvons observer le fruit d'une sélection et d'une élaboration. Lorsque la main de l'artiste construit l'objet de sa représentation, il projette sur son œuvre non seulement une vision du monde qu'il s'efforce de construire, mais aussi ses observations sur la nature ou des aspects qu'il souhaite mettre en relief pour communiquer une idée précise qui lui tient à cœur.

À titre d'exemple considérons le dessin de la figure 2A⁹⁹. Nous remarquons que bien qu'il soit monochrome, la figure émerge clairement dans sa volumétrie et se détache du fond du papier grâce à un habile jeu des lumières qui préfigure la technique plus élaborée du *sfumato*¹⁰⁰ en peinture.

⁹⁸ Chakravartty examine trois approches : l'approche de la vraisemblance (*truth-likeness*), de Karl Popper ; l'approche des mondes possibles (*possible worlds*), formulée de différentes manières par des philosophes comme Pavel Tichý, Ilkka Niiniluoto et Graham Oddie, et l'approche hiérarchique (*hierarchy approach*), proposée par Jerrold Aronson, Rom Harré et Eileen Cornell Way., *Id.*, p. 35-38.

⁹⁹ Dessin datant 1505-1508, à la craie rouge, touches de craie blanche, sur papier préparé rouge-orange. Feuille du dessin (14.4 x 14.3 cm.). Cette image provient de : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci_mirtillo_palustre_1506_circa_windsor_royal_library.jpg [consulté le 11 novembre 2020], compte tenu de sa meilleure lisibilité, cette reproduction a été préférée à celle paraissant sur le site de la Royal Collection Trust à la page : <https://www.rct.uk/collection/search#/70/collection/912421/a-sprig-of-guilder-rose> [consulté le 11 novembre 2020].

¹⁰⁰ Technique caractéristique de la peinture de Léonard de Vinci, mais à entendre ici plutôt comme l'application des nuances de clair-obscur qui mettent en évidence la volumétrie des objets représentés dans les dessins et non en tant que technique pouvant construire une atmosphère générale à effet vaporeux dans les tableaux.



Figure 2A, *Viburnum opulus* dessin de Léonard de Vinci provenant de la collection Windsor (1506-1512)

Il s'agit d'un dessin de Léonard de Vinci où l'attention au détail comme dans d'autres de ses dessins de plantes, d'animaux et des figures humaines dans leur variété d'expression, est bien connue.

La figure en question omet pourtant une série de particularités : tous les éléments accidentels comme les trous, les déchirures, les cassures, les moisissures typiques de la vie végétale sont absents et même l'élaboration du dessin tend à soustraire plutôt qu'à abonder : les stries des feuilles sont ébauchées et non finement détaillées, l'aspect typique denté de leur bordure est présent surtout dans les deux feuilles plus en bas, la tige centrale demeure plutôt uniforme et sans aspérités, et les fruits d'un aspect rond ne font pas émerger l'aspect rugueux ou irrégulier de la surface. Néanmoins, ce dessin nous fournit assez d'informations pour reconnaître la plante en question et nous conduit à l'identifier au *Viburnum opulus*¹⁰¹. À partir

¹⁰¹ Pour l'identification de la plante voir MORLEY, Brian. The Plant Illustrations of Leonardo da Vinci. The Burlington Magazine [en ligne]. The Burlington Magazine Publications Ltd., 1979, Vol. 121, n° 918, p. 553-562. [Consulté le 3 mars 2020]. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/879737. JSTOR., p. 559. Dans ce même document on peut voir l'image de la plante en noir et blanc dans la figure 22, page hors texte.

de cette capacité de sélection des traits visibles qui seront transférés, ou plutôt traduits, sur un support papier par la technique du dessin, nous pourrions facilement relier la plante réalisée par Léonard de Vinci à d'autres illustrations qui utilisent cette même forme de procédé d'abstraction, en tant que sélection à partir d'une multitude d'aspects particuliers pour en déterminer uniquement ceux qui sont utiles à l'identification de l'objet. L'artiste florentin avait probablement dessiné cette plante afin de mieux l'étudier, s'en souvenir ou la reproduire un jour sur un tableau.

Plus qu'une série de traits qui composent la plante dessinée, dont les effets sont plus ou moins efficaces pour reconnaître l'objet, on pourrait affirmer que nous sommes devant les traces d'un processus d'élaboration des données sensibles et de construction de l'image, sous la forme d'un dessin, qui fonctionne comme *principe régulateur* capable de condenser les caractéristiques jugées essentielles pour construire un modèle (le type de plante) apte à s'appliquer à la grande variété de circonstances que la réalité peut manifester. Dans le cas du dessin en question, ce processus présuppose de savoir ordonner les informations visuelles et de les hiérarchiser afin de définir une composition qui a tendance à former une figure prototypique, une matrice, pouvant contenir la grande variété des attributs de l'objet sans perdre de son identité. Cette identité se constitue autour d'une sélection capable de reconstruire l'objet par des signes distinctifs (les traits du dessin) qui constituent et déterminent des caractéristiques visuelles que notre intelligence est capable de saisir facilement, rapidement et efficacement. Il s'agit d'un accès privilégié à une opération de synthèse que l'artiste a effectuée pour nous, afin de nous fournir l'essentiel de l'information pour reconnaître l'objet en question. À partir de ce dessin, nous serons ainsi capables d'obtenir une forme de connaissance de la plante, du moins dans son aspect visible et extérieur, et nous pourrions l'utiliser en tant qu'échantillon, à savoir comme *exemplum*, pour apprendre à repérer cette plante parmi d'autres.

Cette représentation est-elle pour autant *vraie* dans le domaine de la représentation ? Si on s'en tenait à une définition stricte selon laquelle elle ne présente pas toutes les caractéristiques de l'objet de la réalité, du moins celles que nous pouvons percevoir, on ne pourrait que la considérer comme fautive. En revanche, si l'on fait correspondre la figure de la représentation à la plante *Viburnum opulus* suivant la correspondance avec laquelle le symbole renvoie à l'objet représenté selon la définition d'abstraction élaborée par Chakravartty, alors oui il semble que l'on puisse parler de vérité approximative. Pouvons-nous, par conséquent, considérer ce dessin de Léonard de Vinci comme une image scientifique ? Dans la mesure où son procédé d'abstraction permet de constituer un objet premier qui condense les multiples caractères extérieurs et perceptibles en une seule image, vérifiable à l'observation, alors la réponse serait affirmative. Il pourrait en effet être proche d'une image scientifique qui emploie

le même processus d'abstraction pour fournir un modèle et illustrer des caractéristiques allant de la simple reconnaissance à la mise en évidence de certaines propriétés de l'objet représenté.

2.1.3 L'abstraction et l'origine de l'image scientifique

Avant d'examiner les théories sur la représentation scientifique (Hughes et Suárez), nous pouvons relier la caractérisation de l'image scientifique à l'idée plus couramment admise qui veut qu'elle soit historiquement plus déterminée par la fonction d'accompagnement d'un texte¹⁰² scientifique, qu'elle doive illustrer ou soutenir visuellement, que par des critères précis formalisés. Si l'on considère le dessin de Léonard de Vinci et qu'on le compare à une image naturaliste illustrant la même plante, il apparaît que la construction des diverses parties qui la composent a pour but de définir un prototype, à savoir un modèle qui, par sélection, résume et met en évidence les caractères fondamentaux permettant, à eux seuls, de reconnaître et de décrire le type de plante. Peu importe si la feuille est plus grande ou plus petite en fonction de sa croissance, si elle est verte ou jaune en fonction de la saison, si elle est trouée ou pas par un insecte, ces détails pourtant réels et présents dans la plante ne sont pas retenus. En revanche, les stries des feuilles, leur forme lobée et la bordure dentée, sont des éléments qui caractérisent l'aspect visuel de la plante et vont être fixés sur les dessins ou sur les illustrations des botanistes. Cette opération mentale d'analyse qui rejoint l'abstraction, se révèle aussi sous trois caractères déterminants de la représentation : la permanence, la stabilité et l'objectivité.

La *permanence*, relevant de l'attribut du temps, tend à former une composition qui concentre la vie de l'objet en une image. Dans le cas d'une plante, sauf si l'on veut représenter en particulier le stade initial ou final de sa vie, les caractéristiques typiques des phases juvénile et sénile ne seront pas retenues dans le sujet de la représentation, mais seul l'âge qui montre le plein et durable caractère de la plante sera montré. Il sera ainsi possible de dériver les deux autres stades de celui qui touche la pleine maturité de la plante, comme s'il était une sorte de condensé de sa vie. La *stabilité* se rapporte aux traits distinctifs d'un objet particulier par rapport à la classe des objets à laquelle on l'associe. Dans le cas d'une plante, la stabilité montre les traits typiques d'une espèce spécifique. Ces traits ne changent pas d'une plante à l'autre mais, au contraire, ils sont déterminants pour définir l'espèce. Le dessin de Léonard de Vinci met en évidence les traits qui permettent une reconnaissance assez précise de l'espèce de la

¹⁰² Voir à ce propos Chansigaud, Valérie, « L'illustration naturaliste sous influences ». In : Textimage, 2007- [Lyon] Olivier Leplatre et Aurélie Barre, [en ligne]. 2015. n° N° 7 Illustration et discours scientifiques une perspective historique, Numéro composé par Marie-Odile Bernez et Mark Niemeyer. [Consulté le 1 octobre 2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.revue-textimage.com>. p.1

plante en question. Enfin, *l'objectivité* a pour vocation de poser les conditions les plus neutres possibles dans l'apparence de l'objet. Le point de vue du spectateur est unique, souvent frontal, d'ordinaire composé sans construire une perspective précise, sur un fond neutre et sous une lumière diffuse dont l'ombre est plus employée pour mettre en relief les formes et le volume de l'objet que pour le situer véritablement dans un espace défini. Naturellement au long des siècles, l'image scientifique évolue et tend à fournir de plus en plus d'éléments, tels que plusieurs vues de l'objet sous divers angles et dans le cas spécifique d'une plante, les aspects caractéristiques des fleurs et des feuilles typiques de chaque saison, afin d'atteindre une meilleure connaissance et une reconnaissance plus aisée du spécimen. Néanmoins, le souci de conserver la permanence, la stabilité et l'objectivité semble prévaloir sur les détails accessoires qui n'apportent pas une utilité effective aux buts illustratifs recherchés.

Ces trois caractères de l'image ne sont pas exhaustifs mais visent à restituer certaines caractéristiques de base de la genèse et de l'évolution de l'image scientifique naturaliste¹⁰³. De plus, ils exemplifient un phénomène plus général de société qui, atténué aujourd'hui par l'intérêt vers des modes de connaissance autre que le visuel, résiste tout de même et communément dans notre perception habituelle du monde : il s'agit de faire converger l'expérience visuelle vers l'expérience de connaissance tout court, selon un positionnement de la vue en tant que *principe régulateur essentiel*¹⁰⁴ entre la perception du monde sensible et l'élaboration ou la reconstruction intellectuelle. Ce rôle privilégié de la vue se serait affirmé,

¹⁰³ Les traits de la *permanence* et de la *stabilité* semblent trouver confirmation dans les observations de Sprang à propos des ouvrages de Leonhart Fuchs (1501 - 1566), l'un de plus importants botanistes du XVI^e siècle, lorsqu'elle écrit : « À la différence de Weiditz, Fuchs et ses artistes prenaient manifestement pour modèles des plantes arrivées à maturité, ignoraient leurs imperfections accidentelles et les représentaient généralement avec autant que la technique de gravure sur bois l'autorisait, en les disposant sur la page avec intention décorative évidente. » In : SPRANG, Sabine Van et BRABANDERE, Gerda De. *L'empire flore: histoire et représentation des fleurs en Europe du XVI^e au XIX^e siècle*. Bruxelles : la Renaissance du livre, 1996, p. 17. Pourtant, cette tendance ne semble pas être présente dans toutes les illustrations du dessinateur allemand comme le fait remarquer Kusukawa lorsqu'il affirme que Fuchs pouvait montrer dans la même illustration divers stades de croissance de la plante, comme les phases de poussés de fleurs et de fruits, et même des variations du type de plante (*rosa canina* et la *rosa sylvestris*), in KUSUKAWA, S., MACLEAN, I., et al. *Transmitting Knowledge: Words, Images, and Instruments in Early Modern Europe*. Oxford, Oxford University Press, 2006. p. 78. Ainsi, bien que les trois caractères que nous avons énoncés soient souvent présents dans les illustrations naturalistes, ils ne font pas office de critères pour les identifier ou les distinguer d'autres types d'images mais indiquent plutôt la recherche d'une construction idéalisée qui vise à donner par la sélection de certains caractères (abstraction) des informations sur l'objet représenté. Kusukawa admet d'ailleurs que « While Weiditz pictures thus portray details of an individual specimen, Fuchs's pictures, without any individual imperfections, appear as timeless and divorced from any specific location, in the manner of an *Idealbild* » (*id.*, p. 80). Nous reviendrons sur Weiditz dans le paragraphe 2.1.8.

¹⁰⁴ Sur le changement de conception qui fait du « regard » une fonction privilégiée de la connaissance il y a une vaste littérature par exemple : Foucault, *les mots et les choses*, Gallimard, Paris 1966 et surtout *Naissance de la clinique*. P.U.F., Paris 1963 ; *Léonard de Vinci et l'expérience scientifique au XVI^e siècle* : [colloque international du Centre national de la recherche scientifique], Paris, 4-7 juillet 1952. S.l. : Centre national de la recherche scientifique. 1953 Paris ; et Gaston Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique*, Librairie philosophique J.Vrin 1938.

selon Ezio Raimondi¹⁰⁵, avec l'introduction de la lunette de Galilée puisque cet instrument accordait un avantage spécial à la vue : le fait de « voir avec le cerveau », un concept qui ne se limite pas à fixer, mémoriser et analyser la richesse des aspects naturels de surface des choses, mais il implique une nécessité plus profonde, souterraine et corrélée à l'acte de la vision : celle de déduire un ordre de rapports, saisir les lois et les structures à travers lesquelles elle s'exprime, de passer d'un labyrinthe des sensations visuelles à un espace clair et mesurable où il n'y ait pas de lieux spécifiques privilégiés¹⁰⁶.

Nous pouvons pourtant trouver les prodromes de cet esprit scientifique, qui se précise avec Galilée, dans les dessins de Léonard de Vinci et de la culture de la Renaissance, qui laissent apparaître l'observation de l'artiste – le « savoir voir » – axée sur une activité intellectuelle de recherche, d'expérimentation et de vérification sur le monde des formes naturelles. La prééminence de la vue par rapport aux autres sens devient ainsi l'instrument d'investigation sur la nature et l'outil privilégié pour construire et légitimer le statut scientifique de la peinture, et donc de l'image par rapport au texte. Seule la peinture est une invention qui, nous dit Léonard, est en mesure de considérer les qualités des formes naturelles et fournir les moyens pour que ces qualités soient en mesure d'apparaître et de figurer¹⁰⁷. Dans son combat pour l'affirmation de la peinture comme un art majeur et non plus relégué à un art d'artisan, le peintre italien la compare à la poésie et en proclame la supériorité puisqu'elle est en mesure de représenter les œuvres de la nature avec plus de richesse, de vérité et de complétude¹⁰⁸.

Dans ce mouvement de légitimation du contenu de l'image visuelle, qui se consolide dans le Cinquecento, s'insère, grâce aussi à l'imprimerie, la naissance du livre scientifique dans lequel l'illustration n'est plus reléguée à un rôle décoratif mais la planche devient un outil considérable qui s'insère dans l'ossature même du raisonnement¹⁰⁹. Sa fonction s'établit en

¹⁰⁵ RAIMONDI, Ezio. "La Nuova Scienza e La Visione Degli Oggetti." *Lettere Italiane*, vol. 21, no. 3, 1969, pp. 265–305. JSTOR, www.jstor.org/stable/26250180.

¹⁰⁶ « Vedere con il "cervello" non significa soltanto fissare le cose nella loro epidermide, nella loro ricchezza fisica, ma sottintende anche l'esigenza, correlativa all'atto stesso del vedere, di dedurre un ordine di rapporti, di cogliere una legge secondo cui esse si strutturano, di passare insomma da un labirinto mutevole a uno spazio chiaro e misurabile, dove non esistono luoghi privilegiati. » *Id.*, p. 281

¹⁰⁷ En confrontant la peinture à la philosophie Léonard écrit : « La peinture s'étend aux surfaces, couleurs et figures de tout ce qui est créé par la nature, et la philosophie pénètre à l'intérieur de ces corps, considérant en eux leurs vertus propres ; mais elle n'a pas la récompense de cette vérité qu'atteint le peintre, qui saisit leur vérité première, car l'œil se trompe moins. » LEONARDO DE VINCI, *Traité de la peinture*. CHASTEL, André (Trad.), Paris : Berger-Levrault, 1987, p. 88.

¹⁰⁸ En comparant cette fois-ci la peinture à la poésie, il affirme : « Mais la diversité à laquelle s'étend la peinture est incomparablement plus grande que celle qu'embrassent les paroles, car le peintre fera une infinité de choses que le langage ne saurait jamais désigner faute de mots appropriés. Ne vois-tu pas, quand le peintre veut inventer des animaux ou des diables dans l'enfer, de quelle abondance de fictions il dispose ? (*Id.* p. 92). Et dans le paragraphe suivant : « Le poète, qui décrit la beauté ou la laideur d'un corps, le fait paraître membre, à des moments successifs ; le peintre le rend visible en une seule fois. Le poète ne peut donner par des mots la vraie forme des parties qui composent le tout, comme le peintre qui te le présente avec la même vérité que la nature. » *Id.* p. 93.

¹⁰⁹ RAIMONDI, *op.cit.*, p. 281-282

tant qu'image claire, rapidement compréhensible, détaillée et pouvant apporter une vérification, une preuve ou un support à l'intelligence du texte. L'œil de l'observateur est conduit à instituer une confrontation constante, un passage triangulaire entre les mots qui décrivent l'objet, la reproduction de son image et l'objet réel auquel ils renvoient. L'action d'identifier l'objet du contexte devient ainsi une nécessité pour le lecteur mais aussi pour l'illustrateur qui doit recevoir la confiance de celui qui peut ne pas connaître l'objet de ses illustrations. L'abstraction en tant qu'opération mentale d'observation se mue en traits singuliers et distinctifs qui représentent les qualités essentielles de l'objet. Dans la direction de ce nouvel esprit qui examine attentivement les phénomènes et les créatures de la nature, y compris l'homme, et qui émerge des dessins de Léonard, on peut établir un lien de continuité avec les illustrations scientifiques à partir de la Renaissance jusqu'aux siècles successifs et y voir une empreinte encore présente aujourd'hui¹¹⁰.

De plus, à partir de la Renaissance, les « savants, artistes et lettrés s'intéressent au monde tel qu'il est » nous indique Chansigaud¹¹¹, que nous interprétons dans le sens d'un savoir et un mode de représentation qui objective la perception permettant ainsi une communication plus facile, mais surtout autorisant un *savoir partagé* faisant office de base commune pour construire des réflexions et des inférences sur l'objet examiné et mis en image. Le fait d'établir des modèles (qui déboucheront sur l'affirmation du modèle scientifique) en tant que modes de représentation et d'appréhension de l'univers sensoriel vers celui des idées, favorise l'identification de l'objet dépourvu du superflu, sa mémorisation et une communication plus large et accessible, ce qui en fait une des caractéristiques de la représentation scientifique qui, comme nous allons le voir dans le prochain paragraphe, se manifeste encore de nos jours.

En évoluant dans le temps, les caractères de l'illustration scientifique se complexifient : l'image devient plus détaillée car l'attention se porte au fur et à mesure sur les nouvelles découvertes des propriétés de l'objet. Le point de vue frontal ne fait plus la règle et l'objet est projeté sur la même illustration sous différents angles pour donner une connaissance plus complète de son aspect extérieur. On introduit aussi les échelles sur l'image pour permettre de mesurer la couleur, la luminosité et la taille de l'objet¹¹².

¹¹⁰ Voir paragraphe suivant 2.1.4 et l'exemple de Vésale.

¹¹¹ CHANSIGAUD, Valérie. Histoire de l'illustration naturaliste : des gravures de la Renaissance aux films d'aujourd'hui. Paris : Delachaux et Niestlé, 2009. Les références, p. 12.

¹¹² Une première introduction de l'échelle dans l'image anatomique remonte en fait au 1564 par Bartolomeo Eustachi, comme nous le signale Mandressi, MANDRESSI, Rafael, Le regard scientifique : cultures visuelles des sciences, in PESTRE, Dominique et DAMME, Stéphane van (dir.). Histoire des sciences et des savoirs. Paris : Éditions du Seuil, 2015. Tome 1, p.241 et p.243.

Devant l'introduction de la photographie au XIX^e siècle et jusqu'à l'époque actuelle, où les outils d'investigation relèvent des systèmes de détection les plus élaborés, comme les rayons X, l'illustration scientifique résiste et reste largement employée dans sa forme constituée par le travail intellectuel couplé à l'habileté de la main du dessinateur, aussi dans sa version numérique contemporaine. Certains éléments qui ont caractérisé l'abstraction dans les siècles précédents, demeurent présents même à l'époque actuelle, comme nous allons l'examiner dans l'exemple et l'héritage visuel constitué par l'œuvre de Vésale.

2.1.4 De l'ancien dans l'actuel

Au-delà de la fonction illustrative qui relève de l'aspect formel de l'image renvoyant à la structure morphologique, peut-on établir un lien strict entre les livres de médecine qui sont une référence actuellement dans nos universités et les planches anatomiques d'André Vésale datant de cinq siècles ? Y a-t-il un principe dans l'appréhension de l'image, qui est encore valable aujourd'hui en dépit de cinq siècles de distance et malgré une organisation de la pensée que l'on suppose bien différente de celle de la Renaissance ? Avant d'examiner dans le détail ces questions, il apparaît opportun de préciser les origines et l'auteur, ou plutôt les auteurs, de telles planches.

Selon les historiens de l'art, bien qu'il soit peu probable que le médecin bruxellois soit le dessinateur à l'origine de planches qui lui sont généralement attribuées, du moins de la plupart d'entre elles¹¹³, sa contribution en vue de leur composition est sûre notamment pour l'attention au détail anatomique. En effet, on sait que c'est bien lui qui a dirigé, voulu et examiné l'exécution du travail des xylographies avant de les envoyer à Bâle chez le libraire-

¹¹³ Pour Vasari les planches de Vésale sont à attribuer à Jan Stephan von Calcar (vers 1499 - vers 1546), artiste de l'atelier de Titien (voir : VASARI, Giorgio, Les vies des meilleurs peintres, sculpteurs et architectes. CHASTEL, André (Trad.), Paris : Berger-Levrault, 1987. Vol. VII p. 82 et Vol. X p. 178) mais l'identité du ou des auteurs des planches est encore sujet de débat (voir : BIBLIOTHÈQUE ROYALE ALBERT I^{ER} BELGIQUE. André Vésale, rénovateur de l'anatomie humaine, 1515-1564: Documents conservés en Belgique et exposés à la Bibliothèque royale de Belgique, à Bruxelles, du 22 juillet au 21 septembre 1957. Bruxelles : Editions Arscia, 1957, p. 45-54). Pour la première édition de la *Fabrica* (1543) dont nous montrons la figure 2B, l'auteur le plus probable semble toutefois rester Jan Stephan von Calcar, comme l'indique Hazard, soulignant que le peintre flamand était déjà collaborateur de Vésale dans *Tabulae anatomicae VI* (1538) et qu'il avait été même son mécène avant d'entrer dans l'atelier de Titien (voir : HAZARD, Jean, Jan Stephan van Calcar, précieux collaborateur méconnu de Vésale, in : Histoire des sciences médicales, Tome XXX – N° 4, 1996, p. 471-479). À une conclusion similaire arrive aussi Dacos par une analyse plus stylistique notamment des paysages qui accompagnent souvent les figures des planches (DACOS, Nicole. *Roma quanta fuit ou l'invention du paysage de ruines*. Paris; Bruxelles : Somogy ; Musée de la Maison d'Erasmus, 2004. P. 109-110). Pour une comparaison entre les dessins anatomiques de Calcar et ceux de la *Fabrica*, voir aussi : KUSUKAWA, Sachiko. Picturing the book of nature: image, text, and argument in sixteenth-century human anatomy and medical botany. Chicago ; London : University of Chicago Press, 2011, p. 205-210.

imprimeur¹¹⁴ et c'était toujours lui le plus expert dans le domaine de la médecine pour pouvoir donner les informations nécessaires afin de mettre en image tous les détails du corps humain.

Ce qui est aussi important à souligner, c'est que les artistes qui ont travaillé à leur exécution étaient très probablement de la *bottega*, du cercle, de Titien et possédaient le même intérêt pour l'anatomie que Léonard de Vinci qui était d'ailleurs très répandu à l'époque parmi les artistes. On le déduit des dessins du corps humain de Michel-Ange mais aussi d'Andrea Mantegna, Francesco di Giorgio Martini et Luca Signorelli, et du fait qu'il était courant pour les artistes de l'époque de chercher les dépouilles pour les étudier¹¹⁵. Cela est confirmé aussi par l'intérêt que les universités comme celles de Venise, Padoue et Bologne, où Vésale enseigna, apportaient à la dissection des corps où elle était couramment pratiquée¹¹⁶.

Cet homme de science, attentif à toutes les caractéristiques de la composition de ce qu'on peut nommer « ses planches », illustre l'importance du détail dans une lettre adressée à son imprimeur¹¹⁷ où il fait noter l'importance de la fine technique permettant même aux zones placées sous l'ombre de ne pas échapper à l'observateur. De plus, dans la même lettre, il allie le caractère esthétique des planches au but d'une connaissance médicale en écrivant qu'il faudrait prendre également soin de faire apparaître ce qui est *le mieux réussi* et l'aspect le plus agréable, à savoir l'épaisseur des lignes qui produisent la gradation dans les ombres (le clair-obscur) afin que, une fois imprimé, ces aspects soient rendus avec le même goût et la même élégance que ceux des planches d'origine.

On peut en déduire que Vésale était simplement sensible au caractère plaisant de ses gravures. Pourtant cette insistance à faire apparaître le côté « le mieux réussi » pourrait révéler non seulement une arme de séduction pour plaire au lecteur, mais aussi l'élément visuel fondamental au bon déroulement de l'opération d'apprentissage¹¹⁸. La technique picturale du

¹¹⁴ Johann Herbst, dit Oporinus (1507- 1568), de Bâle. CHEVALLIER, Jacques, La destinée des bois de la fabrique de 1543, in Histoire des sciences médicales, t. XLVIII (4), 2014, p. 485- 493. Version numérique disponible à l'adresse : <https://www.biusante.parisdescartes.fr/ressources/pdf/histmed-vesale-actes2014-09chevallier.pdf>. [Consultée le 4 mars 2020]. p.179-180.

¹¹⁵ Sur la pratique courante de la dissection par les artistes italiens à partir du XV^e siècle voir : MANDRESSI, Rafael. Le regard de l'anatomiste: dissections et invention du corps en Occident. Paris : Editions du Seuil, 2003. En particulier pour les artistes cités p. 98-106.

¹¹⁶ Sur l'approbation tacite de l'autorité religieuse vis-à-vis de la dissection voir : MANDRESSI, *id.* p. 43-44 ; et sur sa pratique publique et privée voir : p. 50-51.

¹¹⁷ Lettre envoyée par Vésale à son éditeur Joannes Oporinus le 24 août 1542 et reproduite dans la Fabrique (1543). Cette lettre est disponible en latin aussi bien que dans sa traduction en français dans le site très complet de l'Université de Paris (Paris Descartes et Paris Diderot) à l'adresse : https://www3.biusante.parisdescartes.fr/vesale/index.las?e=2&p1=00001&a1=l&p2=00001&a2=f&v1=00302_1543x00&v2=00302_1543x00&c1=4&c2=4 [consulté le 4 mars 2020].

¹¹⁸ Kemp indique : « Dans les mains de Vesalius et de nombre de ses successeurs, l'illustration anatomique se prêtait à ce que j'appelle la "rhétorique de la réalité", c'est-à-dire l'utilisation de signaux visuels reconnaissables d'un naturalisme sans compromis pour convaincre le spectateur que les formes sont représentées à partir de la vie. Ces signaux visuels étaient souvent accompagnés de textes ou de légendes qui mettaient l'accent sur les situations et les procédures concrètes par lesquelles les représentations étaient générées, et de références visuelles à l'acte de dissection lui-même, par le biais de dispositifs tels que la présentation d'outils. » Nous traduisons : « In the hands

clair-obscur à laquelle Vésale se réfère est dans sa forme moderne une invention de la Renaissance. Elle construit le rendu des volumes et montre la pleine autonomie de la figure dans l'espace non seulement physique mais surtout mental qui se construit dans l'esprit de celui qui la regarde. Nous sommes devant une figure qui fait entrer l'observateur dans un espace inventé, il peut anticiper désormais la manipulation de l'objet et même modeler ou programmer les interventions à faire¹¹⁹. Cette figure *augmentée* par son caractère esthétique établit ainsi une porte d'entrée privilégiée à la découverte et à la *pré-action* qu'on peut effectuer sur l'objet représenté. En ce sens, le caractère esthétique n'apporte pas un élément décoratif superficiel mais projette l'observateur dans un monde, qu'aujourd'hui on nommerait réalité virtuelle, qu'il pourra explorer et approfondir à sa guise. Connaissance et séduction sont ainsi indissociables et opèrent dans l'esprit de l'observateur pour viser une découverte plus ample et approfondie, une possible manipulation virtuelle accessible au lecteur, toujours soutenue par le rôle de guide du texte écrit¹²⁰.

À partir de ce contexte il sera plus aisé de passer à l'analyse formelle d'une de ses illustrations¹²¹ (figure 2B).

of Vesalius and many of his successors, anatomical illustration lent itself to what I am calling the « rhetoric of reality » ; that is, the use of recognizable visual signals of uncompromising naturalism to convince the viewer that the forms are portrayed from life. These visual signals were frequently accompanied by texts or captions that emphasized the concrete situations and procedures by which the representations were generated, and by visual references to the act of dissection itself, through such devices as the display of tools. » Passage paraissant in KEMP, Martin, *Temples of the Body and Temples of the Cosmos: Vision and Visualization in the Vesalian and Copernican Revolutions*, in : BAIGRE, B.S., *Picturing Knowledge. Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science*, University of Toronto Press, Toronto, Buffalo et Londres 1996. Paragraphe 2 *The two sciences – some generalisations*.

¹¹⁹ Kemp souligne que : « Liée au processus physique de dissection, l'illustration anatomique se prête à une exposition séquentielle, étape par étape, dans laquelle la présentation visuelle agit comme un substitut de l'expérience du témoin oculaire ou comme une synthèse visuelle de nombreuses expériences du témoin oculaire. » Nous traduisons : « Linked to the physical process of dissection, anatomical illustration lends itself to sequential, step-by-step exposition in which the visual presentation acts as a surrogate for the eye-witness experience or as a visual summation of many eye-witness experiences. », *ibid.*

¹²⁰ Pour le rapport entre images scientifiques et texte écrit, voir : MANDRESSI, *op.cit.*, p. 237-242.

¹²¹ La figure provient de l'ouvrage : MARGÓCSY, Dániel, SOMOS, Mark et JOFFE, Stephen N. (dir.). *The Fabrica of Andreas Vesalius: a worldwide descriptive census, ownership, and annotations of the 1543 and 1555 editions*. Leiden ; Boston : Brill, 2018. *Medieval and early modern philosophy and science*, volume 28, p. 90. La légende indique « Figure 46 Annotations of the woodcut of the spinal column on p. 71. II/105. Rostock: Universitätsbibliothek Rostock. Call No.: Mb-1. »

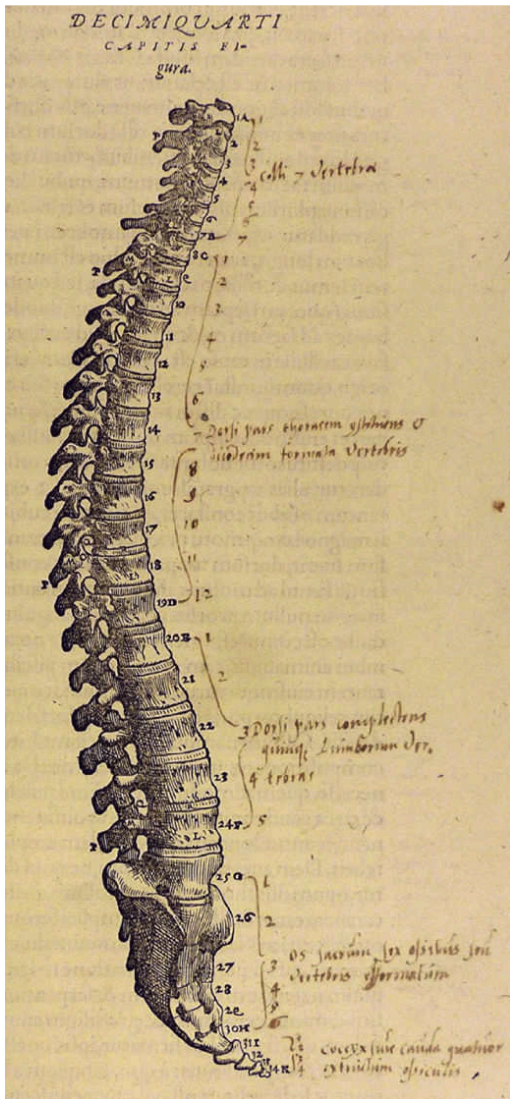


Figure 2B, colonne vertébrale par Vésale.

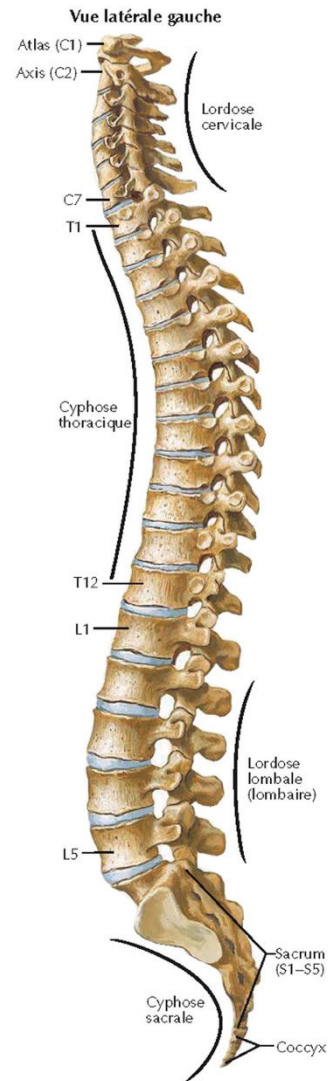


Figure 2C, colonne vertébrale manuel de médecine Netter.

Le caractère de lisibilité de cette image, correspondant à une colonne vertébrale humaine, est déterminé par plusieurs facteurs comme l'isolement de l'objet du fait d'être sur un fond achromatique vidé d'autres éléments et neutre, qui seul attire le regard du lecteur ; la clarté des détails est mise en évidence par des ombres finement ciselées et qui produisent aussi le volume global de l'objet ainsi que ses parties internes, tout aussi facilement reconnaissables ; une seule source de lumière provenant de la droite de l'objet non seulement simplifie la lecture des jeux d'ombres constituant la forme ronde de son volume à droite et le creux de ses composants sur la gauche, mais dirige aussi la priorité du regard - et donc le processus de compréhension - de la droite vers la gauche, de la lumière vers l'ombre, construisant ainsi la structure même de l'objet.

Ce même caractère de lisibilité est adopté par les images actuelles et nous pouvons comparer la planche de Vésale à l'illustration d'un des manuels les plus célèbres de médecine¹²². La planche de la colonne vertébrale exposée dans la figure 2C, bien qu'elle choisisse une vue latérale gauche au lieu d'une vue latérale droite comme le fait la planche de Vésale, adhère au même style de composition que celui du célèbre médecin bruxellois. La lumière provenant d'un seul côté éclaire et construit sa forme arrondie, laissant apparaître la profondeur et la concavité postérieure sur un fond neutre, blanc et homogène qui exalte mieux, et fait émerger, la figure et ses détails. Les couleurs accentuent les diverses parties, notamment par le bleu des disques qui séparent les corps vertébraux mais ces mêmes disques sont clairement visibles et bien mis en évidence par le dessin et le léger changement de tonalité des gris de la planche de Vésale. Somme toute les deux planches sont d'une impressionnante similarité formelle compte tenu du fait que cinq siècles les séparent¹²³.

Ce style demeure le produit d'une pensée, d'une réflexion et d'une élaboration intellectuelle qui vise, par le biais de l'observation, à sélectionner les caractères fondamentaux qui constituent l'objet - et trier les nombreux détails inutiles - pour les reconstituer dans le dessin ou dans l'illustration par des moyens expressifs adaptés à la reconnaissance d'un objet ou d'un processus qu'on veut reconstituer. Ce procédé qui révèle une attitude de l'esprit et qui repère, sépare, trie, isole les éléments de la réalité pour produire l'essentiel, en d'autres termes pour abstraire, semble donc trouver ses racines dans le monde de la Renaissance et devenir presque une norme dans le monde scientifique, notamment dans la médecine, en parvenant ainsi jusqu'à nos jours.

2.1.5 Image et photographie

L'abstraction dans la signification que nous lui avons donnée jusqu'ici n'est qu'un instrument non exhaustif ou un des critères parmi d'autres qui peut contribuer à la compréhension du phénomène très complexe qui est l'image notamment en rapport à la transmission d'informations qu'elle véhicule. Nous avons pris en considération le dessin de Léonard de Vinci pour montrer comment il résume une nouvelle attitude observationnelle de

¹²² NETTER, Frank H, RICHER, Jean-Pierre et NETTER, Frank H. Atlas d'anatomie humaine. [S. l.] : [s. n.], 2015, planche 153.

¹²³ La curiosité du lecteur peut être attirée par les notes qui apparaissent à côté de la figure de la colonne vertébrale de Vésale (figure 2B). On ne connaît pas l'identité de l'auteur qui s'est adonné à un tel exercice, même si quelques éléments de l'écriture laissent supposer que cela date de quelques siècles. Il demeure toutefois remarquable de noter que ce savant de l'époque a utilisé les mêmes signes et les mêmes annotations qu'on utiliserait aujourd'hui pour clarifier les détails d'une image ou d'un texte.

la réalité, un nouveau rôle donné à la vue et à la peinture en tant que moyens pour accéder à une connaissance approfondie et plus exacte de la nature et des phénomènes naturels. Nous avons repéré cette même attitude dans la planche de Vésale où les moyens expressifs, définis aussi par la sélection des éléments constitutifs et fondamentaux de l'objet à montrer (processus d'abstraction), sont tellement convaincants qu'aujourd'hui encore ils sont largement employés dans les livres universitaires. Ces mêmes éléments sont censés fournir une idée précise de l'objet afin que le lecteur, en l'occurrence l'étudiant, construise visuellement un modèle, un prototype, qui lui servira de référence quand il rencontrera, dans la réalité de son métier de médecin, le même organe sachant le reconnaître dans ses parties, dans sa structure générale et dans son bon état de santé.

Fondée sur l'omission et en particulier sur la capacité de faire une sélection parmi les caractéristiques pertinentes, l'abstraction permet donc de nous proposer un objet plus clair dans sa structure et ses composants, et dont la lecture s'avère ainsi plus facile. C'est en cela que réside la grande différence par rapport à la photographie. Celle-ci requiert un effort bien plus important d'interprétation en la comparant à une image illustrative, puisque la sélection opérée par l'artiste n'a pas eu lieu et l'observateur du cliché est dans l'obligation de devoir distinguer à lui tout seul la grande variété d'informations visuelles qui s'imposent de prime abord avec la même valeur qualitative à sa vue. C'est bien à lui qu'incombe la tâche de différencier les signes qui appartiennent à un objet ou à l'environnement qui l'entoure et à d'autres objets qui éventuellement se superposent. C'est toujours à lui de savoir séparer le contour de l'objet et de l'isoler, de lui donner une forme précise pour être en mesure de le distinguer et de l'identifier. C'est aussi et toujours au lecteur de l'image qu'appartient l'opération de différencier les caractères accessoires des fondamentaux, de trier le quantitatif pour du qualitatif. De plus, même si l'on considérait que la photographie est une coupe de la réalité telle que nous la percevons, elle impliquerait une série de choix comme la lumière, la distance de la prise par rapport à l'objet et sa position, les couleurs filtrées, que l'observateur doit analyser et rapporter à ses connaissances.

Toutefois, la photographie n'a pas un rôle mineur dans une visée épistémique, bien au contraire, elle est un formidable outil d'informations, de révélations et de découvertes dans tous les domaines scientifiques et dans le monde de l'art aussi. Néanmoins, dans l'opération de lecture et d'interprétation d'un même objet, une image illustrative qui provient de la main d'un artiste s'avère généralement plus accessible qu'une photographie, en particulier si l'objet représenté est peu ou pas connu de l'observateur. Il ne sera pas vain toutefois de rappeler que la photographie a une capacité d'enquête et une portée de renseignements utiles, voire indispensables, à la connaissance dans certains domaines scientifiques. Si l'on considère

l'astronomie, par exemple, les clichés en provenance de l'espace n'ont pas d'équivalent dans d'autres moyens représentationnels, car ils fournissent les meilleures informations, les plus utiles, qui seront par la suite analysées et élaborées par les scientifiques.

Ce qui est requis, voire exigé, pour leur lecture c'est une expertise spécifique, un savoir spécialisé, un socle de connaissances acquises, orientées afin de déceler les informations pertinentes du cliché. Seulement si l'on possède et l'on maîtrise ces notions, on peut appliquer un examen technique, une lecture compétente de ces photographies¹²⁴. D'autant plus que ces clichés n'ont rien d'une photographie ordinaire dans la mesure où ils sont issus des techniques et d'appareils conçus pour explorer et détecter les rayons électromagnétiques non visibles tels que les rayons X, gamma, infrarouges, ultraviolets, etc. Leur rendu visuel s'avère incompréhensible sans compétence préalable. De la même manière, on peut affirmer que la médecine demande le même niveau d'expertise pour analyser une IRM ou une radiographie, à la recherche de l'indice qui écarte de l'objet du cliché de l'ordinaire, du modèle appris, de la typique figure de l'organe en bonne santé, que le médecin, ou le radiologue, a appris à consulter et à confronter à maintes reprises dans sa carrière avec les cas concrets de ses patients.

2.1.6 Aux confins de l'abstraction

Poussant un peu plus loin la définition d'abstraction donnée jusqu'ici et l'appliquant à l'art, on pourrait souligner que le talent d'un artiste, qu'il soit illustrateur, dessinateur ou peintre, peut se manifester aussi dans la capacité de construire et appliquer une sélection d'éléments visuels à faire apparaître pour restituer en image une figure, une personnalité, un caractère ou tout simplement un aspect qu'il veut faire émerger de son œuvre, d'une manière particulièrement accomplie et réussie. Cette correspondance entre la caractérisation des figures de l'image et le but recherché par l'auteur se mesure en termes d'efficacité et fournit l'un des paramètres pour que nous puissions évaluer la qualité du travail de l'artiste, à savoir si son œuvre est convenable et convaincante.

Ce rapport entre expression et contenu sous la forme de l'abstraction, ou plutôt cette *stratégie de la composition*, possède le mérite de guider l'observateur et de lui rendre accessible la signification de l'œuvre, en lui faisant apprécier sur le plan stylistique les détails importants que l'artiste a voulu mettre en relief et lui transmettre. Il faut préciser que tout au long des siècles l'abstraction n'est pas constante, ni ne se présente de façon régulière dans chaque

¹²⁴ Voir par analogie les codes que nous examinons pour la lecture des micrographies dans le chapitre 3, paragraphe 3.6.

tableau, dessin, style ou époque. De plus, elle varie beaucoup en fonction de l'auteur et des périodes qui définissent son œuvre. Pourtant elle fait régulièrement son apparition dans la sélection des éléments qui constituent la composition, choisis par l'auteur afin de rendre évident un effet, une allégorie, un aspect de l'œuvre et du monde.

Si l'on considère par exemple la *Vocation de Saint Matthieu*¹²⁵ de Caravage (1599-1600), on peut noter à quel point le peintre est capable de montrer l'effet de la lumière et par complémentarité l'effet de l'ombre, avec des résultats, une capacité de pénétration, tellement réussis et convaincants que peu d'auteurs ont su avant lui les exécuter de la même manière. Les visages et les corps des personnages du tableau, mais aussi toutes les figures qui y apparaissent sont produites, surgissent et vivent en fonction de cette lumière qui provient du côté droit de l'observateur. C'est la lumière qui semble créer ces figures et les faire émerger du noir ou du néant. La *sélection* opérée par Caravage consiste à orienter tous les éléments visuels du tableau en fonction prioritaire de cette lumière, à laquelle on a associé une connotation divine soulignant le fait qu'elle provient du même côté que le Christ pour éclairer les autres personnages dans la pièce¹²⁶.

Naturellement, seule une lecture combinée des facteurs iconologiques, formels et historiques peut rendre compte du sens et de l'importance artistique de ce chef-d'œuvre et l'abstraction, dont nous parlons, ne fournit qu'un élément de réflexion sur les aspects visuels de l'image. On pourrait d'ailleurs nous rétorquer que Caravage est connu aussi pour son *réalisme*, à savoir sa capacité extraordinaire à rendre les plus petits détails des objets ou des personnes, comme on peut le voir aisément dans ses natures mortes ou comme c'est le cas dans maints détails qui ont rendu célèbres ses toiles. Et ce constat peut être élargi à d'autres peintres d'autres époques, où la richesse de l'ornement alimente leur renommée et met en valeur leur grande technique picturale, nous pensons à Delacroix, à Matisse mais aussi à Gustave Moreau ou à Gustav Klimt.

Toutefois, nous considérons le fait que l'abstraction s'apparente plus à une stratégie, à une attitude mentale qui se concrétise et qui tend à conformer les éléments de la composition afin d'orienter le spectateur vers un concept, une atmosphère exotique, un sentiment. Elle ordonne et hiérarchise ce qu'il faut montrer pour fournir une idée, ou mettre en évidence certains aspects de l'objet représenté, généralement par élimination et sélection des éléments

¹²⁵ Daté du 1599 il se trouve à la Chapelle Contarelli dans l'église Saint-Louis des Français, à Rome. On peut voir l'image à l'adresse Internet : [https://fr.wikipedia.org/wiki/La_Vocation_de_saint_Matthieu#/media/Fichier:Caravaggio_\(1571-1610\)_-_De_roeping_van_Matte%C3%BCs_\(1599-1600\)_-_Rome_San_Luigi_dei_Francesi_10-01-2011_12-07-56.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/La_Vocation_de_saint_Matthieu#/media/Fichier:Caravaggio_(1571-1610)_-_De_roeping_van_Matte%C3%BCs_(1599-1600)_-_Rome_San_Luigi_dei_Francesi_10-01-2011_12-07-56.png) [consulté le 6 septembre 2020].

¹²⁶ Voir MARINI, Maurizio, Caravaggio Michelangelo Merisi da Caravaggio « pictor praestantissimus », Newton Compton Editori, 1989 [1987], Roma, p. 41.

qui ne sont pas considérés comme prioritaires ou qui pourraient désorienter et confondre l'observateur. Dans cette perspective, nous sommes alors devant un processus qui se manifeste, à titre d'exemple, dans une nature morte comme la *Corbeille de fruits* de Caravage¹²⁷ (1594-1607). Dans cette œuvre on remarque rapidement à quel point le *réalisme*, dont la richesse des détails semblerait en opposition avec le concept de l'abstraction, peut en revanche être considérée comme pratique qui sélectionne une série de détails et de particularités pour atteindre un but bien précis.



Figure 2D, *Corbeille de fruits* par Caravage, 1594-1602

Tout d'abord, l'origine et le rôle de construction des figures et des objets définis par la lumière dans le tableau *Vocation de Saint Matthieu*, n'y est plus. Elle se manifeste de manière

¹²⁷ Conservée à la Pinacothèque Ambrosienne de Milan, sa datation se situe entre 1594 et 1602. Source de l'image : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Corbeille_de_fruits#/media/Fichier:Canestra_di_frutta_\(Caravaggio\).jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Corbeille_de_fruits#/media/Fichier:Canestra_di_frutta_(Caravaggio).jpg) [consulté le 2 septembre 2020]

plus généralisée en éclairant la corbeille et les fruits de face comme si elle partait d'une source derrière l'observateur. Cette corbeille montre le fin travail de tissage des brins d'osier d'une couleur jaunâtre qui passe du clair au sombre en fonction de la rondeur du panier et de la présence des fruits au-dessus d'elle. Plus étonnant encore est le rendu de la surface des fruits et des feuilles qui présentent leurs surfaces comme étant mouillées par de fines gouttelettes qui semblent les caresser. Pourtant le sentiment de joie qui pourrait naître de l'admiration d'un tableau exécuté avec une telle maîtrise et une habileté prodigieuse appliquée jusqu'au moindre détail, risquerait de s'estomper vite devant le fait que cette représentation est construite par Caravage avec l'intention de montrer un thème récurrent à l'époque : l'allégorie de la *vanitas*, à savoir la durée éphémère de la vie des hommes, de leurs passions et de leurs biens matériels comparés à l'éternité des valeurs spirituelles. Dans cette optique, les détails de la pomme véreuse, des feuilles fanées et des grains de raisin flétris acquièrent une dimension de fragilité et de caducité qui renvoient à la vie de tout être, comme un rappel du passage transitoire et précaire de toute existence sur terre. Voici donc comment la sélection opérée par l'artiste sur une abondance de détails apparemment anecdotiques et concrets, se révèle en fait apte à diriger la réflexion de l'observateur vers la méditation des choses immatérielles. Le caractère neutre du fond de la toile semble confirmer cette orientation en évitant de disperser l'attention de l'observateur en la conduisant principalement vers le sujet allégorique.

La corbeille de fruits représentée par Caravage apparaît plus proche de la réalité, parce que les détails montrent les vies des fruits dans leur évolution et dans leurs aspects moins bucoliques. Dans une approche ayant pour finalité la mémorisation, l'étude ou la découverte de l'objet exposé, elle serait toutefois moins facile à retenir que d'autres représentations comme celle de Léonard de Vinci ou de Vésale lesquelles accordent une importance plus significative à l'objet dépourvu de toutes qualités temporaires, accidentelles et accessoires. Dans ce sens, la peinture caravagesque se rapproche davantage d'une photographie qui impose à l'observateur la tâche supplémentaire de faire le tri des informations qu'il doit retenir pour reconnaître et apprendre l'objet représenté.

Le concept d'abstraction peut être appliqué à la peinture figurative de l'époque moderne où il semble plus accessible de repérer les choix d'omission, de tri ou d'orientation que l'artiste utilise. En raison d'un changement considérable d'attitude vis-à-vis du monde, cette époque nommée *moderne* pourrait situer ses débuts vers la première moitié du Quattrocento¹²⁸, où on assiste à un changement progressif de conception des artistes et des savants, qui consiste à situer l'homme au centre du monde remplaçant ainsi la centralité de Dieu, jamais réellement

¹²⁸ Il s'agit du XV^e siècle.

remise en discussion durant la période médiévale. Cette nouvelle condition se manifeste dans plusieurs témoignages : l'homme devient maître de son destin et nous le voyons dans les portraits des condottières, comme la statue de Bartolomeo Colleoni de Verrochio à Venise¹²⁹ ; il assume les plus hauts faits et de grandes conquêtes, et nous les mesurons tant dans les essais de Machiavel¹³⁰ que dans les périodes d'explorations maritimes qui permettent la découverte d'autres mondes ; l'individu n'est plus confronté à un Dieu distant qui le juge et à qui il doit se soumettre, mais il devient lui-même la représentation de la création divine, son emblème et ainsi mesure de toutes choses. Ce rapport avec le divin passe aussi par les proportions géométriques, par la perspective qui constitue une nouvelle manière d'ordonner l'espace, par l'harmonie avec la nature, par la construction d'une nouvelle sensibilité artistique qui fusionne l'expérience pré-scientifique (l'observation reconduite à la règle) et le goût esthétique (le sens du beau), dont son image la plus emblématique peut être donnée par l'homme de Vitruve de Léonard de Vinci.

À partir de ces conditions, la nature dans tous ses aspects semble pouvoir s'ouvrir à la curiosité de l'homme, à l'étude de ses lois et de ses propriétés, à sa beauté et sa compréhension ultime dissociée d'une vision antérieure qui la faisait dériver uniquement de Dieu. Dans ce nouvel esprit, on peut situer et comprendre davantage des figures comme Léonard de Vinci et Vésale, et les conduire jusqu'à l'affirmation de l'esprit scientifique de Galilée qui, malgré l'opposition et la condamnation de l'Église de Rome, continuera en Europe pendant et après la Contre-Réforme, et jusqu'à nos jours. En effet, cette attitude nouvelle se manifeste aussi par un nouvel *esprit critique* : non seulement de la part de Galilée qui, sur la base de ses observations, remet en discussion les certitudes établies sur le système cosmologique géocentrique¹³¹, mais aussi de la part de nombreux savants qui s'adonnent à la vérification des sources classiques du savoir : c'est le cas pour Vésale et Ermolao Barbaro¹³² qui remettent en question le savoir médical de Pline en relevant ses nombreuses erreurs. Dans ce même esprit, on peut comprendre la célèbre analyse philologique de Laurent Valla qui établit comment la Donation de Constantin était un faux, puisqu'elle était rédigée dans une langue appartenant au latin médiéval, et non classique, comme l'aurait exigé un texte à l'époque de l'empereur romain.

¹²⁹ Statue du Colleone de Verrochio (1435-1488), Campo SS. Giovanni e Paolo à Venise, 1483-1488.

¹³⁰ Bien que la vie de Nicolas Machiavel se déroule entre le Quattrocento et le Cinquecento (1469-1527), et la parution de son ouvrage le plus célèbre date de 1513, sa pensée est tout à fait représentative du mouvement des idées qui commence au XIV^e siècle et arrive à maturité au XV^e siècle.

¹³¹ Koyré propose une interprétation de la démarche galiléenne qui consiste à expliquer le « réel à partir de l'impossible », à savoir à partir non d'un point de vue observationnel pour en déduire des lois, mais suivant une démarche platonicienne qui reconstruit le « réel empirique à partir d'un réel idéal ». Voir KOYRÉ, Alexandre. *Études galiléennes*. Paris, France : Hermann, 1966. p. 207.

¹³² CHANSIGAUD, Valérie. *Histoire de l'illustration naturaliste : des gravures de la Renaissance aux films d'aujourd'hui*. Paris : Delachaux et Niestlé, 2009. Les références, p. 17.

Cet esprit critique, cette recherche de vérification, ce souci de vérité sur la base de preuves constituent le lien et l'origine les plus forts avec l'aspiration actuelle des sciences de fonder un savoir sûr et contrôlable et dont l'abstraction constitue un puissant instrument pour le mettre en images.

2.1.7 Abstraction et figuration

La figuration garde avec l'abstraction un rapport étroit mais non exclusif. Les deux peuvent dialoguer couramment, on peut repérer plus aisément la sélection, le tri et l'omission d'un auteur sur des figures plus facilement reconnaissables, notamment si l'on garde à l'esprit le but de la composition associé à l'intention. Celle-ci est susceptible de varier d'un propos édifiant, comme les œuvres analysées de Caravage, ou d'une connaissance médicale telle qu'elle est exposée dans les planches de Vésale, ou bien dans l'exposition d'une théorie comme c'est le cas pour les conventions considérées par Chakravartty, ou encore le dessin de la plante de Léonard de Vinci qui semble relever d'une étude personnelle probablement en vue de la préparation d'un tableau. L'abstraction trouve certainement dans la figuration une alliée de taille, car celle-ci l'accompagne au long des siècles et la rend plus facilement identifiable, lui prêtant les moyens de s'exprimer par un réservoir d'images très vaste et constante dans le temps.

Pourtant, comme tout rapport d'intérêt, cette entente est destinée à décliner. Si elle résiste encore plutôt bien jusqu'au XIX^e siècle en passant par les divers mouvements de l'histoire de l'art tels que le maniérisme, le caravagisme, la peinture d'histoire, le classicisme, le réalisme, le védutisme, le pittoresque, le néoclassicisme, le romantisme et l'académisme, elle commence à montrer des signes de faiblesse et de vieillissement après les impressionnistes, notamment en la confrontant aux peintures de Gauguin, Cézanne et Van Gogh.

Ces trois peintres de la fin du XIX^e commencent à repenser les rapports entre figuration et image du monde, dans la direction d'une constante attaque des canons formels traditionnels et des critères qui constituent la peinture depuis des siècles. On voit donc l'œuvre picturale perdre progressivement le monopole de la perspective de la Renaissance utilisée pour projeter et réaliser sur la surface du tableau l'image virtuelle de l'espace tridimensionnel ; on note l'apparition de l'aplat en tant que trait monochrome et sans nuance de couleur pour définir les figures, et qui tend à remplacer le clair-obscur ; et on remarque aussi l'introduction des figures dans la composition qui commencent à se dépouiller de leurs traits distinctifs pour constituer des sortes d'archétypes, à savoir des figures qui ne se constituent plus autour d'un individu

particulier et qui reprennent les traits spécifiques d'un visage d'une personne, mais elles symbolisent un genre ou une catégorie d'individus (la femme, le fermier, le passant, etc.)¹³³.

Dans ce même esprit de rupture, une nouvelle sensibilité artistique se développe également de l'autre côté de la Manche où William Turner, notamment dans ses dernières compositions, tel que *Lumière et couleur*¹³⁴, tend à dissoudre tout objet dans une lumière diffuse, sans véritable espace et soutenue uniquement par des couleurs, exprimant ainsi une vision de la nature qui s'ancre désormais dans une valeur émotive et suggestive plutôt que perceptive et rationnelle. Ce processus de dissolution de la figure et de l'espace perceptif est commun aussi à Caspar David Friedrich où, dans *Le Moine au bord de la mer*¹³⁵, l'imposante nature semble écraser dans sa puissance l'homme qui la regarde et la contemple¹³⁶.

Dans ces exemples, nous pouvons observer que les moyens expressifs poursuivent un processus d'éloignement par rapport aux figures traditionnelles telle qu'elles étaient représentées à partir de la Renaissance jusqu'à ces peintres, porteurs d'une nouvelle manière de représenter en peinture. Parallèlement l'abstraction poursuit elle aussi son chemin car elle ne se limite plus à omettre et sélectionner les détails pertinents mais elle se condense, se resserre et se concentre dans des structures plus évocatrices d'un état émotionnel (Turner et Friedrich) ou plus propres à construire un rapport privilégié avec l'intellect de l'artiste dans des figures qui semblent sortir directement de son imaginaire et de ses pensées (Cézanne, Van Gogh,

¹³³ En ce sens l'historien de l'art Renato Barilli parle d'*idéisme* en indiquant comment dans la peinture française, à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle et notamment avec Gauguin, se manifeste la nécessité de construire des thèmes non mimétiques de la réalité par l'élaboration des figures stylisées, réduites à l'essentiel et dépouillées d'éléments accessoires. Ainsi s'effectue le passage de l'individu à la catégorie abstraite que le sujet de la toile représente. Voir : BARILLI, Renato, *L'arte contemporanea: da Cézanne alle ultime tendenze*. Milano : Feltrinelli Editore, 2008, p. 69.

¹³⁴ Datée de 1843 cette œuvre est conservée à la National Gallery of British Art à Londres. (disponible à l'adresse Internet : <https://www.tate.org.uk/art/artworks/turner-light-and-colour-goethes-theory-the-morning-after-the-deluge-moses-writing-the-book-n00532> [consulté le 5 septembre 2020]). À titre d'exemple, on peut citer aussi les œuvres : *Pluie, Vapeur et Vitesse - Le Grand Chemin de Fer de l'Ouest* de 1844, conservée à la National Gallery à Londres ; *Lever de soleil avec monstres marins*, vers 1845, conservée à la National Gallery of British Art à Londres.

¹³⁵ Réalisé vers 1808-1810 il est exposé à la Alte Nationalgalerie à Berlin. L'image est disponible à l'adresse Internet :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Le_Moine_au_bord_de_la_mer#/media/Fichier:Caspar_David_Friedrich_-_Der_Mönch_am_Meer_-_Google_Art_Project.jpg [consulté le 6 septembre 2020].

¹³⁶ L'historien de l'art Archangeli, sur lequel nous nous appuyons, met en lumière que, avant les trois peintres Gauguin, Cézanne et Van Gogh orbitant dans l'aire française, c'est l'art pictural anglais notamment avec Turner qui remet profondément en discussion l'espace picturale de la Renaissance. En s'opposant à la conception de Francastel (voir : FRANCASTEL, Pierre, *Peinture et société, naissance et destruction d'un espace plastique : de la Renaissance au cubisme*, Lyon, Audin, 1951), qui voit le changement de paradigme par le déclin de l'espace perspectif à partir de Monet et jusqu'au Cubisme, Archangeli anticipe la condition de la « modernité », en tant que dépassement des principes de la Renaissance, dans la construction d'un espace qui tend à l'illimité, sans une échelle précise qui définit les proportions, et dans le rôle subalterne que la figure humaine occupe dans le tableau. Ainsi les peintres anglais Turner et Constable, aussi bien que l'allemand Friedrich, se révèlent être les protagonistes du renouveau de la sensibilité artistique. Voir : ARCANGELI, Francesco et GUGLIELMI-PERETTI, Martine (trad.). *Des romantiques aux impressionnistes*. Paris : G. Monfort, 1995, (première édition en italien 1977), voir notamment p. 5-52.

Gauguin). On assiste ici au début d'une séparation entre figuration et représentation, qui se consolidera avec les avant-gardes du début du XX^e siècle de manière plus incisive et durable, et contraindra l'abstraction à s'exprimer par des nouvelles formes suivant les mouvements qui ont bâti l'art contemporain¹³⁷.

2.1.8 Abstraction *versus* Réalisme ?

Dès la Renaissance, l'image scientifique trouve ses origines à partir de sa fonction illustrative et d'accompagnement d'un texte écrit, ce qui permet à Valérie Chansigaud d'affirmer que : « l'image naturaliste prend toujours place dans un discours et, à ce titre, n'a de sens qu'accompagnée par du texte¹³⁸ ». La figuration s'institue à cette époque comme le moyen recherché le plus fiable pour représenter un objet et si l'abstraction, dont nous avons parlé, s'affirme comme un procédé qui s'associe à la figuration, il ne sera pas le seul parce que le *réalisme*, conçu comme une plus stricte adhésion entre la réalité perçue par la vue et sa mise en image, s'affirme en tant que moyen expressif tout aussi fiable que l'autre. En effet, nous considérons le réalisme comme un procédé ayant l'ambition de fournir une copie à *peu près* exacte de l'objet qu'il veut montrer. Cette conception est censée employer la majeure partie des caractéristiques extérieures que l'auteur est en mesure de percevoir par la vision de l'objet, tel que les lumières, les couleurs, les détails morphologiques, les proportions des parties. Il en produit ainsi une vue comme si l'objet se manifestait par son illustration directement à l'observateur sans filtres apparents aptes à le modifier.

L'histoire de l'illustration scientifique aussi bien que celle de l'art est parsemée d'exemples qui visent un rendu réaliste de l'objet. Des exemples célèbres sont donnés par *La Grande Touffe d'herbe* (1503) de Dürer ou *Le Lièvre*¹³⁹ (1502) du même peintre, ou encore dans l'exemple de réalisme cité par Chansigaud¹⁴⁰, correspondant à la figure 2F, réalisé par le peintre et graveur Hans Weiditz (av. 1500 – vers 1536). Plus précisément, le réalisme n'est quantifiable que par l'effet de vraisemblance que l'œuvre suscite sur l'observateur. Il ne s'oppose ni n'abandonne le procédé de l'abstraction dont il se sert afin de construire un rendu très proche à ce que l'objet devrait être en réalité (visuelle).

¹³⁷ Voir plus loin la section *Idéalisation*.

¹³⁸ CHANSIGAUD, Valérie. Histoire de l'illustration naturaliste : des gravures de la Renaissance aux films d'aujourd'hui., *op.cit.*, p.7.

¹³⁹ Les deux aquarelles sont conservées au Musée Albertina à Vienne.

¹⁴⁰ Il s'agit d'une planche d'après *Herbarum vivae eicones* (1530- 1536) d'Otto Brunfels. CHANSIGAUD, *op.cit.*, p. 18. Nous reproduisons cette image à partir de l'adresse : <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/ref/collection/darwin/id/419> [consulté le 2 septembre 2020].

Il ne serait pas vain de rappeler, comme nous l'avons vu dans notre première partie, que la réalité visuelle que nous citons n'est rien d'autre qu'une construction élaborée et gérée par notre intellect qui tend à élaborer un modèle fiable de la réalité¹⁴¹. Or, dans la représentation, le réalisme constitue une image qui tend à se conformer à ce modèle. Il peut même l'améliorer en lui fournissant des éléments d'enquête ou des informations supplémentaires qui n'étaient pas présents dans le modèle-image que nous gardions à l'esprit. Des détails insoupçonnés, une prise de vue originale, ou un aspect qui donne à penser peuvent ainsi faire leur apparition dans un tableau. Dans tous les cas, le réalisme demeure une convention, picturale en l'occurrence, qui se manifeste par quelques normes que nous allons tenter d'explorer.

La richesse des détails, leur précision et l'adhésion qui se veut stricte à l'objet susceptible d'être représenté, révèlent une orientation qui vise moins l'universel (tous les objets d'un même genre) que le particulier (les caractéristiques d'un objet spécifique). Certains caractères que nous avons décrits plus haut comme la *permanence* qui condense la vie de l'objet en une image, et la *stabilité* qui met en lumière les traits distinctifs de l'objet par rapport à la classe ou à l'espèce à laquelle il appartient¹⁴², semblent atténués au profit d'un rendu qui s'oriente vers l'*instantané* et la *discontinuité*.

Le premier fournit une idée plus précise d'un instant de la vie de l'objet, presque une capture photographique d'un moment exact où l'objet manifeste dans sa clarté toutes les caractéristiques extérieures reprises par l'artiste. Dans le cas de *La Grande Touffe d'herbe* de Dürer¹⁴³ (fig. 2E¹⁴⁴) l'instant semble se matérialiser dans les mouvements désordonnés des fils d'herbe qui, par endroits, apparaissent presque agités par une légère brise¹⁴⁵.

¹⁴¹ Voir : chapitre 1, paragraphe 1.4.

¹⁴² Voir : paragraphe 2.1.3.

¹⁴³ À propos de cette aquarelle Koreny indique que : « Dans la mesure où Dürer démontre le potentiel d'un modeste morceau de nature, il stimule la prise de conscience des sensations optiques fournies par le quotidien. Ce n'est que dans leur forme artistique que les choses qui ont longtemps été accessibles et visibles pour tous sont consciemment remarquées. La nature sous sa forme la plus simple, qui était considérée comme allant de soi par tout le monde et ne semblait pas mériter d'être mentionnée davantage, comme des générations d'artistes avant lui l'avaient vue mais ne l'avaient pas saisie, est transportée ici dans le domaine du concept visuel, un témoignage tout à fait valable des pouvoirs qui y sont à l'œuvre. » Nous traduisons un passage contenu à la page 176 in : KORENY, Fritz. *Albrecht Dürer and the animal and plant studies of the Renaissance*. Boston : Little, Brown, 1988, première édition en allemand 1985. Ce même processus de transposition d'éléments visuels à partir d'un tableau vers notre conscience sera l'objet de notre réflexion dans l'œuvre de Matisse *La Leçon de piano* à la p. 94.

¹⁴⁴ Dessin à l'aquarelle et la gouache (41 × 31,5 cm) conservé à la Collection graphique du musée Albertina à Vienne. Source de l'image :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Grande_Touffe_d%27herbes#/media/Fichier:Albrecht_Dürer_-_The_Large_Piece_of_Turf,_1503_-_Google_Art_Project.jpg [consulté le 2 septembre 2020]

¹⁴⁵ Koreny souligne aussi l'importance du détail, de l'approche microscopique au paysage et de sa précision botanique capable d'exprimer la vie dynamique de la nature, au point que toutes les plantes, ou presque, de l'aquarelle ont pu être identifiées avec une telle précision que l'on a pu définir leur région d'origine (la Franconie en Allemagne) et le mois exact de floraison (le mois de mai). KORENY, *id.* p.178. Selon Arasse, dans cette même œuvre l'étude du détail suggère une approche scientifique mais elle s'insère dans la constitution d'une œuvre d'art autonome, tendance qui constitue l'une des origines de la nature morte. ARASSE, Daniel. *Le détail: pour une histoire rapprochée de la peinture*. Paris : Flammarion, 2008, p. 136-137.



Figure 2E, *Grand touffe d'herbe*, par Dürer, 1503.

Dans l'image d'Hans Weiditz au-delà du feuillage capricieux et irrégulier donné par le hasard d'un spécimen particulier, c'est surtout la forme de la racine qui requiert un intérêt spécial puisque celle-ci s'emploie à défaire le principe de l'imitation répandu au XV^e siècle selon lequel *imiter* signifiait *perfectionner*, à savoir omettre l'accidentel, ôter le contingent, enlever les imperfections (fig. 2F).



Figure 2F, Hans Weiditz, *figure de plante*, 1530-1536

Vincenzo Danti nous illustre ce propos en soulignant comment l'imitation consiste en un mode opératoire qui rend la chose - naturelle et imparfaite - comme elle devrait être dans toute sa perfection¹⁴⁶. Une opération de correction donc qui vise à améliorer l'objet de la représentation. Or, Hans Weiditz dans son souci d'information va à l'encontre de ce principe de

¹⁴⁶ Concernant les proportions d'une chose destinée à être représentée Danti affirme : « E lo imitare medesimamente intendo, al proposito nostro, che sia fare una cosa non solo in quel modo che altri vede essere la cosa che imita, quando fosse imperfetta, ma farla come ella arebbe da essere in tutta perfezzione. Imperocché questa parola 'imitazione' non intendo che sia altro che un modo di operare il quale fugga le cose imperfette e s'accosti, operando, alle perfezzioni; e che il ritrarre abbia a servire solamente d'intorno alle cose che si veggiono essere, per loro stesse, di tutta perfezzione. » Ainsi Danti pose une différence fondamentale entre deux concepts qui s'exemplifient en deux modes opératoires distincts identifiés par deux mots : *imitare* et *ritrarre*. Le premier consiste à améliorer la chose telle qu'elle apparaît naturellement, le second s'attache à la reproduire telle qu'elle est vue. Ce dernier procédé implique que la chose se présente déjà dans toute sa perfection. Voir : DANTI, Vincenzo, *Trattato delle perfette proporzioni*, Firenze, Sermartelli - 1567, Chapitre XII, édition consultée en format numérique à l'adresse : <http://memofonte.accademiadellacrusca.org/pdf/10.pdf> [Consulté le 16 novembre 2020].

la composition, fondamental durant la Renaissance, alors que l'abstraction, dans la même période, a tendance à le suivre. Le détail de la racine sur l'illustration (fig. 2F) montre comment l'élève de Dürer a su mettre en image une forme qui relève de la disposition imprévue de ses parties. Ce petit détail ne vise pas un idéal de perfection apte à corriger sa forme naturelle et imparfaite. Il ne s'inscrit pas non plus dans un principe organisateur supérieur d'agencement des formes qui tend à reconstruire tout type d'objet afin de lui faire correspondre une forme de beauté idéale de la nature¹⁴⁷. L'attention au rendu de ce détail indique comment le réalisme ne se construit pas autour d'une « reproduction » du Vrai ou du Réel, ou de la chose « telle qu'elle est »¹⁴⁸. Ce propos ne peut pas être retenu car le réalisme s'applique plutôt à dépasser et contrer les codes de l'imitation, par la voie de la perfection, qui s'imposaient dans la Renaissance et qui constituaient un modèle solide et ancré pour reproduire les objets de la nature¹⁴⁹. La mise en image de Weiditz semble plutôt obéir à un souci de diriger l'abstraction vers une autre voie, celle qui s'appuie sur des caractères aptes à fixer l'instant, à savoir un court moment de l'existence de l'objet de la représentation. Ainsi la plante de la figure 2F apparaît isoler le caractère individuel du spécimen en condensant les traits réalistes comme s'ils devaient être arrêtés dans le temps afin de fournir une meilleure reconnaissance de l'objet représenté.

La seconde caractéristique que nous avons soulignée à propos du réalisme, appelée *discontinuité*, ne consiste pas à appliquer seulement une série de traits distinctifs de la catégorie avec laquelle l'objet partage maintes caractéristiques, mais elle apporte aussi des informations originales et spécifiques, révélatrices des attributs propres à l'objet particulier représenté. Dans *Le Lièvre* de Dürer¹⁵⁰ (fig. 2G), par exemple, on reconnaît l'animal comme faisant partie de l'espèce (*un* lièvre), mais le style du maître allemand fait émerger des traits caractérisant un individu particulier (*ce* lièvre) qui semblent faire affleurer une personnalité, une expression

¹⁴⁷ En parlant des illustrations de Weiditz, Ogilvie indique que : « Par la clarté de leurs contours, la finesse de leurs détails et le refus de céder à la tendance à l'ornementation et à la symétrie qui caractérisaient les illustrations d'herboristerie antérieures, les gravures sur bois de Weiditz étaient des chefs-d'œuvre de représentation réaliste. » Nous traduisons : « In their clear outlines, fine detail, and refusal to give in to the tendency to ornament and symmetry that characterized earlier herbal illustrations, Weiditz's woodcuts were masterpieces of realistic representation. » In : OGILVIE, Brian W., *The science of describing: natural history in Renaissance Europe*. Chicago : University of Chicago Press, 2006, p. 194.

¹⁴⁸ En ce sens Chansigaud écrit que les illustrations de Hans Weiditz « manifestent un grand réalisme: la plante est montrée telle quelle, avec tous ses défauts. » CHANSIGAUD, *op.cit.*, p. 18.

¹⁴⁹ Alberti dans son traité *De la peinture* suggère à celui qui étudie la peinture : « Que dans toutes les parties il s'attache non seulement à la ressemblance des choses mais d'abord à la beauté même. Car en peinture la beauté n'est pas moins agréable que recherchée. Le peintre ancien Démétrius ne parvint pas au comble de la célébrité parce qu'il fut plus soucieux d'exprimer la ressemblance que la beauté. Aussi faut-il choisir dans les corps les plus beaux toutes les parties dignes de louange. C'est ainsi tout d'abord qu'il faut mettre toute son étude et son application à reconnaître la beauté, à la saisir et à la traduire. » Voir : ALBERTI, Leon Battista, SCHEFER, Jean Louis (trad.), *De la peinture = De pictura*: 1435. Paris : Macula, 1999, p. 203-205.

¹⁵⁰ Aquarelle et gouache sur papier (25,1 × 22,9 cm) conservé à la Collection graphique du musée Albertina à Vienne. Source de l'image : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albrecht_Dürer_-_Hare,_1502_-_Google_Art_Project.jpg?uselang=fr [consulté le 2 septembre 2020]

propre, presque un portrait singulier de l'animal¹⁵¹. Ses traits sont tellement incisifs et convaincants que la catégorie dont l'animal fait partie (*les lièvres*) rivalise et risque de succomber passant au deuxième plan vis-à-vis de la force et de la spécificité de l'individu particulier qui la représente.



Figure 2G, *Le lièvre* par Dürer, 1502.

Bien que les qualités ici exposées donnant des indications sur le réalisme dans la représentation ne sauraient être exhaustives, ou toujours présentes, elles proposent des clés de lecture pour le reconnaître et orienter son individuation¹⁵². Par ses effets d'une composition bien plus détaillée et proche du visuel, nous remarquons que dans la globalité de ses manifestations le réalisme est dirigé par une forme d'abstraction qui apparaît différente par

¹⁵¹ La description que Koreny en fait met en relief les caractères picturaux qui non seulement font émerger l'expression individuelle de l'animal mais capturent aussi sa personnalité. Voir KORENY, *op. cit.*, p. 136.

¹⁵² Ces caractères du réalisme, qui s'ajoutent à ceux exposés dans le paragraphe 2.1.3 (permanence, stabilité et objectivité), trouvent un terrain d'application dans l'image naturaliste à partir du XV^e jusqu'au XVII^e siècle, même si, comme le fait remarquer Daniel Arasse, déjà à partir de la fin du XIV^e on trouve une représentation « préscientifique » dans l'œuvre de Giovannino de' Grassi, (ARASSE, *op. cit.*, figure 145 p. 134).

rapport à celle que nous avons examinée chez Léonard de Vinci par exemple. Pourtant, les deux modes d'expression, celui de Léonard d'un côté et de Dürer ou de Weiditz de l'autre, ne s'opposaient pas autant que leurs formes voudraient le faire paraître et suivent plutôt un même principe de base. Il s'agit du principe régulateur qui oriente les choix de l'artiste dans l'organisation et la composition de la figure. Nous avons vu comment dans la représentation de Léonard de Vinci (fig. 2A) ce principe dirige l'omission et la sélection des détails à faire apparaître vers l'émergence d'une forme prototypique universelle et perfectionnée. En revanche, pour les deux artistes allemands ce même principe s'emploie plutôt à faire émerger des aspects spécifiques et localisés (la racine), constituant un rendu qui donne un effet de présence plus d'un type individuel (*ce lièvre-là*) que d'un archétype appartenant à la catégorie qu'il voudrait exemplifier.

De plus, il ne faut pas oublier que l'abstraction est subordonnée à une fonction précise qui varie selon les auteurs : allégorique comme nous l'avons vu dans le cas de Caravage, illustrative pour Hans Weiditz et Vésale, probablement de mémorisation ou de préparation d'un tableau dans le cas de Léonard de Vinci, ou encore évocatrice d'un état émotionnel dans le cas de Caspar David Friedrich. Le processus de sélection et d'omission demeurant le même, il s'applique toutefois à des finalités différentes avec le même souci de représenter l'idée qui investit l'objet de la composition. Cette idée a tendance à coïncider avec le propos d'artiste quand il y en a un et qu'il est connu ; et lorsqu'il demeure plus incertain, c'est au travail d'interprétation des historiens de l'art, de la science et plus en général aujourd'hui des observateurs du phénomène de l'image, qu'incombe la tâche de le reconstituer ou de l'attribuer.

2.1.9 Abstraction et expérience scientifique

Il pourrait sembler au lecteur que le sujet scientifique se soit trouvé un peu marginalisé par rapport à l'attention dédiée au sujet artistique le long de notre développement. Nous allons montrer que les deux demeurent toujours liés par analogie et, d'autant plus, dans les exemples que nous allons citer. Voici donc une question : y a-t-il une analogie entre l'expérience scientifique et le processus d'abstraction ? Nous avons déjà examiné et mis en lumière comment Chakravartty soutient que la représentation scientifique adopte deux modes de construction (abstraction et idéalisation) qui, combinés, rendent compte de modèles fournissant des informations détaillées sur des aspects de la nature. Et si l'on passe des représentations aux expériences scientifiques, ce même processus d'omission et de sélection des éléments pertinents garde-t-il un rôle tout aussi important ?

Si l'on suit le propos de Catherine Z. Elgin¹⁵³, on peut considérer que l'expérience scientifique ne se construit généralement pas sur des tranches, ou des parties, des phénomènes naturels tels qu'ils se produisent effectivement dans la nature et que l'on voudrait voir reproduits à l'identique dans les laboratoires. L'expérience scientifique se construit souvent sur des dispositifs artificiels¹⁵⁴ qui impliquent des échantillons triés, sélectionnés, travaillés et modifiés¹⁵⁵, afin de les rendre purs ou aptes à être testés dans des conditions extrêmes ou qui, en tout cas, ne se retrouvent pas habituellement dans la nature. Elgin souligne comment le processus de modification d'un échantillon par rapport aux conditions d'origine apparaît nécessaire, car « un cas naturel n'est pas toujours un cas exemplaire¹⁵⁶ », et un échantillon modifié et testé dans des conditions simplifiées peut apporter des informations déterminantes pour comprendre les phénomènes qui se révèlent peu ou pas dans la nature. En effet, les facteurs qui pourraient détourner l'attention des scientifiques lors de l'expérience tendent à être éliminés, les éléments qui peuvent apporter confusion ou peuvent se superposer au phénomène à élucider seront écartés et les conditions les plus simplifiées possibles seront recherchées pour faire émerger les caractéristiques qu'il serait autrement bien compliqué à détecter dans la nature.

Les paroles de Matteo Bonazzi semblent bien confirmer cette même thèse. En tant que responsable d'équipe dans une unité de recherche du CNRS, Bonazzi travaille dans un laboratoire de microbiologie et il nous a accordé un entretien¹⁵⁷. À la question de savoir s'il est d'accord avec la thèse que l'abstraction, en tant qu'omission et sélection des détails pertinents, est présente dans les représentations et dans les modèles scientifiques, il nous a répondu de manière affirmative. Plus précisément, il a fait remarquer que, dans le cas d'une opération d'observation et de production d'une photographie de microbiologie, il existe une distance, ou une différence, entre la production d'un fait scientifique et sa correspondance directe avec le monde des phénomènes naturels dans sa complexité :

Si nous revenons à la même photo célèbre de la cellule infectée¹⁵⁸, [...] cela te montre quelque chose qui se passe, c'est-à-dire ces bactéries qui fabriquent ces queues d'actine, qui est une protéine cellulaire etc. etc., et

¹⁵³ ELGIN, Catherine Z., *Exemplification, Idealization, and Understanding*, in SUÁREZ, Mauricio (éd.), 2009. *Fictions in science: philosophical essays on modeling and idealization*. New York : Routledge. *Routledge studies in the philosophy of science*, 4, p. 77-90. Nous utilisons l'article dans la version téléchargeable sur le site de l'Université de Harvard à l'adresse : <http://elgin.harvard.edu/exemplification/scirep.pdf>. [Consulté le 18 décembre 2019]. Les pages auxquelles nous faisons référence sont donc numérotées de 1 à 22.

¹⁵⁴ Elgin cite les travaux de Nancy Cartwright, notamment : CARTWRIGHT, Nancy. *Aristotelian Natures and Modern Experimental Method, The Dappled World*, Cambridge: Cambridge University Press, p. 77-104.

¹⁵⁵ Voir LATOUR, Bruno et WOOLGAR, Steve. *La vie de laboratoire: la production des faits scientifiques*. Nachdr. Paris : La Découverte, 2013. *La Découverte/Poche Sciences humaines et sociales*, 18, p. 262.

¹⁵⁶ « A natural case is not always an exemplary case », Elgin, *op.cit.*, p.10

¹⁵⁷ Entretien du 8 novembre 2019 intégralement retranscrit en italien. Voir annexe 1 Matteo Bonazzi.

¹⁵⁸ Il s'agit d'une photographie d'un échantillon de cellule issu d'une expérience de laboratoire. Cette *micrographie* reproduit la bactérie *Listeria monocytogenes* et a été réalisée par Matteo Bonazzi, pour l'Institut

c'est sûrement quelque chose qui se passe vraiment dans un organisme infecté par la bactérie, mais ce que tu vois là c'est une cellule [...] isolée sur une lame d'un échantillon de laboratoire, infectée par une dose de bactéries qu'une personne ne rencontrera probablement jamais, bref, on peut dire que, effectivement, si tu voulais aller voir ces choses comme elles se passent vraiment [dans la nature] ce serait trop compliqué¹⁵⁹.

D'où la nécessité de construire des systèmes plus simples et faciles à reproduire en laboratoire, de contrôler les diverses étapes du processus et de se référer à des modèles théoriques capables de rendre compte et d'expliquer ces processus :

Peut-être que nous n'avons pas encore assez de techniques pour aller voir à l'intérieur d'un organisme ce qui se passe, donc pour mieux expliquer un phénomène on retourne à des systèmes beaucoup plus simples, alors plutôt qu'un animal, un organe, on prend une cellule et on montre [ce qui se passe] dans cette cellule parce que c'est plat, parce que c'est large, parce qu'on la voit bien, parce que sous le microscope on la regarde bien et on essaie de comprendre le phénomène avec un modèle¹⁶⁰.

Cependant, l'efficacité de ces modèles interroge aussi les scientifiques et pose des doutes quant à leur correspondance complète avec les phénomènes naturels :

Ensuite, il est clair que dans la vie réelle, c'est un peu la limite du type de recherche que nous faisons, nous montrons ce qui se passe dans les cellules et souvent le commentaire que nous avons lorsque nous essayons de publier nos résultats est "ok, vous voyez cela dans des cellules isolées, dans un organisme arrive-il la même chose ?" et tu dis oui, peut-être qu'il y a de bonnes chances que cela se produise, cependant, soit tu as des possibilités soit tu as des techniques qui te permettent de l'essayer directement sur l'organisme, qui est encore un modèle, en ce sens que si tu veux aller voir ce que produit une infection par cette bactérie, tu ne prends évidemment pas un être humain mais tu prends un modèle qui peut être un modèle animal, une souris, un cobaye, ce que tu veux¹⁶¹.

Pourtant, étant donné qu'il est très difficile de reproduire un phénomène naturel tel qu'il se passe dans toutes les conditions complexes et superposées que la nature offrirait à l'observation, il s'avère nécessaire de procéder par modèle simplificateur malgré ses limites :

Donc effectivement... oui, il [le modèle] est défectueux dans le sens où, on peut dire, que ce n'est jamais la vraie chose... mais on peut dire que ce sont des conventions qui te permettent d'utiliser des *raccourcis*¹⁶²

Pasteur de Paris. Elle a été aussi primée par un concours international de photographie scientifique. Voir reproduction in Annexe 1 Matteo Bonazzi.

¹⁵⁹ Nous traduisons les lignes 291-299. *ibid.*

¹⁶⁰ Nous traduisons les lignes 300-305. *ibid.*

¹⁶¹ Nous traduisons les lignes 308-313. *ibid.*

¹⁶² En français dans l'interview. Nous suggérons le mot *simplifications* qui est accepté par l'interlocuteur.

[simplifications] oui et des modèles, des simplifications, exact. C'est un peu comme lorsque nous avons étudié la physique à l'école, même là c'est tout un modèle, pratiquement la règle mathématique : le plan incliné, une boule qui roule n'est pas et n'aura jamais un plan incliné parfait, lisse, poli¹⁶³, mais on dit ok, disons qu'en règle générale il en est ainsi, donc oui, je suis plutôt d'accord [avec l'abstraction]¹⁶⁴.

Donc l'abstraction n'est pas seulement un procédé qui apparaît dans la construction de la représentation mais aussi dans celle de l'expérience scientifique. Cette dernière partage avec la première un procédé qui vise à simplifier et sélectionner caractéristiques ou aspects qui sont pertinents dans la mesure où ils appartiennent à la manière dont les phénomènes se produisent dans la nature¹⁶⁵. Pourtant, puisqu'ils sont considérés trop complexes, ou impossibles à examiner, ou induisant à confusion, ou encore provoquant l'erreur dans l'interprétation qui se veut correcte d'un phénomène, les scientifiques les écartent de l'expérience de laboratoire. La nécessité de réduire les variables, d'isoler un aspect d'un phénomène que l'on veut étudier, de simplifier et contrôler chaque étape du processus de production de l'expérience de laboratoire s'avère ainsi essentielle.

Cependant, la science n'est-elle pas censée nous fournir une image exacte de ce qui se passe dans la nature ? Considérant l'abstraction, nous avons examiné que l'idée que la science nous fournirait une sorte d'image miroir de la nature ne peut pas correspondre à la réalité des faits scientifiques dans leur mode de production et de représentation. En ce sens, nous allons apporter un autre élément de réflexion qui concerne le concept et la pratique se référant à l'idéalisation, qui va nous occuper dans la section suivante.

¹⁶³ Par hasard Bonazzi cite un exemple qui est mentionné aussi par Chakravartty dans le cadre de l'abstraction : « A model of a frictionless plane, for instance, is an abstraction because it leaves out frictional forces associated with the plane. » p. 39.

CHAKRAVARTTY, Anjan, 2010. Truth and Representation in Science: Two Inspirations from Art. In : FRIGG, Roman et HUNTER, Matthew (éd.), Beyond Mimesis and Convention [en ligne]. Dordrecht : Springer Netherlands. P. 33-50. [Consulté le 18 décembre 2019]. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-90-481-3851-7_3.

¹⁶⁴ Nous traduisons les lignes 315-321. *ibid.*

¹⁶⁵ Chakravartty met l'accent sur une conséquence importante qui est le fait que les omissions génèrent également des prévisions concernant ces systèmes qui s'écartent de la réalité : « but that even more importantly, in doing so, they also generate predictions regarding these systems that deviate from reality. By omitting factors that play a causal role in determining the values of certain parameters, for example, abstractions often fail to be accurate in their estimations of them. The greater the discrepancy between the output of an abstract representation and the behavior of its target system, the less approximately true it may seem. », CHAKRAVARTTY, *op.cit.*, p. 38.

2.2 Idéalisations

2.2.1 L'idéalisation

L'idée de Chakravartty selon laquelle les représentations scientifiques suivent les deux conventions de l'abstraction et de l'idéalisation, nous a conduit à explorer la première dans les divers aspects à travers lesquels elle se manifeste trouvant ainsi des analogies avec la représentation artistique.

Dans cette nouvelle section nous abordons la convention de l'idéalisation qui nous conduira par d'autres aspects à la relier encore une fois à la représentation artistique. Commençons par rappeler que, selon l'idée donnée par Chakravartty, la représentation scientifique s'exprime selon la convention de l'idéalisation quand elle applique un processus de déformation, ou de distorsion ou même de simplification, à l'objet que l'on veut représenter (cible). Dans ce processus d'idéalisation, on n'exclut pas les facteurs potentiellement pertinents, comme on le fait dans l'abstraction, mais on construit un modèle où au moins un des paramètres du système (sinon plusieurs) est incorporé dans le système de représentation d'une manière « qu'il ne pourrait pas exister dans la réalité¹⁶⁶ ». Le cas déjà cité de la masse infinie du soleil immobile dans le système newtonien pour décrire le Système solaire en est l'exemple.

On pourrait objecter à Chakravartty que l'abstraction « modifie » déjà la représentation de la réalité en omettant certaines de ses caractéristiques jugées pertinentes. Mais l'auteur américain semble apporter une réponse indirecte à l'objection en indiquant que l'abstraction, à la différence de l'idéalisation, décrit correctement certaines caractéristiques des choses dans le monde, même si elles ne décrivent pas *toutes* les propriétés et relations potentiellement pertinentes pour les phénomènes en question¹⁶⁷. De plus, bien qu'omettre une caractéristique demeure une erreur dans la mesure où le système cible n'est pas représenté dans sa complétude, sa représentation apporte tout de même une série de caractéristiques qui correspondent à l'objet dans le monde selon les lois et les propriétés dont nous avons connaissance. Par conséquent la

¹⁶⁶ Nous traduisons et résumons de l'anglais : « In such a process, one is not excluding parameters, as in abstraction, but incorporating them, again either intentionally or unwittingly, in such a manner as to represent them in ways they are not—indeed, as I shall use the term, in ways they could not possibly be. » CHAKRAVARTTY, Anjan. Truth and Representation in Science: Two Inspirations from Art. In : FRIGG, Roman et HUNTER, Matthew (dir.), *Beyond Mimesis and Convention*. Vol. 262 [en ligne]. Dordrecht : Springer Netherlands, 2010, p. 33-50. [Consulté le 18 décembre 2019]. DOI 10.1007/978-90-481-3851-7_3, p. 38-39.

¹⁶⁷ Nous résumons : « Pure abstractions correctly describe certain features of things in the world, even if they do not describe all of the properties and relations potentially relevant to the phenomena at issue. » *Ibid.*

modification dans la représentation ne semble pas appartenir à la convention de l'abstraction mais plutôt à celle de l'idéalisation.

Celle-ci, à la différence des abstractions, constitue une convention qui ne caractérise pas avec précision une série des propriétés du système cible, mais elle le modifie appliquant des distorsions qui seraient théoriquement et pratiquement impossibles à admettre dans le monde. Dans la mécanique classique, nous dit Chakravarty¹⁶⁸, certaines représentations traitent généralement les masses des corps comme si elles étaient concentrées en des points sans extension. Cette caractéristique n'est pas possible dans un monde comme le nôtre du moins tel que nous le connaissons et conformément aux lois et aux théories admises par les disciplines scientifiques. Ce genre de représentations implique une description qui se rapproche plus de la fiction, poursuit l'auteur, que de la réalité. Comment donc évaluer le degré de fiabilité et l'utilité des informations délivrées par les « représentations idéalisées [qui] fournissent ainsi des descriptions strictement fausses de leurs homologues dans le monde¹⁶⁹ » ?

Les abstractions ont la capacité de pouvoir être soumises à une vérité approximative en considérant que plus le nombre de facteurs intégrés dans la représentation est grand, plus la vérité approximative est grande. Et donc plus le nombre d'omissions est consistant, réalisant ainsi une abstraction plus marquée dans la représentation, plus la vérité approximative se présentera dans des degrés moins élevés. Ainsi, conclut l'auteur, l'abstraction demeure plus facile à évaluer et ses « conditions d'approximation de la vérité peuvent être comprises simplement en fonction de la quantité d'information fournie par une représentation, ou de sa complétude, par rapport à un type particulier de système cible ou à une catégorie de systèmes¹⁷⁰ ».

En revanche, l'idéalisation semble apporter un degré de complexité majeur dans l'évaluation de sa vérité approximative. En effet, si l'abstraction peut garder encore une liaison avec le réalisme, puisqu'elle montre une série de propriétés qui correspondent à la description de l'objet dans le monde, l'idéalisation est plus encline à la négliger en fonction d'une série de paramètres qui ne sont pas, à la base, possibles dans la réalité. C'est ainsi que l'idéalisation en tant que convention dans la représentation trouve une forte analogie avec les arts visuels.

¹⁶⁸ CHAKRAVARTTY, *op.cit.*, p. 40.

¹⁶⁹ Nous traduisons : « Idealized representations thus furnish strictly false descriptions of their counterparts in the world ». *ibid.*

¹⁷⁰ Nous traduisons : « In these cases, conditions of approximation can be understood simply in terms of how much information a representation yields, or its comprehensiveness, relative to a specific kind of target system, or class of systems. » *id.*, p. 39.

2.2.2 L'idéalisation dans l'art et dans la science

Quand on parle d'idéalisation dans l'art et qu'on la compare à celle de la science ci-dessus exposée, il ne sera pas vain de préciser que la notion de réalité, aussi difficile et variée qu'elle puisse être, demande toutefois une explication. En effet, le domaine scientifique cible la réalité en tant qu'objet de ses recherches dans l'aspect physique des choses. Plus précisément, il étudie la manifestation concrète, observable et mesurable d'un phénomène et les propriétés d'un objet, tout en s'efforçant d'en trouver les causes et d'établir des lois, qui aspirent à l'universalité dans le temps et dans l'espace. Cette conception communément admise dans le domaine des sciences semble pouvoir se dessiner comme une réalité qui existe indépendamment du sujet, une réalité connaissable par les instruments et les théories établies et dont la compréhension est en cours de perfectionnement dans chaque discipline.

Cependant, le rôle du sujet est encore aujourd'hui objet de débat en philosophie des sciences et notamment après les doutes et le scepticisme d'Albert Einstein vis-à-vis du principe d'indétermination d'Heisenberg (1927), et vis-à-vis des idées de Niels Bohr à propos de la complétude et les (supposées) variables cachées de la mécanique quantique¹⁷¹ (article EPR). La tendance vers un réalisme des objets semble toutefois prévaloir et irriguer les diverses disciplines scientifiques, notamment dans la pratique régulière de la recherche expérimentale. Chaque branche de la science établit ainsi une explication de l'objet de la réalité qu'elle étudie en fonction de certains référentiels propres à elle : les mathématiques fondent leur démonstration sur les règles de leurs théories, la physique a besoin des lois qui sont mathématisées et compare régulièrement les observations au cadre formel, la biologie s'appuie davantage sur les observations, etc. Ces référentiels permettent de mesurer l'écart entre la représentation idéalisée et la réalité supposée stable, régulière et soumise à des normes universelles pouvant l'expliquer.

Nous avons vu que dans le cas de la convention de l'abstraction, l'analogie entre représentation scientifique et artistique s'est établie à partir de la Renaissance grâce à des figures comme Léonard de Vinci et Vésale notamment dans l'illustration scientifique. Si l'abstraction est une opération qui sélectionne un certain nombre de facteurs jugés pertinents pour montrer des phénomènes particuliers ou les propriétés d'un objet, elle garde un rapport privilégié avec l'idée communément admise de réalité et de sa représentation. En revanche, l'idéalisation semble, de prime abord, davantage appartenir à une dimension qui nous conduit à perdre nos repères habituels et institue un rapport conflictuel avec la vraisemblance.

¹⁷¹ Voir ESPAGNAT, Bernard d'. *Traité de physique et de philosophie*. Paris : Fayard, 2002. p.30, 226 et 409.

En parlant de l'abstraction dans l'art, nous nous sommes arrêté à Van Gogh, Cézanne et Gauguin d'un côté, et Friedrich et Turner de l'autre, en montrant comment ces peintres se situent sur une ligne de crête, une sorte de frontière, entre la manière moderne, se trouvant en deçà et tirant ses origines du Quattrocento et de la Renaissance, et la manière contemporaine qui se dévoile au-delà de cette ligne idéale produisant une nouvelle manière de concevoir l'image et un rapport inédit entre l'homme et la réalité.

Voyons dans la période moderne une association plus significative entre figuration et représentation, entre image perçue et image reproduite sur la toile, les artistes contemporains notamment à partir de la fin du XIX^e siècle commencent à exprimer le sentiment que le réel, en tant qu'expression picturale qui adhère au visuel, perd de l'intérêt et n'est plus adaptée pour exprimer leur monde intérieur. Si nous suivions une approche privilégiant l'évolution des formes, en tant que traits caractéristiques qui permettent d'évoquer des figures, au-delà de la signification particulière et plus profonde que nous pourrions leur attribuer suivant ou pas l'intention de l'artiste, nous serions conduits à constater l'importance et l'impact que les trois peintres Van Gogh, Cézanne et Gauguin, gravitant autour de l'aire culturelle française, ont eu sur les générations artistiques suivantes. Récoltant la technique, parfois les motifs, d'autres fois les styles que les trois précurseurs ont élaborés, les artistes successifs qui se revendiquaient de leur héritage ont poursuivi dans la même direction en remettant en cause l'aspect visuel de la réalité et actant le point de rupture avec la conception picturale basée sur l'imitation.

C'est dans cette rupture que nous pouvons voir le socle commun d'une peinture, et de l'art en général, qui s'oriente vers la construction d'une œuvre (qui conduit à une *version* du monde dirait Goodman) qui se veut de plus en plus indépendante de l'image du réel. Elle constitue par les moyens propres à chaque artiste, par l'édification d'un univers que, en opposition au réel perçu, on peut appeler imaginaire et qui, par des moyens visuels que les images offrent au spectateur, contribue à construire l'invisible. Il ne s'agit pas de postuler qu'il existe un monde caché derrière le visible et que les peintres pourraient saisir par leur imagination. Il est plutôt question de saisir par les solutions visuelles et plastiques qu'ils nous offrent une base de raisonnement, des moyens de compréhension et des outils pour être en mesure de saisir et d'élaborer une plus vaste idée et une connaissance plus étendue de la réalité, conçue comme le monde qui nous entoure et son rapport à nous même.

Un aspect cognitif qui peut se rapporter aux disciplines scientifiques, n'excluant pas et en aucune manière toutes les frictions et les incompatibilités que cette confrontation peut produire. En effet, la méthode scientifique se veut vérifiable, quand elle apporte de nouvelles connaissances, et elle tend à objectiver les observations aussi bien que les critères qui les supervisent. La production de l'œuvre d'art n'a pas véritablement de méthode, ne serait-ce que

celle particulière choisie par l'artiste afin de s'exprimer, et n'a aucun intérêt à solliciter l'objectivation puisqu'elle est par sa nature propre le fruit d'une sensibilité individuelle.

Pourtant, l'idéalisation en science, admettant la représentation d'une réalité « inexistante » pour soumettre à l'attention de l'observateur certaines propriétés d'un objet ou même une vision spécifique du monde, trouve une analogie avec les œuvres artistiques. L'altération de composants du système cible, tels que les particules punctiformes d'un gaz, ou la distorsion que le système newtonien implique, redessinent le système cible de l'intérieur, afin de construire un modèle qui met en évidence et qui explique l'objet spécifique de la représentation.

Pour résumer à quelques courants artistiques l'idéalisation en art, nous allons mettre en évidence deux formes à travers lesquelles elle se manifeste : la *déformation* et la *reconstruction* de l'objet.

2.2.3 Idéalisation et déformation

Le mot « abstrait », au-delà de la signification que nous lui avons donnée en référence à l'article de Chakravartty, a souvent maintenu dans le milieu artistique une certaine ambiguïté par rapport aux courants artistiques qu'il était supposé indiquer et par rapport à la forme des images paraissant dans les tableaux. Cette ambiguïté a probablement persisté longtemps à cause du fait que ce mot avait été associé, par opposition, au concept de réalité optique ou visuelle à laquelle nous nous sommes accoutumés. Plus précisément, on voulait autrefois opposer l'art ressemblant au réel (visuel) à celui qui ne lui ressemblait pas, le faisant ainsi dériver d'un côté plus imaginaire ou fictif.

Il apparaît pourtant limitant de penser l'œuvre d'art, même la plus figurative, comme une simple imitation de la nature. Il est plus recevable qu'elle soit chargée d'un message plus important, quelle que soit sa nature. Le contenu peut en effet couvrir un large éventail de possibilités interprétatives pouvant aller d'une simple construction formellement appréciable, pour ainsi dire ornementale, à un sens plus profond impliquant des notions bien plus complexes comme la mort, le sacré, ou autre.

Bien qu'il ne soit pas souvent facile de distinguer le message entre ces deux extrêmes car il implique parfois et de manière très mêlée les deux aspects, le mot abstrait ne nous aide ni à démêler la nature du message ni à éclairer sur la forme dont il est l'expression. En ce sens Goethe, qui écrivait qu' « il suffit que l'artiste fasse le choix d'un sujet pour que celui-ci

n'appartienne plus à la nature¹⁷² », nous mettait ainsi en garde sur le fait qu'un sujet se distingue toujours, avec plus ou moins d'évidence, de la nature et de son imitation.

Le mot « abstrait » pourrait-il peut-être nous être plus utile en se référant à l'étymologie du verbe abstraire qui indique l'action « d'extraire¹⁷³ » ou même de « s'arracher à¹⁷⁴ » pour indiquer la force, voire la violence, avec laquelle le Fauvisme semble traiter la figure à l'intérieur de la composition. Les conventions admises pour la peinture au tout début du XX^e siècle n'étant pas celles d'aujourd'hui, ont poussé le critique d'art Vauxcelles à définir ce groupe de peintres en tant que *fauves*¹⁷⁵, en les comparant aux artistes de la Renaissance, donnant ainsi, malgré lui, le nom au mouvement. Et, en effet, deux principes ou habitudes, conformes à l'usage établi à l'époque étaient adoptés : l'*habitude de l'œil* et l'*habitude de l'esprit*. La première, en bonne partie valable encore aujourd'hui, consiste à faire correspondre la vision d'un objet avec l'objet lui-même. L'image que nous avons d'une pomme, par exemple, se construit avant tout par les données recueillies par le sens de la vue¹⁷⁶. La seconde, celle de l'esprit, se base plus sur une image idéale de l'objet, qui se compose par les nombreuses facettes que l'expérience esthétique ou l'observation directe de l'objet a pu alimenter. Or, dans le domaine de la peinture, ces deux principes à la fin du XIX^e siècle tendaient à converger vers une conception de l'image qui était encore attachée à l'imitation de l'image perçue. La figure demeurait ainsi suffisamment reconnaissable pour pouvoir se rattacher à un objet connu et dont on pouvait faire l'expérience directe par les sens.

Héritières des recherches pionnières de Gauguin, Van Gogh et Cézanne, les compositions des fauvistes contribuèrent à déstabiliser davantage la conception de la peinture traditionnelle, d'où la surprise et l'exclamation du critique Vauxcelles devant leurs œuvres en comparaison avec celles, plus rassurantes et consensuelles, dans un style Renaissance. Et comment d'ailleurs juger traditionnelle ou recevable une œuvre telle que *Berges de la Seine à Chatou*¹⁷⁷ de Maurice de Vlaminck notamment en 1906 (fig. 3A) ?

¹⁷² Cité par GISCHIA Léon, Recherche d'une tradition. In : DIEHL, Gaston (dir.), Les problèmes de la peinture. Paris : Confluences, 1945, p. 146.

¹⁷³ <https://www.cnrtl.fr/etymologie/abstraire>. Consulté le 12 Février 2020.

¹⁷⁴ DUBOIS, Jean, MITTERAND, Henri et DAUZAT, Albert. Grand dictionnaire étymologique & historique du français, Paris : Larousse, 2005. Grand dictionnaire, p.5.

¹⁷⁵ Plus précisément Vauxcelles se référait aux œuvres des peintres, c'est Matisse qui raconte l'anecdote : « L'expression a pour auteur le critique d'art Louis Vauxcelles qui, entrant dans l'une des salles du Salon d'Automne [1905] où était exposée, parmi les toiles de cette génération, une statue dans le style de la Renaissance italienne — œuvre du sculpteur Marque —, s'écria : "Tiens, Donatello parmi les fauves !" », MATISSE, Henri et FOURCADE, Dominique [Éditeur scientifique], Écrits et propos sur l'art. Paris : Hermann, 2014, p.133.

¹⁷⁶ Alors que nous avons constaté que, sur la base des études cognitives, l'image d'un objet est plutôt le fruit d'une reconstruction de notre cerveau sur la base d'un modèle prédictif. Voir chapitre 1, paragraphe 1.1.4 et 1.1.5.

¹⁷⁷ Conservé au Musée d'Art moderne à Paris. Source de l'image : <http://peintresfrancais.canalblog.com/archives/2011/02/03/20290905.html> [consulté le 2 septembre 2020].



Figure 3A, *Berges de la Seine à Chatou* par Vlaminck, 1906.

La déformation est telle que, aujourd'hui encore, ce n'est qu'au prix d'un effort que nous arrivons à reconnaître à gauche que les troncs d'au moins deux arbres, peut-être trois, sont présents et se dressent à la verticale. Mais la couleur qui était généralement destinée à les désigner sur des teintes ocre ou marron ou quelquefois grise, subit un brusque virement vers les tons criards d'un rouge vif et orangé presque violent, accentué par le bleu placé derrière et le blanc rosé qui semble constituer le fond de la toile. Les formes se distinguent par des coups de pinceau qui s'allongent dans l'herbe jaunâtre à la base des arbres mais manquent de détails, et les silhouettes ne sont pas précisées dans leurs contours ni dans leur encadrement général par rapport aux autres objets de la toile, au point que nous ne sommes pas sûrs de savoir distinguer ce qui est présent à droite du tableau. L'auteur a-t-il voulu montrer un paysage sous la force d'un élément naturel comme le vent qui brouille la vue et superpose les diverses couleurs et les divers objets qui font leur apparition sous la poussée de sa force ? Ou bien, le peintre a-t-il voulu donner libre cours à sa sensibilité personnelle en libérant l'intensité de la couleur et pliant les formes à sa guise ? Bien que la seconde hypothèse soit la plus probable, il

est difficile d'y répondre de manière définitive. Ceci dit, ce tableau donne un aperçu de ce que le fauvisme met en place : les couleurs traditionnellement associées aux objets deviennent inédites et virent sur des tons enflammés, crus ou vigoureux, elles sont souvent tracées par aplats (sans nuances) et par coups de pinceau quelques fois uniques dénotant un objet, une ombre, une nuance de lumière, d'autres fois elles s'associent et se superposent pour constituer les objets de la composition.

Bien que le sujet demeure généralement décelable, tel que le portrait d'une femme, un paysage comme nous venons de le voir, une vue d'intérieur ou autre, le fauvisme semble en mesure de porter l'attention de l'observateur sur des détails autrefois jugés anodins et sans importance, mettant ainsi en valeur ou suggérant des correspondances inattendues et originales entre éléments différents à l'intérieur de la composition. C'est le cas pour le tableau de Matisse *La Leçon de piano*¹⁷⁸ de 1916 (figure 3B), où le peintre expérimente un jeu de renvois géométriques qui définissent les lignes et les plans du tableau tout en fonctionnant comme des correspondances imprévues et surprenantes.



Figure 3B, *La Leçon de piano* par Matisse, 1916

¹⁷⁸ Conservé au Museum of Modern Art à New York. Source de l'image : <https://pt.wahooart.com/A55A04/W.nsf/O/BRUE-5ZKCR2> [consulté le 2 septembre 2020].

À une observation attentive, le garçon derrière le piano présente une forme étrange sur son visage, une sorte de figure à la forme triangulaire ou de pyramide inversée qui émerge de sa tête. Il s'agit peut-être d'un reflet, d'une ombre portée sur son visage, d'un rayon de lumière, ou rien de tout cela mais simplement une invention plastique que l'auteur a voulu fixer sur la toile. Ce petit élément en l'apparence insolite et gratuit, a toutefois le pouvoir de renvoyer à un autre objet défini par un rectangle étroit et long, placé verticalement derrière le garçon et partageant la même couleur orangée. Il ouvre ainsi la voie à l'exploration de la partie haute du tableau où la présence d'une nouvelle figure, dans une autre pièce, semble vouloir écouter la musique du jeune pianiste. De plus, ce petit détail du visage aux allures incongrues, fait écho à la forme triangulaire du métronome placé sur la surface rouge du piano et, de manière plus ample, il renvoie à la grande forme triangulaire verte qui longe la composition sur la partie gauche, figurant comme un rideau, et qui laisse transparaître le petit décor noir de la grille de la fenêtre.

Certes, ce renvoi et les correspondances à l'intérieur du tableau nourrissent la qualité esthétique et innovante de la peinture de Matisse, mais contribuent aussi à l'*éducation de la vue* du spectateur, à savoir au changement des habitudes visuelles de celui qui les regarde. La contemplation d'une peinture qui conduit à l'expérience esthétique passe aussi par un stade où l'observateur peut s'approprier la vision du peintre et la faire sienne, c'est-à-dire qu'il peut assimiler l'image de la peinture et la fixer dans sa mémoire. Il possèdera ainsi un point de vue nouveau, une image qui était inédite mais qui maintenant est à lui et fait partie de son vaste répertoire visuel.

Les éléments de cette nouvelle image pourront ainsi se manifester dans sa mémoire dans leur complétude en visualisant mentalement l'œuvre du peintre, d'où ils tirent leur origine, ou bien ils peuvent se révéler dans la vie courante par analogie des formes ou de circonstances, en faisant émerger des correspondances similaires dans une situation vécue. On pourrait ainsi trouver dans un intérieur le reflet d'une lumière sur le visage d'un proche qui nous rappelle l'œuvre matisienne, ou on pourrait voir une ombre portée qui acquiert une consistance plastique ou encore déceler dans un coin du salon un rideau qui dévoile l'arabesque d'une grille. Quelquefois on sentira qu'on est tributaire de l'œuvre de l'artiste, d'autres fois cela s'établira de manière silencieuse mais l'œuvre agira sur le fond du vaste et indéterminé répertoire de formes que nous possédons et avons acquis aussi grâce aux peintres.

Les compositions de Matisse font donc partie du Fauvisme, auquel on peut rattacher d'autres artistes tels qu'André Derain (avant que sa manière passe à une forme de réalisme et de retour à l'ordre), Maurice de Vlaminck, Georges Rouault, Raoul Dufy, Albert Marquet, Kees van Dongen, Othon Friesz, et enfin Georges Braque (avant qu'il se consacre au Cubisme), pour n'en citer que quelques-uns. Leurs recherches contribuent à pousser les frontières de la figuration vers une forme de non-figuration. L'objet perd son ancrage profond avec les formes traditionnelles qui permettaient de le reconnaître clairement et commence à subsister par évocation ou par reconstruction mentale, qui s'effectue par rapport aux autres éléments présents sur la toile (tableau de Vlaminck, figure 3A).

Cependant, leurs résultats picturaux ne détruisent pas complètement l'objet de la représentation, car celui-ci demeure à peu près identifiable bien qu'il soit assujéti à des coupures, des compressions ou des expansions de sa forme au point que quelques fois il semblerait qu'il soit soumis à un acharnement, presque comme si des coups de hache voulaient le défigurer, le tordre, le mutiler ou le rendre difforme. La reconstruction plastique qui va restructurer l'objet, partant pour ainsi dire de l'intérieur, arrivera quelques années plus tard avec l'avènement du Cubisme. Néanmoins, les expériences des fauvistes conduisent à des innovations picturales par des solutions inédites aussi dans le rendu de la dimension spatiale.

En regardant le tableau de Matisse cité ci-dessus, on s'aperçoit que la composition ne respecte plus les canons de l'image pyramidale typique de la perspective. Elle ne montre pas non plus d'autres types de perspectives qui ont été développés au long des siècles et ont été employés dans d'autres types de peintures, tels que la perspective bifocale de Paolo Uccello ou celle axée sur un système curviligne comme dans la peinture de l'Antiquité romaine¹⁷⁹. Tout simplement, il semblerait que l'auteur n'en tienne pas compte, dans la mesure où les éléments plastiques sont libres de s'exprimer au-delà des systèmes perspectifs qui visent à restituer un espace reconstruisant fidèlement le réel en rapport au visuel.

Dans les tableaux fauvistes, un aperçu de cet espace traditionnel demeure mais les objets se révèlent davantage encadrés par des plans, comme dans le cas de Matisse, qui acquièrent une valeur autonome et semblent se profiler comme des tableaux dans le tableau. C'est ainsi que dans la composition de Matisse apparaît la figure composée par une silhouette blanche en haut à droite, probablement une femme derrière une chaise haute, dont les dimensions sont excessives par rapport à la distance et à la profondeur où elle serait située, mais ces mêmes dimensions construisent un espace de représentation presque indépendant du reste de la composition.

¹⁷⁹ DALAI EMILIANI, Marisa « PERSPECTIVE », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 20 février 2020. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/perspective/>

Ce trait distinctif du style matissien se retrouve encore plus perfectionné dans les peintures *Intérieur aux aubergines*¹⁸⁰ de 1911 et *La Desserte rouge*¹⁸¹ de 1908, où même les motifs de la décoration acquièrent une indépendance plastique qui remet en discussion l'espace figuratif. Parfois, les objets présents dans la composition semblent être dans un état de suspension pouvant se livrer librement dans la dimension picturale de la composition, ou du moins ils ne sont plus liés aux lois et aux forces naturelles qui empêchent une pleine révélation de leurs possibilités esthétiques. C'est ainsi que les personnages flottent dans un espace indéfini et sans dimensions précises (*Le café Maure*¹⁸² de 1911) ou que les objets domestiques peuvent s'affranchir d'un plan de support pour se tenir debout et défier toute loi physique qui voudrait les enfermer dans un monde matériel (*Les coloquintes*¹⁸³ de 1916).

Or, la remise en question des règles de la tradition moderne, acquises et intégrées aux divers styles des peintres, et par conséquent aux divers systèmes de représentation qui passaient par eux, a subi une accélération avec les avant-gardes, dont le fauvisme que nous venons de décrire. Par un esprit de rupture avec la tradition picturale établie, l'expressionnisme a agi de manière similaire et s'est développé à la même époque en Allemagne par des mouvements comme *Die Brücke*, composé par des peintres comme Ernst Ludwig Kirchner, Otto Müller, K. Schmidt-Rottluff, ou Emil Nolde, et sous la bannière du groupe de *Blaue Reiter*¹⁸⁴ (Le Cavalier bleu), où se sont distingués les artistes August Macke, Franz Marc, Alexei von Jawlensky et Wassily Kandinsky.

En Autriche et notamment à Vienne, d'autres figures telles que Egon Schiele, Oskar Kokoschka et allant jusqu'à inclure Gustave Klimt, ont également participé par leurs œuvres au renouvellement de la peinture et surtout, ce qui nous intéresse davantage pour notre recherche, ils ont contribué à construire de nouveaux systèmes de représentation pour décrire et discerner la réalité. Dans la variété des styles des auteurs cités, nous pouvons remarquer des valeurs plastiques communes au fauvisme comme l'emploi de couleurs vives, presque ardentes et violentes, posées de manière vigoureuse et crue, souvent par contraste net des tons, par

¹⁸⁰ Conservé au Musée de Grenoble. L'image est disponible à l'adresse Internet : http://www.museedegrenoble.fr/TPL_CODE/TPL_OEUVRE/PAR_TPL_IDENTIFIANT/47/981-art-moderne.htm [consulté le 5 septembre 2020].

¹⁸¹ Conservé au musée de l'Ermitage de Saint-Petersbourg. L'image est disponible à l'adresse Internet : <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Matisse-The-Dessert-Harmony-in-Red-Henri-1908-fast.jpg> [consulté le 5 septembre].

¹⁸² Conservé au Musée de l'Ermitage de Saint-Petersbourg. L'image est disponible à l'adresse Internet : [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Henri_Matisse,_1912-13,_Le_café_Maure_\(Arab_Coffeehouse\),_oil_on_canvas,_176_x_210_cm,_Hermitage_Museum.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Henri_Matisse,_1912-13,_Le_café_Maure_(Arab_Coffeehouse),_oil_on_canvas,_176_x_210_cm,_Hermitage_Museum.jpg) [consulté le 5 septembre 2020].

¹⁸³ Conservé au Museum of Modern Art de New York. L'image est disponible à l'adresse Internet : <https://www.moma.org/collection/works/78817> [consulté le 5 septembre 2020].

¹⁸⁴ Cependant, on peut voir dans ce mouvement les premières rencontres entre la manière cubiste et l'expressionnisme surtout par l'intermédiaire de Delaunay et son exposition à Munich en 1911.

touches franches et à la limite de l'agressif, déformant ainsi les corps et les figures par des formes audacieuses et singulières, par des coupures brusques et inattendues, par des rétrécissements et des contractions ou des allongements et des amplifications des volumes et de l'espace.

Il paraît difficile de nier que cette riche collection de formes inédites pour l'époque n'ait pas influencé les artistes successifs et même la société tout entière qui s'est beaucoup plus doucement habituée aux procédés et aux solutions plastiques des expressionnistes. Ce qu'il nous intéresse de mettre en relief demeure la manière dont un tel répertoire de formes a encore aujourd'hui un impact notable sur les artistes qui sont inspirés par les notions véhiculées par la recherche scientifique et qui touchent le domaine de l'invisible.

Tel semble être le cas de l'artiste australien Daniel Crooks, né en 1973, et qui a présenté en 2010 une vidéo intitulée *Static No. 12 (seek stillness in movement)*¹⁸⁵. Dans un propos d'artiste se référant à une autre de ses œuvres, stylistiquement similaire à celle-ci¹⁸⁶, il tient à souligner que son travail permet de déclencher « un changement de perception dans notre vision du continuum espace-temps, révélant graphiquement les rythmes et les motifs sous-jacents du monde physique et définissant les rythmes de notre navigation à travers celui-ci¹⁸⁷ ».

Dans cette vidéo, dont nous proposons trois photogrammes significatifs, on peut remarquer un personnage au centre d'une scène tournée dans un espace ouvert entouré par un petit jardin. Une haie et un bâtiment rouge servent de fond à l'image (figure 3C). L'angle de prise de vue est fixe et le champ demeure inchangé, seul le personnage au centre de l'image attire l'attention entamant une lente danse ou bien un enchaînement de mouvements qui évoquent les arts martiaux.

¹⁸⁵ Nous devons cette information à l'article de Lynden Stone publié dans la revue Leonardo : STONE, Lynden. Re-Visioning Reality: Quantum Superposition in Visual Art. Leonardo [en ligne]. Juillet 2013, Vol. 46, n° 5, p. 449-454. [Consulté le 20 février 2020]. DOI 10.1162/LEON_a_00640. La vidéo d'une durée de 5 minutes et 27 secondes est consultable à l'adresse : <https://vimeo.com/77654682>, [consulté le 20 février 2020] d'où sont extraits les trois photogrammes reproduits dans les figures 3C, 3D et 3E.

¹⁸⁶ Il s'agit de l'œuvre *Timeslice*, sur ce point nous partageons l'avis de Lynden Stones selon qui les mêmes intérêts pour l'espace-temps se manifestent dans les deux œuvres. STONE, Lynden, *op.cit.* p. 453. Pour le propos de l'artiste voir : CROOKS, Daniel, Artist Statement - TIMESLICE National Gallery of Australia (2006) : <https://nga.gov.au/fullscreen/06/crooks.pdf>. [Consulté le 20 février 2020].

¹⁸⁷ Nous traduisons le propos de l'artiste : « a perceptual shift in our viewing of the space/time continuum, graphically revealing the underlying rhythms and patterns of the physical world and tracing the rhythms of our navigation through it ». *Ibid.*



Figure 3C, Daniel Crooks, *Static No. 12 (seek stillness in movement)*, 2010, vidéo, 0 min. 41 sec.

Un laps de temps s'écoule et son apparence commence à se dédoubler mais, en fait, il ne s'agit pas d'un vrai dédoublement mais plutôt d'une déformation qui le conduit à s'étirer et s'allonger le long d'un plan horizontal qui symbolise l'écoulement du temps (figure 3D).



Figure 3D, Daniel Crooks, *Static No. 12 (seek stillness in movement)*, 2010, vidéo, 2 min. 06 sec.

La figure s'étale ainsi dans un mouvement qui semble pouvoir fixer les instants intermédiaires qui le composent. Plus précisément, ce n'est pas uniquement la figure qui est entraînée dans ce mouvement qui immobilise les moments intermédiaires mais c'est aussi l'espace qui l'entoure qui se retrouve impliqué dans cette mécanique insolite. Dans la suite de la vidéo, seuls les instants intermédiaires qui composaient autrefois le mouvement, semblent pouvoir survivre et résister à l'écoulement du temps synchrones avec l'espace étiré, pour enfin disparaître (figure 3E) eux aussi comme toute forme d'objet qui était présente au début.



Figure 3E, Daniel Crooks, *Static No. 12 (seek stillness in movement)*, 2010, vidéo, 4 min. 51 sec.

La réflexion de l'artiste semble émerger clairement de son œuvre, nous conduisant à nous interroger sur la structure interne de l'espace-temps et sur la dynamique interne qui est censée la construire. En ce sens, cette œuvre semble bien illustrer sa pensée et être conforme à son propos exposé ci-dessus. Néanmoins, l'architecture formelle qui préside et gouverne l'évolution des figures dans la vidéo est dominée par un procédé formel qui trouve son origine et son premier déploiement systématique dans la composition des œuvres des fauvistes-expressionnistes, dans la mesure où l'étirement des formes, la déformation généralisée des personnages aussi bien que des objets, la modification de l'espace qui se dénature et s'altère s'assimilant à la dimension du temps, constituent l'ossature structurelle pour exprimer des idées, une sensibilité vis-à-vis de la nature, une vision du monde.

Certes, la vidéo de Crooks peut ne pas se réclamer directement d'un tel héritage car il se peut que ses sources se trouvent ailleurs et les préoccupations philosophiques du fauvisme quant à elles n'étaient pas centrées sur la dynamique de l'espace-temps. Pourtant, les figures qui, partant d'un espace visuel réel, se déforment par compression et dilatation tout en gardant à la fin de ce processus encore le pouvoir d'être reconnues, reste une avancée majeure que les mouvements fauviste et expressionniste ont construite de la façon la plus accomplie.

Il demeure difficile d'ignorer que ce procédé de déformation a été tellement bien assimilé dans notre mode d'appréhension de l'image que nul ne doute aujourd'hui que l'on

peut l'utiliser pour mettre en relief des aspects de la réalité que l'on veut souligner. L'accentuation des traits d'un visage ou d'un corps dans sa forme caricaturale en est un exemple, aussi bien que dans les bandes dessinées cette formule représente un aspect essentiel de la production de l'image, ou encore dans la communication et la publicité pour focaliser l'attention du spectateur sur certains détails du message. Par conséquent, bien qu'aujourd'hui il puisse paraître presque trivial de le relever, le mouvement fauviste-expressionniste a posé les fondements pour que ce procédé soit couramment employé et, dans le domaine plus strictement artistique, il soit une référence constante et féconde dans la construction d'une œuvre.

Pour le dépasser il faudra reconstruire l'objet de l'intérieur, selon une autre conception de la figure qui sera au centre de la réflexion du mouvement cubiste, et que nous allons traiter dans la prochaine partie.

2.2.4 Idéalisation et reconstruction de l'objet

Si le fauvisme s'est armé d'une série d'outils pour déformer la figure en accroissant ses volumes ou en comprimant sa silhouette, en coupant ses membres ou en écrasant son épaisseur, il a aussi maintenu une distinction encore perceptible entre la figure et l'espace de la composition dans lequel elle se situe.

La structure pyramidale de la perspective qui construisait un ordre hiérarchique de la vision attribuant au premier plan de la composition la scène la plus importante et aux plans secondaires les scènes accessoires, se trouve mise à mal. L'espace fauviste, notamment dans les tableaux de Matisse, peut se décomposer en une série de sous-compositions qui acquièrent une valeur plastique autonome et peuvent devenir comme des tableaux dans le tableau. De plus, tout comme les figures subissent une déformation dans leur volumétrie, l'espace peut se présenter écrasé, aplati sur le fond du tableau, ou il peut produire des plans asymétriques et transversaux pour se rapprocher des valeurs plastiques et chromatiques inattendues et originales, comme dans l'œuvre de Matisse *Coup de Soleil dans l'allée de Trivaux*¹⁸⁸ de 1917.

Bien que ce tableau soit probablement l'une des plus importantes *concessions* de Matisse aux mouvements artistiques qui lui sont contemporains, comme le Cubisme et le Futurisme, son parcours artistique aussi bien que celui des autres fauvistes maintient, comme nous l'avons vu, un aspect de déformation plus que de reconstruction intégrale de l'objet

¹⁸⁸ Conservé dans une collection privée. L'image est disponible à l'adresse Internet : <http://www.lesarbres.fr/peinture-600-446-huile----211-1133.html> [consulté le 5 septembre 2020].

plastique. Les couleurs s'émanent, deviennent vives et accentuent les plans de la composition, mais les figures demeurent présentes, identifiables dans leurs caractères expressifs et dissociées dans leurs valeurs plastiques de l'espace qui les entoure.

Donc le fauvisme semble voué à redéfinir la figure par modifications successives (coupures, compressions, dilatations, etc.) appliquées en partant d'un objet tel qu'il se présente dans son aspect naturel ou ordinaire. En revanche, le cubisme s'inscrit dans une logique inverse qui veut que l'objet soit le fruit d'une reconstruction se produisant d'abord mentalement, dans la sphère imaginative, et qui par la suite trouve une forme de correspondance avec ses aspects matériels et pour ainsi dire naturels. Il ne s'agit pas de construire un objet complètement dépourvu de liaisons avec le monde ordinaire des choses, mais il est plutôt question de le produire sous des formes qui ont la capacité de restituer des aspects, des caractéristiques et des spécificités particulières que la figure visuelle ordinaire (même déformée ou modifiée à la manière fauviste) ne serait pas en mesure de fournir.

Le procédé des cubistes semble bien se rapprocher d'une volonté de reconstruire un monde plutôt que de le modifier, de le refonder en partant des schémas qui n'ont pas d'attaches avec le monde naturel tel que nous le percevons. En ce sens, la phrase de Juan Gris nous donne une idée plus claire de cette démarche : « Je travaille avec les éléments de l'esprit, avec l'imagination, l'essaie de concrétiser ce qui est abstrait, je vais du général au particulier, ce qui veut dire que je pars d'une abstraction pour arriver à un fait réel. Mon art est un art de synthèse, un art déductif » et de manière tout aussi concrète il ajoute : « Cézanne d'une bouteille fait un cylindre, moi je pars du cylindre pour créer un individu d'un type spécial, d'un cylindre je fais une bouteille, une certaine bouteille¹⁸⁹ ».

Si la démarche de Cézanne semble donc pouvoir construire les figures en allant des phénomènes vers une synthèse des volumes spatiaux au point de pouvoir les associer à des figures de l'ordre de la géométrie, les cubistes sont plus enclins à ignorer l'apparence naturelle des objets car ils la font dériver de leurs idées, ou d'une élaboration mentale qui fait office de source, pour la restituer ensuite dans le monde concret du phénomène¹⁹⁰. La reconstruction de l'objet apparaît donc se produire à partir de l'intérieur de l'objet lui-même, ou de l'idée qui sert de base pour en construire sa structure et ses possibilités de manifestation visuelle. L'acte artistique ne provenant pas d'une observation directe du monde naturel, peut plus facilement s'affranchir d'une confrontation directe et essayer de le reproduire de manière plus complète, riche et originale. En ce sens, l'objet est susceptible d'accueillir plus aisément des innovations

¹⁸⁹ VAUVRECY, Juan Gris, *L'Esprit Nouveau*, n° 5, février 1921, p. 533-534. Revue en partie téléchargeable à l'adresse : http://arti.sba.uniroma3.it/esprit/pdf/EspritNouveau-FT_05.pdf [consulté le 2 septembre 2020].

¹⁹⁰ Voir BARILLI, *op.cit.*, p. 101-114.

plastiques inédites telles que la multiplicité des plans et des points de vue, la destruction définitive de l'espace perspectif et de son rapport traditionnel au sujet, l'introduction d'éléments matériels étrangers à la peinture (collages et papiers collés).

Or, l'examen que nous allons effectuer de ces caractères stylistiques afin de mieux saisir le mouvement cubiste, nous conduit à formuler deux raisonnements : l'un consiste à établir une relation avec le concept d'idéalisation interprété par Chakravartty et que nous avons énoncé précédemment comme étant une forme de convention susceptible de s'appliquer comme un processus de déformation, de distorsion ou de simplification à l'objet de la représentation (scientifique), et tel que dans la réalité il ne pourrait pas se produire.

Le cubisme aussi bien que le fauvisme s'inscrivent en tant que mouvements artistiques dans un même processus de modification et de recherche de l'objet au-delà de son apparence réelle, et sont par conséquent soumis à une même forme d'idéalisation. Dans ce sens, le propos de Picasso paraît plus compréhensible quand il affirme que « nous savons maintenant que l'art n'est pas la vérité. L'art est un mensonge qui permet d'approcher la vérité, au moins la vérité qui nous est discernable. L'artiste doit connaître la façon par laquelle il convaincra les autres de la vérité de ses mensonges¹⁹¹ ». Cette forme de construction de la réalité par la peinture permet ainsi de révéler des mondes ou des aspects du monde que le regard de l'artiste est en mesure, avec plus ou moins d'efficacité, de traduire sur sa toile et de transmettre au spectateur.

Les *mondes* seront susceptibles d'être assimilés à des *versions* du monde où, selon la pensée de Goodman, aucune ne peut prétendre à une vérité définitive mais chacune peut apporter une contribution à la connaissance, passant du plan de la certitude au plan de la possibilité et préparant ainsi la recherche euristique ; les *aspects* du monde fourniront des informations sur un monde concordé et objectivement établi pour apporter des connaissances particulières et spécifiques qui seront par la suite assimilées à l'intérieur d'une version plus générale et admise.

Le mot « mensonge » que Picasso utilise, se révèle ainsi proche au concept de fiction, d'aujourd'hui employé pour désigner une création imaginaire qui, d'un côté, trompe l'observateur puisqu'elle ne lui offre pas une image de la réalité telle qu'elle est établie mais, d'un autre côté, par la déformation et l'idéalisation lui fournit une série d'informations, des codes de lecture, des concepts capables la lui faire mieux interpréter¹⁹².

¹⁹¹ Propos recueilli par Marius de Zayas en espagnol et publié in « The Arts », New York, mai 1923. Nous utilisons la traduction en français paraissant in MAISON ROUGE, Isabelle de, Picasso. Paris : Cavalier bleu, 2005. Idées reçues ; Arts & culture, 96, p. 85. Le même propos est réitéré par Picasso : « L'art est un mensonge qui dit la vérité » lors de la rétrospective *Hommage à Picasso*, pour ses 85 ans, dont le commissaire était Jean Leymarie, p. 113.

¹⁹² Plus loin dans notre texte nous examinerons la *représentation-en* qui trouve dans ce concept de « mensonge » une forme de correspondance (chapitre 3, paragraphe 3.2).

Un second raisonnement témoigne plutôt d'une utilité pratique qui réside dans la possibilité de mieux cerner les répercussions et les résonances du mouvement cubiste sur des artistes tels qu'Attilio Taverna, qui produit des œuvres picturales marquées par une forte liaison avec la science¹⁹³. De plus, nous allons analyser plus loin dans notre texte l'œuvre *Guernica* de Picasso qui subit encore une certaine influence du cubisme des origines.

En effet, les historiens de l'art établissent l'année 1907 comme date canonique de naissance du mouvement avec l'apparition de *Les demoiselles d'Avignon* par Picasso¹⁹⁴, où l'intérêt pour l'assimilation des traditions artistiques autres que la tradition occidentale se manifeste dans les silhouettes stylisées des figures qui évoquent la statuaire et les masques africains, notamment pour le visage de la figure en haut à droite. Cependant, c'est surtout le début d'une modification de l'espace qui crée une rupture par rapport au passé : la figure assise, en bas à droite du tableau, présente un visage bien singulier car il serait déjà *anormal* de le figurer complètement renversé par rapport à la posture du corps de la femme qui, par rapport à l'observateur est placée de dos.

Dans ces mêmes années, les fauvistes commençaient déjà à appliquer de fortes déformations aux figures, ce qui aurait pu inclure ce tableau dans leur mouvement si les développements successifs du peintre catalan et de son complice Braque n'avaient pas conduit à perfectionner et compléter ces premières recherches. Néanmoins, plus que tout, ce visage fait émerger une réflexion de l'auteur sur une possible nouvelle représentation des volumes sur une surface plane, qui se distingue par le contraste saisissant entre la surface du visage ovale peinte en couleur abricot de manière uniforme et un corps central qui s'apparente à la forme d'un nez, défini par une petite structure plus sombre et curviligne qui descend le long du visage et affiche une série de coups de pinceau parallèles sur la droite, qui renvoient à une technique déjà vue chez Cézanne¹⁹⁵. Or cette structure se définit par un axe central qui désarticule l'agencement des traits du visage faisant subir une dislocation aux yeux, qui apparaissent asymétriques, allongeant la forme du visage et repoussant la bouche tout au fond. On a voulu voir dans cette figure le début d'une superposition de deux espaces indiquant un point de vue frontal et latéral (de profil) du visage, mais il semble plus probable que l'artiste ait commencé à développer un intérêt pour la combinaison des surfaces planes et en relief afin d'élaborer une réflexion plus pointue sur la construction d'un nouvel espace figuratif.

¹⁹³ Voir chapitre 6, paragraphe 6.4.

¹⁹⁴ Conservé au Museum of Modern Art de New York. On peut consulter l'image du tableau à l'adresse Internet du musée : <https://www.moma.org/collection/works/79766> [consulté le 5 septembre 2020].

¹⁹⁵ Dans le tableau *Pont de Maincy* de 1979-1980, on peut remarquer cette technique surtout dans le feuillage des arbres au-dessus du pont. Conservé au Musée d'Orsay à Paris.

La figuration dans le cas du cubisme ne doit pas s'inscrire dans l'optique de reproduire la figure de manière plus variée ou plus originale par rapport à la tradition picturale, selon une affectation des formes pour se réfugier dans un univers onirique et protégé. Bien au contraire, elle s'inscrit dans une volonté de produire une vision qui affronte directement la réalité, elle combat avec elle, elle se confronte et suggère des manières de l'appréhender et de la dompter.

Si l'on suit la période de plein développement du cubisme, appelée par les historiens de l'art *analytique*¹⁹⁶, l'univers qui se présente devant l'observateur est structuré selon des petites facettes qui déstructurent l'espace pour abolir la traditionnelle différence entre le premier plan et le fond de la composition. Le cube géométrique traditionnellement construit sur une base perspective qui, bien que variée, modifiée ou étirée encore par les fauvistes, permettait d'héberger les objets, avec le cubisme semble se défaire pour céder à la place à une recomposition de la figure. C'est ainsi que les cubistes produisent dans leurs compositions plusieurs plans et divers points de vue sous de multiples angles qui peuvent se superposer et coexister dans un espace où les volumes sont délaissés, brisés même, devenant ainsi transparents ou enchevêtrés (*Broc et violon*¹⁹⁷ de Georges Braque, 1909-1910).

Potentiellement, toutes les observations et les descriptions de l'objet peuvent faire leur apparition dans le tableau, si bien que, notamment dans la période *synthétique* du cubisme, même la matière physique qui compose l'objet aura droit d'entrer et faire partie de la composition, tel est le cas du papier collé ou le collage (*Nature morte à la chaise cannée*¹⁹⁸ de Picasso, 1912).

Suivant la même logique d'ouverture de l'espace pictural à plusieurs points de vue, structures ou même morceaux de matières physiques entremêlés, une perspective unique n'a plus raison d'être et même dans le cas où elle serait modifiée elle ne répondrait plus aux exigences des recherches cubistes. Les plans et les figures n'adhèrent plus à un espace homogène, cohérent et uniforme mais ils peuvent se construire pour adopter un point de vue unique dans certaines parties de la composition, pour constituer des grossissements et des rétrécissements dans d'autres parties, ou pour combiner divers angles du même sujet.

Par conséquent dans ces compositions à dimensions multiples, la couleur ne peut plus répondre au schéma traditionnel de support à la reconnaissance de la figure, mais elle devient

¹⁹⁶ Si l'œuvre *Les demoiselles d'Avignon* en 1907 marque le commencement du cubisme, la période analytique couvre les années 1910-1912 et la période synthétique la période 1912-1914.

¹⁹⁷ Conservé au Kunstmuseum Basel à Bâle. L'image est disponible à l'adresse Internet : <https://kunstmuseumbasel.ch/fr/collection/les-chefs-d'œuvres#&gid=1&pid=57> [consulté le 5 septembre 2020].

¹⁹⁸ Conservé au Musée Picasso à Paris. L'image est disponible à l'adresse Internet : https://www.museepicassoparis.fr/fr/collection-en-ligne#/artwork/16000000000665?filters=authors%3APICASSO%20Pablo%20Pablo%20Pablo,,query%3Anature%20morte&page=2&layout=grid&sort=by_author [consulté le 5 septembre 2020]

plus autonome s'organisant souvent par petits morceaux indépendants du sujet ou bien elle peut faire avancer ou reculer certaines parties de la figure (*Portrait d'Ambroise Vollard*¹⁹⁹ de Picasso, 1910). De même sa fonction autrefois destinée à fournir un ton local pour mettre en relief le volume du corps ou la lumière de l'objet, se révèle avec le cubisme en mesure d'établir une continuité entre objets différents confondant les uns avec les autres, les unissant ou les façonnant de manière à construire des nouveaux rapports de formes entre sujets à l'origine distincts (*Paysage aux deux figures*²⁰⁰ de Picasso, 1908).

Ces divers caractères qui se sont manifestés de manière très variée au long du parcours des deux peintres marquent encore leurs œuvres dans les décennies suivantes. Bien que la Grande Guerre ait donné un coup d'arrêt au mouvement cubiste formé par le couple Picasso-Braque, d'autres auteurs dans la même période et successivement ont continué et ont développé les recherches des deux pères fondateurs : Juan Gris d'abord, mais aussi Albert Gleizes, Henri Laurens, Marcel Duchamp, Robert Delaunay et Sonia Delaunay-Terk, Fernand Léger, Amédée Ozenfant et Le Corbusier, ou encore Jean Metzinger, Auguste Herbin et André Lhote²⁰¹.

2.2.5 Cubisme et relativisme pour une approche fonctionnaliste

On a souvent fait, dans l'histoire de l'art et des idées, la liaison entre le cubisme et la relativité d'Albert Einstein, trouvant que ce ne serait pas un hasard que dans la même période et par deux voies très différentes, voire opposées, deux conceptions remettant profondément en cause l'idée classique d'espace et de temps, ainsi que leur représentation, se manifestent et s'affirment chacune dans leur domaine.

En 1905, Einstein publie la théorie sur la relativité restreinte et surtout il élabore entre 1907 et 1915 la théorie de la relativité générale exposant les principes d'une nouvelle conception de l'espace et du temps, qui consiste à relier ces deux dimensions, autrefois conçues comme séparées, dans une sorte de tissu spatio-temporel qui se modifie en fonction de la masse

¹⁹⁹ Conservé au musée des beaux-arts Pouchkine, à Moscou. Cette fonction sera utilisée aussi per Attilio Taverna mais dans un contexte très différent. Voir chapitre 6, paragraphe 6.4. L'image est disponible à l'adresse Internet : https://pushkinmuseum.art/data/fonds/europe_and_america/j/1001_2000/zh_3401/index.php?lang=fr [consulté le 5 septembre 2020]. Cette déstructuration de l'espace se trouve aussi dans la peinture de Taverna, voir p. 292.

²⁰⁰ Conservée au musée Picasso, à Paris. L'image est disponible à l'adresse Internet : https://www.museepicassoparis.fr/fr/collection-en-ligne#/artwork/16000000000659?filters=authors%3APICASSO%20Pablo%20Pablo%20Pablo,,query%3APaysage%20aux%20deux%20figures&page=1&layout=grid&sort=by_author [consulté le 5 septembre 2020].

²⁰¹ La liste des peintres serait encore bien longue et nous citons juste ceux qui sont considérés parmi les plus importants. De plus, il ne faudrait pas oublier que le cubisme n'a pas été uniquement un mouvement pictural mais aussi sculptural. Picasso par exemple s'était aussi essayé à la sculpture mais d'autres artistes ont aussi touché des résultats remarquables comme Alexandre Archipenko, Joseph Csaky, Raymond Duchamp-Villon, Jacques Lipchitz, Henri Laurens cette fois ci en tant que sculpteur, Pablo Gargallo et Ossip Zadkine.

des corps qui l'habitent. Un objet placé dans l'espace comme une étoile, soutient Einstein, détermine une courbure de l'espace-temps qui l'entoure en fonction de sa masse et plus l'objet sera massif plus la courbure sera prononcée. Sans entrer dans les détails de cette théorie complexe, il importe de souligner que le cadre traditionnel soutenu par la théorie de Newton d'un espace statique presque passif se limitant à contenir les corps et laisser les mouvements se déployer, se trouve très fortement compromis. À sa place, la théorie d'Einstein suggère un espace qui perd de son immobilité et devient « actif et dynamique²⁰² », strictement lié au temps qui évolue parallèlement à l'espace, pouvant donc lui aussi se modifier et se courber en fonction de la masse des objets.

Dans ces mêmes années 1907-1915, nous avons vu que le cubisme s'était développé en manifestant un fort intérêt pour la remise en cause de l'espace traditionnellement conçu et reproduit comme un cube tridimensionnel, construit selon les règles de la perspective albertienne en vigueur depuis la Renaissance, pour construire un espace qui superpose diverses prises de vues susceptibles d'indiquer plusieurs moments du même sujet²⁰³. Le fauvisme avait déjà commencé la déformation dans l'espace pictural et, en remontant un peu plus loin dans le temps, les prémices de cette rupture nous les avons identifiées avec les trois maîtres Van Gogh, Cézanne et Gauguin.

Il semble pourtant peu probable, selon les documents dont on dispose²⁰⁴, que les cubistes et Einstein soient entrés en contact de quelque manière que ce soit en activant, même de façon indirecte, une sorte d'influence réciproque pouvant suggérer ou contribuer à élaborer leurs conceptions respectives. De plus, à la demande de Paul Laporte²⁰⁵, Einstein répondra sur les différences peu conciliables entre la relativité dans le domaine de la science et le cubisme dans le champ de l'art²⁰⁶. L'argument clé adopté par le célèbre scientifique sera que, pour la description d'un état de fait quelconque (l'objet ou la cible), on utilise un seul système de coordonnées et les lois générales d'une théorie sont telles que leur forme ne dépend pas, et ne

²⁰² Voir : Thibault DAMOUR, Stanley DESER, Relativité - Relativité générale, *Encyclopædia Universalis* [en ligne]. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/relativite-relativite-generale/> [consulté le 18 août 2020]

²⁰³ Considérations qui avaient conduit Laporte à écrire l'article : LAPORTE, Paul M. Cubism and Science. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* [en ligne]. [Wiley, American Society for Aesthetics], 1949, Vol. 7, n° 3, p. 243-256. [Consulté le 28 février 2020]. DOI 10.2307/426665.

²⁰⁴ Voir : HENDERSON, Linda Dalrymple. *The fourth dimension and non-Euclidean geometry in modern art*. Revised edition. London, England ; Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 2013. Leonardo book series, p. 511.

²⁰⁵ LAPORTE, Paul M. et EINSTEIN, Albert. *Cubism and Relativity with a Letter of Albert Einstein*. *Art Journal* [en ligne]. [Taylor & Francis, Ltd., College Art Association], 1966, Vol. 25, n° 3, p. 246-248. [Consulté le 28 février 2020]. DOI 10.2307/774982.

²⁰⁶ Le raisonnement d'Einstein part du fait de remarquer que bien qu'il puisse y avoir une similitude entre l'activité scientifique et artistique due à la tentative d'enquêter sur un tout indistinct pour lui donner un ordre et une clarté, il fait remonter cet ordre dans le domaine artistique à l'inconscient et dans le domaine scientifique à la logique. LAPORTE, *op.cit.*, p. 246.

varie pas, selon le système de coordonnées. Une multitude de systèmes de coordonnées n'est pas nécessaire à la représentation d'un cas particulier et spécifique car la description mathématique du système entier est suffisante en relation à un seul système de coordonnées²⁰⁷. Cette insistance sur les divers systèmes de coordonnées, qui ne seraient pas nécessaires à la science pour représenter et rendre compte d'un cas spécifique et notamment à la théorie de la relativité pourvue des lois générales valables dans tous les contextes et circonstances particulières, apparaît comme l'indice que l'application d'une telle théorie n'est pas comparable et encore moins assimilable au système de représentation employé par le cubisme.

Einstein semble ainsi avoir donné le mot de la fin à l'histoire. Cependant, une relation avec le relativisme pourrait bien exister, non tant avec le contenu exprimé par la théorie du célèbre physicien allemand, mais plutôt avec une forme plus pratique et fonctionnelle du concept qui est en lien avec le commodisme d'Henri Poincaré. Le scientifique français publiait déjà en 1887 un article où il affirmait que la géométrie d'Euclide n'était pas la seule dépositaire de la vérité mais que d'autres géométries, comme celle de Lobatchevski, pouvaient être tout aussi valables²⁰⁸ que la première. Par conséquent le choix d'une géométrie ne se portait pas sur la plus importante validité formelle de l'une sur l'autre, mais s'appliquait au regard de la simplicité et de la commodité de l'objet étudié²⁰⁹.

Ces propos, réitérés et approfondis dans son ouvrage *La Science et l'Hypothèse* en 1902²¹⁰, ont pu imprégner de nouvelles idées les peintres cubistes notamment dans la construction et la légitimation d'une nouvelle conception de l'espace pictural. Bien que les témoignages de ce possible échange ne soient donnés que de manière indirecte, certains intellectuels comme le mathématicien Maurice Princet, figure proche des cercles cubistes et

²⁰⁷ Nous faisons une synthèse du contenu de la réponse d'Einstein dont le passage le plus important est le suivant : « For the description of a given state of facts [...] one uses almost always only one system of coordinates. The theory says only that the general laws [...] are such that their form does not depend upon the choice of the system of coordinates. This logical demand, however, has nothing to do with how the single, specific case is represented. A multiplicity of systems of coordinates is not needed for its representation. It is completely sufficient to describe the whole mathematically in relation to one system of coordinates. », LAPORTE, *ibid.*

²⁰⁸ « D'après ce que nous venons de voir, la Géométrie n'est autre chose que l'étude d'un groupe et, en ce sens, on pourrait dire que la vérité de la géométrie d'Euclide n'est pas incompatible avec celle de la géométrie de Lobatchevski, puisque l'existence d'un groupe n'est pas incompatible avec celle d'un autre groupe. » Par le mot « groupe », Poincaré semble indiquer l'ensemble des opérations qui se rapportent aux mouvements des figures, suivant M. Sophus Lie sur la théorie des groupes. POINCARÉ, Henri, Sur les hypothèses fondamentales de la géométrie, Bulletin de la Société Mathématique de France, tome 15 (1887), p. 203-216, p. 215.

²⁰⁹ « D'autre part, le groupe choisi est seulement plus commode que les autres et l'on ne peut pas plus dire que la géométrie euclidienne est vraie et la géométrie de Lobatchevski fausse, qu'on ne pourrait dire que les coordonnées cartésiennes sont vraies et les coordonnées polaires fausses. » *ibid.* Consultable à l'adresse : http://www.numdam.org/article/BSMF_1887__15__203_0.pdf. [Consulté le 1 mars 2020].

²¹⁰ POINCARÉ, Henri, *La Science et l'Hypothèse*. Flammarion. Paris, 1902. Pour approfondir, voir aussi les ouvrages *La Valeur de la science* de 1904 et *Science et méthode* de 1908.

notamment de Metzinger et Gleizes, se seraient amplement engagés à répandre et discuter des espaces à n-dimensions et de la valeur relative de la géométrie euclidienne²¹¹.

C'est d'ailleurs dans cet esprit que, dans l'ouvrage *Du cubisme* paru en 1912, les deux peintres cubistes Gleizes et Metzinger font directement référence aux géométries non euclidiennes en écrivant que « si l'on désirait rattacher l'espace des peintres à quelque géométrie, il faudrait en référer aux savants non euclidiens, méditer longuement certains théorèmes de Rieman[n]²¹² ».

Si dans l'ouvrage cité ci-dessus Poincaré souligne le grand mérite du Russe Lobatchevski et du Hongrois Bolyai d'avoir établi de façon irréfutable que la démonstration d'un des axiomes²¹³ sur lequel s'appuie la géométrie euclidienne est impossible, le mathématicien français met aussi en évidence que Lobatchevski et Riemann ont su construire des géométries nouvelles tout aussi cohérentes, logiques et riches en théorèmes que celle d'Euclide. À l'époque, l'idée que l'espace perdait ainsi le monopole de la description par un seul système géométrique était difficile à admettre et le commodisme de Poincaré pouvait donc conduire à ouvrir la voie à des possibilités de représentation inédites soutenant ainsi, du moins implicitement, les recherches des peintres cubistes.

Cette incursion dans le monde cubiste et dans les recherches scientifiques au début du siècle XX^e siècle, ne fournirait pas un aperçu recevable de la situation artistique si nous ne faisons pas mention du fait qu'à cette époque-là les sources de connaissance et d'inspirations des peintres étaient tellement variées qu'elles se superposaient, quelques fois se confondaient, en tout cas elles formaient une mosaïque hétérogène d'éléments philosophiques, mystiques, scientifiques et littéraires²¹⁴. Des échos de la philosophie de Schopenhauer pouvaient côtoyer la théosophie de Steiner, les recherches d'une quatrième dimension²¹⁵, en tant que dimension invisible de notre monde, secondaient l'intérêt pour des géométries non euclidiennes. Toutefois, ce qui émerge avec une certaine clarté dans cette intense recherche des artistes, semble converger vers la nécessité d'interroger la réalité au-delà de son apparence visible et la repenser dans de nouveaux termes et codes picturaux qui puissent, sinon la saisir, au moins participer à la dévoiler ou à évoquer son côté invisible. En ce sens, on peut lire le propos de l'historien de

²¹¹ Voir HENDERSON, *op.cit.*, p.169 et p.173.

²¹² GLEIZES, Albert, METZINGER, Jean, KAHN, Gustave, *Du Cubisme*. E. Figuière et Cie, Paris, 1912, p. 17. Nous avons ajouté la lettre *n* au nom du mathématicien paraissant dans la citation d'origine.

²¹³ Il s'agit de l'axiome : "Par un point on ne peut faire passer qu'une parallèle à une droite donnée." POINCARÉ, *op.cit.*, édition consultée en format ebook, Chapitre III, Les géométries non euclidiennes.

²¹⁴ Jean-Marie Schaeffer parle d'un patchwork pour les sources d'inspiration des artistes des avant-gardes. Voir SCHAEFFER, Jean-Marie. *L'art de l'âge moderne : l'esthétique et la philosophie de l'art du XVIII^e siècle à nos jours*. Paris : Gallimard, 1992. NRF essais, p.352.

²¹⁵ Voir à ce propos Henderson qui en fait le thème central de son ouvrage. HENDERSON, *op.cit.* en particulier chapitre 1, 2 et 3.

l'art italien Giulio Carlo Argan quand il adopte une position fonctionnaliste pour interpréter le mouvement cubiste dans la mesure où :

On cherche donc à réformer dans la structure le fonctionnement interne, et donc le processus génétique de l'opération artistique afin de pouvoir le proposer comme modèle de fonction : l'œuvre d'art n'est plus reconnue comme une valeur en soi, mais seulement comme la démonstration d'une procédure opératoire exemplaire ou, plus précisément, d'un type de procédure qui implique et renouvelle l'expérience de la réalité. On peut donc dire qu'au cours de cette période s'opère la transformation du système ou de la structure de l'art, de représentative à fonctionnelle²¹⁶.

L'art pictural perd ainsi sa physionomie traditionnelle re-présentationnelle qui, dans un sens étymologique, *présente à nouveau* la réalité connue, et donc imitée, pour se doter des instruments adéquats afin de repenser l'expérience de la réalité. De plus, sa fonction première traditionnellement construite autour de la notion de beauté comme paradigme caractéristique de l'expérience esthétique se voit remise en question pour aborder une expérience existentielle plus ample, cognitive et de découverte.

Privilégiant cette nouvelle fonction, il sera plus facile de comprendre les assimilations de thèmes scientifiques, philosophiques et plus généralement extra-artistiques qui caractérisent les arts du siècle dernier. Il sera aussi plus aisé de construire des systèmes de pensée et des théories qui rendent compte et analysent le fonctionnement de l'art et de la science.

Nous allons examiner deux de ces systèmes qui réunissent sous un même mode opératoire la manière de fonctionner et de produire des connaissances pour ces deux domaines apparemment très éloignés.

²¹⁶ Nous traduisons : « si cerca dunque di riformare nella struttura il funzionamento interno, e quindi il processo genetico dell'operazione artistica allo scopo di poter proporla come modello di funzione: all'opera d'arte non si riconosce più un valore 'in sé', ma solo di dimostrazione di un procedimento operativo esemplare o, più precisamente, di un tipo di procedimento che implica e rinnova l'esperienza della realtà. Si può dunque dire che in questo periodo si opera la trasformazione del sistema o della struttura dell'arte da rappresentativa a funzionale. », in ARGAN, Giulio Carlo, *L'arte moderna 1770-1970*, Sansoni, Firenze 1970, p. 366-367.

Chapitre 3 : vers une conception de la représentation unifiée

3.1 Réalisme et convention

Comment faire confiance à une description ou une théorie scientifique qui relève de l'idéalisation sachant qu'une partie de ses paramètres sont *faux* dans la mesure où ils ne peuvent pas exister selon les connaissances que l'on possède du monde ? Une première étape consiste à affirmer que ces théories fournissent des descriptions et des prévisions de certains phénomènes qui correspondent à des observations effectuées. La précision avec laquelle certaines prévisions anticipent les résultats observationnels valide la théorie et la pose comme système de référence dans la représentation du phénomène examiné.

Cependant, comme nous l'avons déjà évoqué dans le paragraphe 1.1.3, les théories subissent une évolution en fonction de l'époque et des connaissances associées aux découvertes de la science, ce qui fait qu'elles peuvent évoluer et changer profondément dans le mode de représentation du même phénomène. Quelle solution trouver ?

Pour Chakravartty, il faut partir d'une forme de conventionnalisme qu'on peut relier au réalisme tel qu'il est décrit par Goodman dans le célèbre exemple :

Considérez une image réaliste, peinte selon la perspective ordinaire et en couleurs normales, et une seconde image semblable en tout à la première, excepté le fait que la perspective y soit inversée et chaque couleur remplacée par sa complémentaire. La seconde image, convenablement interprétée, fournit exactement la même information que la première. Et on peut imaginer, en nombre indéfini, d'autres transformations radicales mais qui conservent l'information. À l'évidence, des images réalistes et irréalistes peuvent apporter une information égale ; le rendement informationnel ne fournit pas un test de réalisme²¹⁷.

D'où l'idée que l'image réaliste en tant que forme descriptive de la réalité visuelle n'est pas indispensable à l'efficacité du rendement informationnel. De plus, Nelson Goodman ajoute :

Les deux images que nous venons de décrire sont au même titre correctes, au même titre fidèles à ce qu'elles représentent, fournissent la même information, qui est en conséquence au même titre vraie ; cependant, elles ne sont pas au même titre réalistes ou littérales²¹⁸.

²¹⁷ GOODMAN, Nelson. *Langages de l'art: une approche de la théorie des symboles*. Trad. par Jacques MORIZOT. Paris, France, 2011, Librairie Arthème Fayard. Première publication Éd. Jacqueline Chambon [1990], p. 60-61.

²¹⁸ *Ibid.*

Ce qui contribue à affaiblir la position de celui qui fait correspondre au réalisme la seule forme de vérité possible et transposable dans la représentation. Pourtant une objection semble possible :

L'absolutiste vigilant objectera que nous avons besoin d'une clé pour la seconde image, mais non pour la première. La différence tient plutôt en ce que la clé est, pour la première, immédiatement disponible. Pour lire convenablement la seconde image, nous avons à découvrir des règles d'interprétation et à les appliquer à bon escient. La première se lit conformément à une habitude pratiquement automatique ; la pratique a rendu les symboles si transparents que nous ne sommes pas conscients d'un quelconque effort, du moindre choix, ni même d'effectuer réellement une interprétation²¹⁹.

Dûment refusée, l'objection conduit le philosophe américain à conclure que le réalisme relève davantage d'une forme culturelle qui se fonde sur l'assimilation des codes plutôt que dans l'amplitude des informations susceptibles d'être transmises :

La pierre de touche du réalisme est à chercher, à mon avis, non pas dans la quantité d'information mais dans la facilité avec laquelle on l'obtient, laquelle dépend du degré de stéréotypie du mode de représentation, et de la trivialité atteinte par les étiquettes et leurs usages. Le réalisme est relatif, déterminé par le système de représentation qui sert de norme à une culture ou à une personne donnée à un moment donné. On tient pour artificiels ou sommaires des systèmes plus récents, plus anciens ou étrangers²²⁰.

Ces passages, qui mettent en lumière la pensée de Goodman, permettent à Chakravartty de considérer comment le conventionnalisme peut s'élargir à tout type de représentation, à savoir que tout peut représenter n'importe quoi d'autre²²¹ sous réserve d'avoir convenablement intériorisé les conventions d'interprétation. Cela nous conduit à une conclusion importante : même un système représentationnel qui se fonde sur des aspects qui ne sont pas reconnaissables en tant que ressemblant à l'objet de la représentation, peut nous fournir des informations correctes sur certaines propriétés de l'objet que ce système représente²²².

²¹⁹ *Ibid.*

²²⁰ *Ibid.*

²²¹ Goodman en effet écrit : « Le fait est qu'une image, pour représenter un objet, doit en être un symbole, valoir pour lui, y faire référence ; mais aucun degré de ressemblance ne suffit à établir le rapport requis de référence. La ressemblance n'est d'ailleurs nullement nécessaire pour la référence ; presque tout peut valoir pour presque n'importe quoi d'autre. Une image qui représente un objet – ou une page qui le décrit – y fait référence et, plus particulièrement, le dénote. La dénotation est le cœur de la représentation et elle est indépendante de la ressemblance. » *Op. cit.* p. 35.

²²² D'ailleurs on ne comprendrait pas autrement comment un graphique (diagramme et autres) peut nous fournir des indications correctes sur le phénomène qu'il représente. Voir à ce propos Mauricio Suárez et la fonction représentative de l'équation en mathématique. SUÁREZ, Mauricio. An Inferential Conception of Scientific Representation. *Philosophy of Science* [en ligne]. 2004, Vol. 71, n° 5, p. 767-779. [Consulté le 22 janvier 2020]. DOI 10.1086/421415, p. 773-775.

Cependant, bien que l'approche conventionnaliste reconnaisse la validité d'une représentation non réaliste dans le sens mentionné, le problème de pouvoir représenter dans un système des entités qui ne correspondent pas à des éléments de la réalité, afin d'obtenir des résultats cohérents et fiables, ne semble pas entièrement résolu.

Chakravartty se rapporte alors à une attitude plutôt pragmatique répandue dans le milieu de la science, mettant l'accent sur la référence en tant que véhicule de la représentation. Aussi bien que la dénotation pour Goodman peut représenter correctement un objet, la *référence* pour Chakravartty semble pouvoir conduire le système cible (l'objet destiné à être représenté) vers un système de représentation qui constitue un *standard*, à savoir un modèle partagé par la communauté de ses usagers. Ce modèle, qui peut assumer aussi l'amplitude d'une théorie, est susceptible de mesurer, d'apprécier, d'analyser le comportement et faire des prévisions, apportant ainsi des indications fiables sur les propriétés de l'objet²²³. Pour soutenir ce propos, l'auteur cite les *réalistes des entités*²²⁴ pour qui, explique-t-il, tant que « l'on dispose de preuves significatives d'une capacité à manipuler ou à exploiter systématiquement les propriétés causales des entités, on a de bonnes raisons de croire que de telles entités existent même en refusant de croire aux théories qui les décrivent²²⁵ » et il ajoute que : « bien que les théories puissent se révéler fausses et soient susceptibles de changer, il y a des conditions dans lesquelles il y a de bonnes raisons de penser que les termes non observables se réfèrent et continueront à se référer²²⁶ ». La référence réussie apparaît donc comme un système qui, bien que fondé comme l'idéalisation sur des conventions présentant des aspects non compatibles avec la réalité, voire *faux*, possède tout de même la capacité d'apporter des informations essentielles à la compréhension des phénomènes.

Par analogie, l'auteur met en lumière l'efficacité d'un tableau comme *Guernica*²²⁷ de Picasso à l'efficacité de la représentation scientifique. *Guernica* présente une série d'objets que

²²³ Telle est l'interprétation que nous donnons au concept de *référence* que l'auteur n'éclaircit pas mais qui reste un pivot dans l'explication de la représentation scientifique.

²²⁴ Pour une synthèse efficace des sens du mot réalisme voir le mot « réalisme » par Claudine Tiercelin in LECOURT, Dominique (éd.), 2006. Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences. 4e éd., rev. augmentée. Paris : PUF. Quadrige. Dicos poche, p.478. Pour avoir une idée plus précise des diverses théories et des philosophies qui traversent la pensée scientifique, voir : ESPAGNAT, Bernard d', 2002. Traité de physique et de philosophie. Paris : Fayard.

²²⁵ Nous traduisons : « Entity realists are especially well known for this, holding that under conditions in which one has significant evidence of an ability to manipulate or otherwise systematically exploit the causal properties of entities, one has good reason to believe that such entities exist, even while withholding belief from the theories that describe them ». Chakravartty, *op.cit.*, p. 42.

²²⁶ Nous traduisons : « Despite the fact that theories are false and likely to change, says the entity realist, there are conditions under which one has good reason to think that unobservable terms refer, and will continue to refer ». Dans ce deuxième passage Chakravartty se réfère explicitement à l'ouvrage de HACKING, Ian, *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge : Cambridge University Press. 1983. Chapitre 6. *Ibid.*

²²⁷ Conservé au Musée Reina Sofia de Madrid. On peut consulter l'image du tableau à l'adresse Internet du musée : <https://www.museoreinasofia.es/coleccion/obra/guernica> [consulté le 5 septembre 2020].

l'on peut reconnaître en tant que figures de taureau, de cheval, de femmes, d'hommes, etc. mais ces figures en tant que telles ne représentent pas le contenu du tableau. Mauricio Suárez, auquel Chakravartty se réfère²²⁸, précise que les ressemblances entre les objets du tableau et les figures réelles auxquelles ils renvoient ne sont pas un bon guide pour montrer les véritables objectifs de la représentation. En effet le but du tableau est double : représenter le tout premier bombardement de toute une population civile et la menace de la montée du fascisme en Europe²²⁹.

Si l'on admet la thèse de Suárez comme valide sur Guernica, le contenu du tableau ne ressort pas *spontanément* des figures et plus globalement de la composition. En effet, la signification de l'image n'apparaît pas immédiatement mais se révèle en associant une série de passages, une série de connaissances acquises, qui deviennent des codes, aux figures du tableau. Par exemple, sur la gauche du tableau on reconnaît une femme qui tient dans ses bras un bébé en apparence mort. Bien qu'elle ne manifeste pas l'aspect typique d'une figure réaliste, sa silhouette nous permet tout de même de saisir les traits qui l'identifient en tant que femme-ayant-un-enfant-dans-ses-bras selon le style typique de Picasso de l'époque. De plus, la figure déformée et les traits accentués du visage suggèrent le désespoir, l'affliction et la souffrance, confirmés par le constat que l'enfant apparaît sans vie du fait de ses bras et de sa tête tombant comme un corps mort, et ses yeux fermés ou sans expression. À un premier ensemble de signes picturaux, on associe donc la figure d'une femme avec son enfant, on la reconnaît avec plus ou moins de facilité en fonction de la familiarité que nous avons avec le style du peintre. Ensuite, on associe la douleur et la souffrance à sa figure grâce aux traits déformés de son visage et de la situation dans laquelle elle se trouve avec son bébé. Les autres figures subissent un processus de reconnaissance similaire selon plusieurs étapes nous conduisant à voir une convergence et une cohérence dans les autres personnages représentés qui manifestent angoisse, souffrance, mort, douleur, etc. Cependant, nous ne sommes pas encore prêts à y attribuer le double contenu dont nous parle Suárez. Pour ce faire, nous devons procéder en lui associant d'autres éléments de connaissance, et en l'occurrence historiques, qui relatent le bombardement de la ville de Guernica nous permettant de relier toutes ces images à une origine commune dont les effets

²²⁸ Nous paraphrasons ses propos : « none of these similarities is a good guide to the actual targets of the representation. There are at least two targets. Picasso was interested in representing the first ever carpet-bombing of an entire civilian population [...] In addition, Guernica represents the threat of rising Fascism in Europe ». SUÁREZ, Mauricio, Scientific representation: against similarity and isomorphism, in : International Studies in the Philosophy of Science, Volume 17, 2003 - Issue 3, 17:3, p. 225-244, DOI: 10.1080/0269859032000169442. p. 236.

²²⁹ Les propos de Picasso semblent aller dans cette direction lorsqu'il parle de la nature allégorique de ce tableau spécifique, ajoutant que le cheval représente le peuple et le taureau la brutalité et l'obscurantisme. Ces propos sont contenus dans une interview donnée à Jerome Seckler et publiée sous le titre « Picasso Explains », dans la revue New Masses, New York, le 13 mars 1945. Nous en avons consulté la traduction en italien in DE MICHELI, Mario. *Pablo Picasso Scritti*. Milano : SE, 1998, p. 39-49.

sont dramatiquement visibles sur le tableau. De même pour la menace nazi-fasciste, il est indispensable de savoir que le bombardement a été déclenché par l'aviation d'Hitler et de Mussolini, qui représentent des régimes dictatoriaux pouvant frapper la population civile d'une ville considérée comme ennemie.

Suárez refuse ainsi l'argument selon lequel la similitude, en tant que forme généralisée de la ressemblance de l'objet à son apparence visuelle, puisse représenter en soi un critère fiable pour une représentation réussie. Convoquant *Guernica* de Picasso et son contenu au-delà de la similitude, l'auteur établit une comparaison avec la représentation scientifique qui, comme dans le cas d'une équation mathématique en tant qu'ensemble de signes physiques sur un papier, est aussi dissemblable que possible du phénomène qu'elle décrit et représente²³⁰. Par conséquent, tout comme le montre Chakravartty dans son idéalisation en tant que convention qui prévoit des déformations et des altérations par rapport à la réalité, la référence réussie ne semble pas dépendre d'un système (la représentation) qui garde avec sa cible (l'objet que la représentation vise) une liaison de similitude ou de ressemblance. Elle relève plutôt d'un système de représentation capable de fournir des informations efficaces sur la cible représentée, que cela soit le contenu d'un tableau comme *Guernica* de Picasso, une équation mathématique qui décrit le comportement d'un phénomène ou bien une théorie dont les composants essentiels ne peuvent pas exister dans la réalité, tels que les molécules punctiformes dans loi idéale du gaz.

3.2 La représentation-en

On pourrait objecter que les équations n'ont pas le même pouvoir représentatif que les théories, ni les modèles celui des tableaux. Les diverses structures qui composent chacun de ces modes de représentation et les domaines fort différents auxquels ils se rattachent les rendent tout à fait incompatibles et non assimilables à une explication unique. Les confondre ou pire les mélanger, pourrait nous dire un objecteur idéal, serait comme essayer d'intégrer l'eau et l'huile dans une substance unique, et ne pourrait rien apporter de bien aux deux disciplines, l'art et la science, qui doivent garder chacune les limites de leurs domaines d'étude, leurs méthodes bien définies et délimitées, leurs pouvoirs d'enquête et les réponses possibles relatives aux questions gnoséologiques. Comment en effet comparer un tableau, comme

²³⁰ Suárez tout au long de son article prend soin de proposer une série d'arguments pour montrer comme la similarité aussi bien que l'isomorphisme ne sont ni universels ni indispensables à la représentation scientifique. SUÁREZ, Mauricio, Scientific representation: against similarity and isomorphism, *op.cit.*, *passim*.

Guernica ou bien un autre du XIX^e siècle, à une théorie physique comme celle de Galilée ou de Newton, prétendant à une explication relevant d'un même mode d'appréhension des choses du monde ?

R. I. G. Hughes²³¹ propose une réponse qui se construit autour du mode de fonctionnement des représentations et fournit ainsi un aperçu du lien étroit qui s'établit entre les deux domaines. L'auteur anglais part du concept de dénotation dérivant de la pensée de Nelson Goodman pour qui la dénotation est « le cœur de la représentation [et elle est] indépendante de la ressemblance²³² » et, plus important, il considère que le modèle pour représenter un système physique doit être « un symbole pour lui, valoir pour lui, y faire référence²³³ ». C'est ainsi qu'aussi bien qu'une ligne verticale peut dénoter un intervalle de temps, comme dans les diagrammes de Galilée que l'auteur analyse²³⁴, les éléments d'un modèle scientifique dénotent les éléments de l'objet qu'ils visent à représenter.

En général, une théorie physique ne traite pas uniquement des éléments physiques existants mais elle considère une classe entière de systèmes, certains réels, d'autres tout simplement possibles²³⁵. Chaque phénomène, par exemple, peut être représenté par un modèle spécifique défini en fonction de la théorie (théorie quantique, newtonienne ou autre). Celle-ci permet de construire non seulement un modèle spécifique qui rend compte d'un phénomène particulier, mais elle autorise aussi toute une classe de modèles fixés par les lois que la théorie même admet et précise. L'auteur nous dit :

Essentiellement, une théorie globale est un ensemble d'instructions pour construire une grande variété de modèles locaux. Dans toute application de la théorie, il s'agit d'un modèle local qui représente un système physique individuel, ou un type de système. Il n'y a donc pas de différence significative entre les représentations fournies par les théories locales et globales ; ni cela ne remet en cause la maxime : pas de représentation sans dénotation²³⁶.

Si les modèles sont une dérivation des théories, il demeure nécessaire de comprendre sur quel principe, en tant que règle générale, se base la représentation qui tire ses origines des

²³¹ HUGHES, R. I. G. Models and Representation. Philosophy of Science [en ligne]. 1997, Vol. 64, p. S325-S336. [Consulté le 10 janvier 2020]. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/188414.

²³² Goodman, Langages de l'art, *op.cit.*, p. 35.

²³³ Hughes fait directement référence à Goodman dans cette phrase que nous reportons suivant la traduction de Morizot in GOODMAN, Langages de l'art, *op.cit.*, *ibid.*

²³⁴ HUGHES, *op.cit.*, p. S326-S329.

²³⁵ Nous résumons la pensée de l'auteur anglais et en particulier les conditions de possibilités de sa thèse que l'on peut trouver plus en détail in HUGHES, *op.cit.*, S330-S331.

²³⁶ Nous traduisons : « Essentially, a global theory is a set of instructions for building a great variety of local models. In any application of the theory it is a local model that represents an individual physical system, or type of system. There is thus no significant difference between the representations supplied by local and global theories; neither presents a challenge to the maxim: No representation without denotation. » Hughes, *op.cit.*, p. S331.

théories elles-mêmes. À ce propos, l'auteur est clair : il soutient que les théories physiques, contrairement à d'autres types de représentations comme les cartes²³⁷ par exemple, sont des *représentation-en*²³⁸.

Pour comprendre ce genre de représentations de dérivation goodmanienne, il convient d'abord de le distinguer d'autres genres, suivant le procédé de classification que Goodman fournit dans son ouvrage²³⁹. À une représentation conçue de manière plus ordinaire, celle d'une image par exemple qui dénote son sujet, l'auteur américain ajoute et distingue d'autres genres d'images. D'abord le genre d'image qui possède une dénotation multiple, comme l'image d'un aigle (ou d'un autre objet), paraissant par exemple dans un dictionnaire pour accompagner sa définition, qui ne représente pas un aigle spécifique mais une image particulière qui désigne de manière distributive tout exemplaire de cette espèce²⁴⁰ (par exemple tout aigle ou tout exemplaire du type d'objet représenté). À cette dénotation multiple, Goodman oppose un genre d'image à dénotation nulle, à savoir une image qui possède comme cible, ou *denotata*, un objet fictif, tel que pourrait l'être un personnage d'un roman (M. Pickwick) ou un animal imaginaire (Pégase). Nous avons ainsi beaucoup d'images de la déesse Vénus, de licornes et d'autres objets imaginaires mais qui n'ont pas, selon l'auteur américain, une référence extérieure à l'image, puisque l'objet de la représentation n'existe tout simplement pas, et sont par conséquent soumises à une analyse logique différente et à une écriture conséquente composée par des traits d'union, tel que image-de-Pickwick ou image-de-licorne, pour les identifier²⁴¹. Ce genre d'images à dénotation nulle, n'appliquant pas un véritable transfert entre l'image et son objet (cible), puisque l'objet demeure imaginaire ou indéterminé, relèvent plutôt d'une classification qui appartient à une catégorie d'images sans objet, ou du moins sans objet déterminé²⁴².

²³⁷ « maps » en anglais.

²³⁸ « Representation-as » en anglais. Étant un concept dérivé de la philosophie de Nelson Goodman nous gardons la traduction de Morizot in : Goodman, *Langages de l'art*, *op.cit.* p. 52-56.

²³⁹ *Ibid.*

²⁴⁰ Voir MORIZOT, Jacques et POUIVET, Roger. *La philosophie de Nelson Goodman: repères*. Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2011. *Repères philosophiques*, p. 57.

²⁴¹ Dans le cas d'une dénotation indéterminée Goodman indique : « Il se peut, par exemple, que nous soyons incapables de dire si une représentation donnée est multiple, comme une image-d'aigle dans le dictionnaire, ou fictive, comme une image-de-Pickwick. Mais là où nous ne pouvons déterminer si une image dénote quelque chose ou non, notre seule manière de procéder est de faire comme s'il n'y avait pas de dénotation — à savoir, nous en tenir à considérer quelle sorte d'image c'est. Les cas de dénotation indéterminée se traitent donc de la même façon que les cas de dénotation nulle ». Goodman, *op.cit.* p. 52.

²⁴² Morizot précise la distinction entre image de Marilyn (objet réel) et image-de-Venus (objet fictif) en disant que « si la logique de la première image est de représenter, celle de la seconde revient à opérer une classification : parmi la diversité des peintures, on peut en faire entrer certaines dans la catégorie des « images-de-Vénus », des « images-de-Méphisto », etc., alors que d'autres seront des portraits ordinaires de Marilyn ou de Napoléon ». MORIZOT, Jacques et POUIVET, Roger. *op.cit.* p. 58.

La *représentation-en* demeure un cas particulier qui combine, d'une certaine manière, les genres précédents que nous venons d'exposer. Goodman affirme :

Une image qui représente un homme le dénote ; une image qui représente un homme de fiction est une image-d'homme ; et une image qui représente un homme en homme²⁴³ est une image-d'homme le dénotant. Le premier cas concerne donc seulement ce que l'image dénote, le second seulement la sorte d'image qu'elle est, et le troisième concerne à la fois la dénotation et la classification²⁴⁴.

Le cas célèbre évoqué d'un Churchill représenté en bébé (ou en dragon, conceptuellement ce serait équivalent) est un exemple clarificateur. Ce genre d'image applique le transfert entre symbole et objet du fait de posséder la dénotation car le symbole renvoie à une personne (cible) qui n'appartient pas à l'espace imaginaire mais elle est bien réelle (Churchill). Cependant, cette même image nous renvoie aussi à un bébé (ou à un dragon), devenant ainsi une image-de-bébé (ou une image-de-dragon), parce qu'elle ne possède pas de *denotata*, car il n'y a pas d'enfants spécifiques (ni de dragons) auxquels se référer dans la réalité. C'est ainsi que Churchill en bébé (ou en dragon) nous fournit des informations et des pistes de réflexion sur la cible en utilisant un mode de figuration qui n'est plus une image *de* Churchill (dénotation ordinaire), mais une image de Churchill *en* quelque chose d'autre (représentation-en).

Dans le cadre d'une compréhension du potentiel et du mode de fonctionnement de la représentation scientifique, Hughes apporte une interprétation qui établit une analogie avec la représentation artistique. Si par exemple nous considérons la théorie des ondes, elle explique et prédit le comportement de la lumière comme un mouvement ondulatoire. De plus, elle se manifeste comme une forme de représentation-en qui « nous invite à penser les phénomènes optiques en termes de propagation des ondes, et donc à anticiper et à expliquer le comportement de la lumière²⁴⁵ ». La représentation artistique fonctionne de manière similaire. Le tableau de Joshua Reynolds²⁴⁶, par exemple, montrant madame Siddons en muse de la tragédie (fig. 3F), nous conduit à penser le sujet principal (Mme Siddons) en termes d'un autre sujet (la Muse de

²⁴³ La *représentation-en*.

²⁴⁴ Goodman, *Langages de l'art*, *op.cit.* p. 53.

²⁴⁵ Nous traduisons : « It invites us to think of optical phenomena in terms of the propagation of waves, and so to anticipate and explain the behavior of light ». Hughes, *op.cit.*, p. S331.

²⁴⁶ Peintre britannique (1723-1792), célèbre pour ses portraits, il réalisa en 1789 une peinture allégorique de la célèbre comédienne de l'époque Mme Siddons, née Sarah Kemble (1755-1831), dont le titre est *Mrs Siddons as the Tragic Muse*, conservé à la Huntington Art Gallery à San Marino, Californie. Le titre de l'œuvre traduit en français par *Mme Siddons en muse de la tragédie* établit déjà un parallélisme linguistique avec la *représentation-en*.

Source de l'image : https://fr.wikipedia.org/wiki/Sarah_Siddons#/media/Fichier:Mrs_Siddons_by_Joshua_Reynolds.jpg [consulté le 20 février 2020].

la Tragédie), et de cette manière il nous invite, comme l'affirme Hughes, « à laisser les connotations de ce sujet secondaire guider notre perception de madame Siddons²⁴⁷ ».



Figure 3F, Joshua Reynolds, *Mme Siddons en muse de la tragédie*, 1789.

Les propriétés de la figure allégorique permettent de faire connaître en même temps que son sujet, qu'on peut définir comme primaire, madame Siddons, certains attributs et caractéristiques qui sont rattachés à son deuxième sujet²⁴⁸, la Muse de la Tragédie, figure

²⁴⁷ Nous traduisons : « to allow the connotations of this secondary subject to guide our perception of Mrs. Siddons. », Hughes, *op.cit.*, p. S331.

²⁴⁸ Dans notre lecture interprétative, il ne s'agit pas de mettre en pratique la méthode iconographique de Panofsky, axée sur trois degrés de lecture (pré-iconographique en tant que description simple de l'image ; iconographique, en tant qu'identification du thème secondaire allégorique ou symbolique ; et iconologique, en tant que choix stylistique et formel indiquant attitudes ou mentalités d'une époque ou d'un lieu donné). Notre propos est plus modeste, il est plutôt question d'établir un parallèle entre le procédé de production des informations de ce tableau et celui d'une théorie scientifique comme celle des ondes dans son mode de représentation, pour mettre en relief l'étendue de la représentation-en.

inspiratrice des arts, pour faire émerger, par exemple, le talent de la comédienne. On peut déduire des attributs similaires en partant de l'idée que placer madame Siddons sur un trône, lui confère un statut de reine (du théâtre), et le fait qu'elle soit posée sur un nuage, induirait à penser que sa célébrité avait touché le summum et que madame Siddons était une des comédiennes les plus populaires de son temps.

Il est admis de formuler aussi des hypothèses, comme sur les identités des figures derrière la Muse. La plus courante consiste à les associer à la Pitié et à la Terreur²⁴⁹, en tant que personnification des émotions que, suivant la *Poétique* d'Aristote, la tragédie doit susciter afin d'arriver à la catharsis. Leur présence derrière la figure principale de madame Siddons, suggère la capacité que la comédienne possédait de les susciter lors de son jeu.

Cependant, on peut aussi formuler une autre hypothèse, celle de voir dans ces figures une allusion au rôle de lady Macbeth qu'avait interprété la comédienne et qui avait été couronné de succès. Voici donc apparaître la Tragédie, ayant comme attribut un poignard ensanglanté dans la main droite, suivant l'Iconologie de Cesare Ripa²⁵⁰, et voici émerger de l'obscurité le Remord, tenant la coupe dans ses mains, sur la base des informations données par la chronique d'Hollinshed, source d'inspiration de Shakespeare pour sa pièce théâtrale²⁵¹ et probablement connue par le peintre Reynolds aussi²⁵².

Naturellement, sur la base d'études ultérieures, ces hypothèses peuvent être confirmées ou infirmées. On peut comparer ce modèle de représentation à d'autres, du même auteur ou d'autres artistes, ou bien comme on le fait dans la présente étude à d'autres formes de représentation. Ce faisant, on ne véhicule pas uniquement des informations sur l'objet de la représentation, mais on apporte une construction de l'esprit formant un corps unique, cohérent et fondé sur un ensemble d'éléments et de relations internes, qui produisent des énoncés et des propositions rendant compte des phénomènes ou des aspects de la cible examinée.

²⁴⁹ Voir : MCPHERSON, Heather. Picturing Tragedy: Mrs. Siddons as the Tragic Muse Revisited. *Eighteenth-Century Studies* [en ligne]. 2000, Vol. 33, n° 3, p. 401-430. [Consulté le 17 janvier 2020]. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/30053950. JSTOR p. 411-413.

²⁵⁰ Cet ouvrage encyclopédique date de 1593 dans sa première édition sans figures et de 1603 dans sa forme illustrée. Il eut un grand succès auprès des artistes qui pouvaient y retrouver un vaste répertoire des formes et des contenus allégoriques. Il se répandit en Angleterre surtout à partir de XVIII^e siècle mais il était probablement déjà connu par Reynolds grâce à son séjour en Italie.

²⁵¹ Dans l'édition de *MACBETH* de William Shakespeare, (1605), traduite par M. Guizot, on peut lire dans la préface à propos de Macbeth que « les remords de sa conscience le tenaient dans une crainte continuelle qu'on ne le servît de la même coupe qu'il avait administrée à son prédécesseur ». On peut ainsi attribuer le symbole de la coupe au Remord qui hante le personnage de Lady Macbeth aussi. Disponible en libre accès à l'adresse internet suivante : https://fr.wikisource.org/wiki/Macbeth/Traduction_Guizot,_1864/Notice [consulté le 17 janvier 2020].

²⁵² Bien d'autres informations et beaucoup plus de suppositions peuvent être déduites du tableau. En se limitant à la représentation-en (et non par exemple à l'examen stylistique, la composition des pigments du tableau, etc. qui nous conduiraient à prendre en compte d'autre type d'analyses et d'autres parcours de réflexion) on peut en savoir plus sur les goûts de l'époque, les préférences des commanditaires, la façon de s'habiller pour les dames, les gestes qui sollicitait de l'admiration, les couleurs qui étaient plus attrayantes et celles qui se conformaient plus ou moins au sujet, etc.

La force de l'analogie entre deux modèles en apparence aussi distants qu'une théorie physique et un tableau allégorique, réside dans un même mode de fonctionnement, classifié sous la forme de la représentation-en, qui permet de construire un sujet secondaire (la théorie des ondes et la Muse de la Tragédie) ayant une sorte de vie propre qui consiste en une dynamique interne dont les effets peuvent être soumis à examen²⁵³. À partir du sujet secondaire, qui devient un modèle, on peut recevoir des informations pertinentes sur le sujet primaire (la lumière et madame Siddons), déduire des conclusions, formuler des hypothèses, partager des connaissances et les confronter à d'autres modèles.

Dans ses *Discours concernant deux sciences nouvelles*²⁵⁴, Galilée, se penchant sur un problème de cinématique, compare les temps et les distances parcourues par le même objet se déplaçant en accélération et à vitesse uniformes. Il établit que les distances parcourues dans les deux cas sont égales si, en partant du repos, l'objet en accélération uniforme atteint une vitesse double par rapport à la vitesse uniforme de l'autre. Pour prouver son propos²⁵⁵, Galilée utilise une représentation qui consiste à rapporter sur un diagramme simple la distance et le temps en tant que lignes, les intervalles et les degrés de vitesse en tant que segments et rectangles, et à construire une démonstration géométrique axée sur les rapports entre les diverses parties. La façon dont procède sa stratégie démonstrative emploie donc non tant l'objet réel (le mobile en mouvement), mais sa représentation géométrique (les rapports entre les parties de sa représentation) qui lui fournit les outils pour énoncer et prouver son propos. Un problème de cinématique devient ainsi un problème de géométrie et il ne s'agit plus de représenter deux mobiles en mouvement, mais d'utiliser une représentation géométrique qui devient ainsi une représentation-en, en tant que sujet secondaire qui parle d'un sujet primaire. Ce faisant Galilée applique un transfert qui transforme des objets réels en objets de représentation, construisant ainsi un modèle doté d'une dynamique interne, la géométrie, apte à lui fournir les ressources nécessaires pour construire une démonstration.

La représentation-en rend compte également du fonctionnement des célèbres diagrammes de Feynman utilisés pour représenter et calculer les propriétés des particules, où les mouvements et les interactions sont représentés par des segments et des lignes ondulées, et

²⁵³ Hughes écrit : « Like an analogical representation, it presents us with a secondary subject that has, so to speak, a life of its own. In other words, the representation has an internal dynamic whose effects we can examine. From the behavior of the model we can draw hypothetical conclusions about the world over and above the data we started with. », HUGHES, *op.cit.*, p. S331.

²⁵⁴ Cet exemple nous est fourni par Hughes dans son article. Nous renvoyons à l'ouvrage de Galilée : GALILEI, Galileo. *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*. (1638) Leida (Pays Bas) Ed. Elzeviro. Trad. par Maurice CLAVELIN. Paris : Presses Universitaires de France, 1995. Épiméthée.

²⁵⁵ GALILEI, *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*, *op.cit.* p. 139-140 et surtout HUGHES, *op.cit.* p. S326-S329.

les déductions et les calculs sont dérivés des images. Bernard d'Éspagnat met en évidence la puissance et l'efficacité de ces diagrammes en affirmant que :

Ce procédé, qui équivaut à remplacer temporairement une formule longue et abstraite par une image, mobilise ainsi, au profit de la tâche à effectuer, les facultés de représentation visuelle (qui sont grandes) de notre cerveau. De ce fait, il facilite le calcul au point de rendre possibles des évaluations qui, autrement, seraient irréalisables²⁵⁶.

Le transfert qui conduit à la construction d'un sujet secondaire doté d'une dynamique interne est présent aussi dans des représentations plus éloignées des modèles géométriques ou diagrammatiques. Tel est le cas des objets matériels, servant toujours de modèles, employés pour simuler le comportement d'un phénomène et étudier ses propriétés. Si par exemple on utilise une cuve à ondes pour modéliser la lumière dans son comportement ondulatoire, les informations recueillies seront très similaires aux modèles mathématiques : elles conduisent à constater que la distance entre les franges d'interférence varie inversement avec la séparation des sources, et aussi avec la fréquence des ondes²⁵⁷.

3.3 Théorie inférentielle de la représentation

La représentation-en se pose comme instrument efficace pour expliquer le mode de fonctionnement d'une image dans le but d'apporter des informations pertinentes sur la cible examinée. Dans son mode opératoire, elle est encadrée par Hughes dans un système appelé DDI (Dénotation, Démonstration et Interprétation²⁵⁸) qui a pour fonction d'assimiler l'image – et la représentation – à un moyen qui permet de produire des modèles, déduire des conclusions et démontrer des concepts, et enfin de les interpréter en vue de reconduire cet ensemble d'informations à l'expérience et aux compétences de celui qui les reçoit. Le DDI de Hughes s'oriente donc vers une sorte de *raisonnement de substitution* qui, partant du modèle, la source de la représentation, éclaire sur une série de propriétés de la cible, l'objet de la représentation. Le principe étant simple, si l'on considère par exemple un scientifique ne pouvant pas reproduire l'objet de son étude à l'identique, parce que la cible est une étoile dans l'univers, ou un atome dans l'infiniment petit, il le reconstitue à partir d'un modèle matériel ou

²⁵⁶ ESPAGNAT, Bernard d'. *Traité de physique et de philosophie*. Paris : Fayard, 2002, p. 58.

²⁵⁷ HUGHES, *op.cit.* p. S332.

²⁵⁸ HUGHES *op.cit.*, en particulier p. S329-S335.

théorique²⁵⁹ capable de lui permettre de formuler des arguments afin d'élucider les caractéristiques et le comportement de la cible²⁶⁰. En conséquence, le fait que le modèle ressemble²⁶¹ à sa cible ou non, se révèle secondaire par rapport au fait qu'il permette de construire et de fournir des formulations d'arguments justes et des informations recevables sur l'objet de la représentation.

Le DDI de Hughes ne correspond pas, comme l'auteur l'indique lui-même²⁶², à une théorie de la représentation mais il fournit tout de même une explication approfondie du système de fonctionnement des théories physiques qui opèrent par modélisation. Sa grande qualité repose sur le fait de révéler que le système de fonctionnement d'une représentation agit par le biais d'un sujet secondaire qui est pourvu d'une dynamique interne, d'une sorte de vie propre, apte à fournir des informations et des déductions pertinentes sur le sujet primaire (cible). Ce *raisonnement de substitution* demeure le trait d'union entre représentation scientifique et artistique, comme l'exemple du tableau de Reynolds, cité par Hughes, a mis en lumière.

Toutefois, une théorie plus générale de la représentation, axée sur la même forme de *raisonnement de substitution*, est élaborée par Mauricio Suárez²⁶³. L'auteur espagnol critique la distinction essentielle, effectuée par Goodman²⁶⁴ et assimilée par Hughes, entre objet fictif et objet factuel dans le régime dénotatoire de la représentation²⁶⁵. La conception de Hughes ne prend pas en compte la représentation fictive, à savoir la représentation d'entités non existantes²⁶⁶, tandis que Suárez dans sa conception inférentielle, ne requiert aucune distinction

²⁵⁹ cf. paragraphe 4.2.2 pour les modèles en plastique (Kendrew) et dessinés (Geis et Furugren) qui ont représenté la structure interne des protéines.

²⁶⁰ Suárez et surtout Hughes voient en la personne de Heinrich Hertz un précurseur de ces théories fondées sur le raisonnement de substitution, parce qu'un modèle de système, selon Hertz, nous fournit une représentation telle que les « conséquences intellectuellement nécessaires » du modèle représentent les « conséquences naturellement nécessaires » du système. (Hertz *Prinzipien der Mechanik* de ([1894] 1956), cité par Hughes in HUGHES, *op.cit.*, p. S333.

²⁶¹ Nous avons examiné la similarité et ses limites partant de la pensée de Nelson Goodman adopté par Hughes. Pour l'homologie et l'isomorphisme, voir : SUÁREZ, Mauricio. Scientific representation: against similarity and isomorphism. *International Studies in the Philosophy of Science* [en ligne]. Octobre 2003, Vol. 17, n° 3, p. 225-244. [Consulté le 2 janvier 2020]. DOI 10.1080/0269859032000169442.

²⁶² « I am not arguing that denotation, demonstration, and interpretation constitute a set of speech acts individually necessary and jointly sufficient for an act of theoretical representation to take place. I am making the more modest suggestion that, if we examine a theoretical model with these three activities in mind, we shall achieve some insight into the kind of representation that it provides. Furthermore, we shall rarely be led to assert things that are false. » HUGHES, *op.cit.*, p. S329.

²⁶³ SUÁREZ, Mauricio. An Inferential Conception of Scientific Representation. *Philosophy of Science* [en ligne]. 2004, Vol. 71, n° 5, p. 767-779. [Consulté le 22 janvier 2020]. DOI 10.1086/421415.

²⁶⁴ Toutefois l'auteur américain soutient que la fiction peut développer des vérités qui seraient d'un ordre métaphorique. Voir GOODMAN, Nelson. *Manières de faire des mondes*. Trad. par Marie-Dominique POPELARD. Paris, France : Gallimard, 2006, p.147-149.

²⁶⁵ SUÁREZ, An Inferential Conception of Scientific Representation, *op.cit.*, p. 770.

²⁶⁶ Puisque Hughes considère la dénotation comme la base de la représentation, l'objection qui se pose concerne les cas où la cible de la représentation n'a pas une individualité et une nature bien définie tel que l'électron, comme nous l'avons vu à p. 33. À ce propos, Buéno fait remarquer que : « le problème du système DDI est que sans identité - sans pouvoir identifier les objets auxquels nous voulons nous référer - il n'y a pas de *dénotation*. Nous ne pouvons pas dénoter un objet dont les conditions d'identité *ne* sont *pas* définies pour la simple raison que l'on

essentielle entre entité fictive et entité factuelle pour expliquer le mode de fonctionnement de la représentation. Cela conduit, d'un point de vue de l'intersection entre représentation artistique et scientifique, à une reconnaissance plus adéquate des possibilités heuristiques que l'apport des arts peut contribuer à développer. En effet, cette théorie suggère la prise de conscience que les deux domaines scientifique et artistique ne sont pas séparés par une sorte d'incompatibilité intrinsèque à leur nature respective, comme par exemple l'idée qui voudrait l'une comme un reflet de la vérité ou du réel et l'autre de la fiction, ou l'une comme le procédé rationnel, l'autre comme une manifestation de l'émotion. Il s'agit plutôt de réunir sous un même mode opératoire la capacité de la représentation de produire du sens, de fournir des informations et des déductions, autorisant ainsi les croisements et les superpositions possibles entre la sphère artistique et scientifique. Voyons cela de plus près.

Suárez indique que les deux caractéristiques irréductibles de la représentation sont : la *force* de la source et sa *capacité* à formuler un raisonnement de substitution. La première consiste à *conduire* un utilisateur compétent et informé à une considération sur la cible. Nous ne sommes pas encore en capacité de formuler un raisonnement de substitution, ce qui arrivera par la suite ; nous sommes encore dans le processus qui établit un lien strict entre la source et la cible. Ce lien ne s'établit pas par simple stipulation ou décret, à savoir de manière arbitraire, comme ce serait le cas pour les théories dénotatives telles que celle de Goodman où l'on peut décréter, théoriquement, que tout type de source peut représenter tout type de cible. La force dans le cas de Suárez se fonde sur un consensus construit par des agents informés et spécialisés dans une discipline, afin de lui conférer un statut d'objectivité et d'efficience. L'usage, en tant que pratique apte à faire fonctionner efficacement la source dans sa liaison avec la cible, et l'utilisation, en tant que succès dans l'emploi que celle-ci peut obtenir, alimentent la force de la source. L'auteur précise :

La force est une propriété relationnelle et contextuelle de la source, fixée et maintenue en partie par les utilisations représentationnelles prévues de la source de la part des agents : aucun objet ou système ne peut être considéré comme possédant une force de représentation en l'absence de telles utilisations²⁶⁷.

ne sait pas clairement à quel objet nous nous référons ». Ainsi le DDI de Hughes apparaît incomplet ou du moins pas en mesure d'expliquer les phénomènes dont les éléments constitutifs n'ont pas une identité précise. Nous traduisons : « The trouble for the DDI account is that without identity—without being able to individuate the objects we want to refer to—there's no *denotation*. We can't denote an object whose identity conditions are *not* defined for the simple reason that it is not clear which object we are referring to. » in : BUENO, Otávio. *Representation at the Nanoscale. Philosophy of Science*. The University of Chicago Press, Philosophy of Science Association, 2006, Vol. 73, n° 5, p. 617-628. DOI [10.1086/518331](https://doi.org/10.1086/518331). P. 621.

²⁶⁷ Nous traduisons : « Force is a relational and contextual property of the source, fixed and maintained in part by the intended representational uses of the source on the part of agents: No object or system may be said to possess representational force in the absence of any such uses. », in : SUÁREZ, *An Inferential Conception of Scientific Representation, op.cit.*, p. 768.

De plus, la même source peut ne pas avoir la même force si elle change de contexte car sa capacité à conduire un agent compétent vers la bonne cible risque de ne pas produire les mêmes résultats ou le même degré d'efficacité. Une structure hélicoïdale peut bien conduire un agent à représenter un ADN, mais elle n'est pas forcément applicable au même titre à d'autres secteurs de la microbiologie cellulaire.

Si la force est la condition exigée pour qu'une source représente la cible, la seconde condition repose sur le raisonnement de substitution qui se compose des inférences que des agents informés et compétents *peuvent* déduire sur la cible à partir de la source. Naturellement, toutes les déductions n'ont pas la même valeur ni la même efficacité, la stratégie adoptée par cette théorie est déflationniste ou minimaliste, car elle trie et réduit l'ensemble des conclusions potentiellement pertinentes à celles qui sont en adéquation avec les théories et les connaissances des agents.

La théorie inférentielle de Suárez soutient que la représentation ne doit pas être nécessairement complète ou exacte ou vraie, car il n'y aurait pas de sens de parler de complétude ou d'exactitude pour un graphique ou un diagramme qui représente leur cible. On peut dire que les résultats ou les conclusions auxquels les graphiques ou les diagrammes conduisent sont exacts ou complets par rapport à des référentiels, ou trouvent une adhésion plus ou moins stricte aux observables. Toutefois la visée de la représentation notamment scientifique demeure pragmatique car les opérations sont menées afin de produire des résultats épistémiques qui dépendent de l'objectif et du contexte de l'enquête particulière.

Tout aussi bien que dans le cas scientifique, du côté artistique la théorie ne conçoit pas la représentation comme un miroir²⁶⁸, car la source peut être dissemblable de la cible tout en fournissant des informations correctes et pertinentes sur son sujet. À ce propos, l'exemple évoqué par l'auteur est conceptuellement similaire à celui proposé par Hughes, car Suárez propose le *Portrait d'Innocent X* peint par Vélasquez²⁶⁹. Cette toile nous permet de déduire certaines qualités personnelles du pape, son apparence physique et certaines des propriétés de l'Église catholique en tant qu'institution sociale, bien que pour les saisir il soit nécessaire de posséder une connaissance spécifique du contexte social et historique dans lequel le tableau a été réalisé²⁷⁰.

²⁶⁸ Suárez traite la ressemblance et l'isomorphisme de manière similaire en les associant à un effet miroir. SUÁREZ, *An Inferential Conception of Scientific Representation*, *op.cit.* p. 773.

²⁶⁹ Il date de 1650 et il est conservé à la Galerie Doria-Pamphili à Rome. L'image est disponible à l'adresse Internet : [consulté le 5 septembre 2020] <https://www.doriapamphilj.it/portfolio/velazquez/>

²⁷⁰ Nous paraphrasons : « The Velazquez canvas allows us to infer some personal qualities of the Pope and some of the properties of the Catholic Church as a social institution, as well as the Pope's physical appearance. But the drawing of these inferences requires a fair amount of knowledge about the social and historical context in which

Il est à noter que la conception de Suárez semble se fonder en bonne partie sur le rôle de l'agent. En effet, dans la première caractéristique (la force) l'agent, en fonction de ses compétences, possède la fonction active de déterminer si la source se dirige vers la cible et comment elle peut le faire. Dans la seconde caractéristique (l'inférence) le rôle de l'agent semble tout aussi important dans la mesure où les déductions proviennent de sa capacité à interpréter correctement la source pour produire des inférences. Cependant, Suárez souligne qu'il faut séparer les deux conditions qui sont force et l'inférence, et les considérer comme logiquement indépendantes. Cela conduirait l'agent à être déterminant pour la force et moins décisif pour l'inférence comme dans l'exemple de la situation suivante :

C'est une expérience familière, en présence d'une toile, de sentir que l'on n'est pas dans la position épistémique de pouvoir tirer les inférences pertinentes, tout en étant conscient du caractère représentatif de la toile. Pour nous aussi, le tableau est représentatif, même si nous ne réalisons pas les inférences, car nous apprécions qu'il possède une force représentative²⁷¹.

Cette théorie admet ainsi de nombreux points de contacts entre la représentation scientifique et artistique. Elle prend en compte le fait que quel que soit le moyen de représentation, matériel ou numérique, graphique ou diagrammatique, sculptural ou pictural, figuratif ou abstrait, la représentation peut s'accomplir en répondant aux deux conditions de la force et de l'inférence.

De plus, si la condition de la force est déterminée par les compétences des agents, cela évite de viser la mauvaise cible dans la représentation et, concernant l'inférence, il est admis que les déductions dérivent de la source pour fournir des informations sur la cible, mais il n'est pas exigé qu'elles soient toutes vraies, car elles peuvent être logiquement correctes mais ne pas trouver de confirmation dans les observables ou par rapport à d'autres systèmes de référence. En ce sens, on peut remarquer le même mode de fonctionnement que la conception de Hughes mettait en évidence parce que, en reprenant le même exemple concernant le tableau de *Mme Siddons en muse de la tragédie* de Reynolds, nous pouvons déduire logiquement que les deux

the painting came to be produced. », SUÁREZ, *An Inferential Conception of Scientific Representation*, *op.cit.* p. 777.

²⁷¹ Nous traduisons : « It is a familiar experience, in the presence of a canvas, to feel that one is not in the epistemic position to be able to draw the relevant inferences, yet to be simultaneously aware of the representational character of the canvas. The painting is representational for us too, even if we do not carry out the inferences, since we appreciate that it possesses representational force. » *ibid.* Suárez précise que sa conception inférentielle exige que la source ait la structure interne pour permettre à des agents informés de tirer correctement des conclusions sur la cible, mais elle n'exige pas qu'il y ait des agents qui le fassent effectivement (p. 774-775). De plus, compte tenu du fait que la représentation en général est un concept très vaste qui vise à couvrir un très grand nombre de cas particuliers, il s'autorise à indiquer les conditions nécessaires pour qu'elle se réalise et non les conditions suffisantes (p. 771).

figures allégoriques derrière le personnage principal puissent dériver raisonnablement de la chronique de Hollinshed, sans pour autant prétendre que cela soit conforme aux intentions du peintre dont d'autres modèles, conceptions ou informations peuvent faire la lumière écartant ainsi notre simple hypothèse.

En outre, la théorie inférentielle de Suárez ne prévoit pas que toutes les vérités sur la cible soient trouvées par inférence à partir de la source. Il est tout à fait imaginable que certaines propriétés seront plus facilement déduites que d'autres, et que certaines resteront dans l'ombre parce que la source ne permet pas de les dégager par raisonnement et compétence.

Ainsi conçue, cette théorie permet non seulement d'établir une convergence entre le mode de fonctionnement de la représentation artistique et scientifique, mais elle autorise une déduction supplémentaire. En effet, il ne semble pas qu'il y ait une catégorie de sources qui, a priori, soit plus adéquate à représenter certains types de cible, même si on peut penser le contraire. Si l'on considère les mondes de l'infiniment petit, on imaginerait que seules les formules mathématiques et notamment celles de la mécanique quantique, soient capables d'en faire une description appropriée et d'en déduire des propriétés et des comportements. En revanche, les diagrammes de Feynman sont d'une redoutable efficacité, et ils n'appartiennent point à la même catégorie de représentations que les formules mathématiques²⁷². De manière similaire, dans un domaine plus atteignable par notre vue, tel que l'anatomie du corps humain, on imaginerait que la source la plus sûre et complète pour montrer les propriétés des organes internes et invisibles du corps soit la photographie. Et en fait, ce sont plutôt des dessins élaborés d'une manière similaire à celle de Vésale qui sont utilisés encore aujourd'hui pour désigner leur cible dans les livres de médecine. Bien sûr et malgré tous ses efforts, Madame Siddons ne serait probablement pas pour autant la candidate idéale pour représenter les particules du microcosme ni l'épine dorsale d'un être humain, mais ce que cela nous permet de déduire est que la cible ne prévoit pas une catégorie spécifique de sources pour être correctement représentée.

Ce qui semble l'emporter sur le plan scientifique, c'est l'attitude pragmatique qui conduit à obtenir des résultats et des déductions fiables et vérifiables d'une source. Si l'on garde ce présupposé, l'intérêt de choisir une source se déplace sur la force qui, selon la théorie de Suárez, *dirige* le scientifique vers une cible pour pouvoir en déduire des propriétés. Or, que la source soit de nature diagrammatique, photographique, picturale ou autre, ne semble pas constituer une limite, ce qui compte demeure l'ensemble des déductions pertinentes et potentielles que l'on peut en tirer. Par conséquent, la préférence d'une source à une autre est

²⁷² On arrive à la même conclusion en considérant le modèle en ruban. Voir la seconde section du chapitre 4, en particulier paragraphe 4.2.1 et 4.2.4.

bien sûr adoptée en fonction des informations générales qu'elle peut donner, mais elle semble aussi conditionnée par les utilisations courantes, admises et conventionnelles, qui sont établies par les utilisateurs. Ce qui conduit à imaginer que d'autres sources, par exemple issues du monde artistique, peuvent percer la barrière qui sépare ces deux domaines pour s'adapter et servir au domaine scientifique. Bien que cela puisse apparaître difficile à concevoir, à un examen théorique plus attentif, il ne devrait pas nous sembler si énigmatique de supposer que des éléments ou des motifs artistiques puissent être retenus par des scientifiques afin de faire correspondre des idées ou des propriétés d'un objet à des formes dérivant du répertoire artistique. Si les utilisations courantes dans un secteur spécifique du monde scientifique fournissent des modèles dont l'usage est consolidé, rien n'empêcherait que de nouveaux modèles, inédits en tant que sources, puissent faire leur apparition et satisfaire avec plus de conformité les idées que le scientifique souhaite proposer et rendre efficacement. L'obstacle qui se poserait éventuellement, n'est pas uniquement de l'ordre de l'*invention* mais aussi de l'*acceptation* que la communauté des autres agents pourrait approuver ou refuser selon des critères liés à l'usage, à l'efficacité, à la transmission des informations et au potentiel des déductions que la nouvelle source comporte ou implique.

Cet aspect semble être pris en compte, même si c'est de manière non explicite, à partir du moment où l'auteur affirme que la force et l'inférence peuvent être traitées de manière logiquement indépendante. Si l'on peut déduire de nouvelles propriétés d'un nouveau modèle ou si celui-ci a la capacité de permettre une visualisation plus efficace des informations sur la cible, sa candidature à devenir un modèle de référence dans les utilisations courantes devient appropriée.

Dans cette direction nous examinerons le cas emblématique des dessins en ruban²⁷³ qui utilisent une forme de visualisation qui apparaît très éloignée des modèles scientifiques habituels et aujourd'hui encore couramment employés dans les articles de microbiologie. Cependant, avant de consacrer notre attention à cet exemple, il demeure nécessaire d'affronter un peu plus spécifiquement les notions d'interprétation et d'objectivation qui sont à la base du travail que les scientifiques adoptent pour conduire leur expérience.

²⁷³ Nous y reviendrons au chapitre 4.

3.4 Le processus d'objectivation

Comme nous venons de l'examiner, la théorie de Suárez accorde une importance significative à l'interprétation de l'agent lui conférant un rôle essentiel dans le processus de *production de sens par image* de la représentation. C'est bien l'agent compétent qui dirige la force d'une source vers sa cible, c'est-à-dire qu'il est en mesure d'établir qu'une représentation correspond bien à un objet dont on peut montrer certaines propriétés pour déduire ensuite un certain nombre d'inférences.

Cependant, dans notre premier chapitre nous avons souligné que, selon les études psychologiques portant sur la perception, il existe toujours un décalage entre la représentation que l'individu construit dans son esprit et l'image supposée réelle de l'objet qu'il veut connaître. Chris Frith met en lumière la manière dont la connaissance du monde physique, construite par notre cerveau et modelée par nos sens, est essentiellement subjective²⁷⁴. Stanislas Dehaene pousse cette réflexion plus loin en la reliant à la science et il exprime des doutes quant à la supposée coïncidence entre un objet issu d'une théorie physique, tel que l'électron, sa réalité effective et l'image que le cerveau en donne. Le psychologue cognitiviste s'oriente vers une conception qui veut que, au final, une entité comme l'électron demeure une construction intellectuelle bien qu'elle soit reliée à un élément de réalité qui lui correspond dans le monde extérieur²⁷⁵.

Il semble donc qu'une friction, voire une opposition, se profile entre la capacité individuelle d'élaborer et de modéliser les éléments de réalité et l'objectivation nécessaire à toute démarche scientifique. Comment passer d'une connaissance particulière à une connaissance qui aspire à la totalité, ce qui est l'ambition première et essentielle de la science ? Autrement dit : comment concilier le subjectif à l'objectif ? Nous allons voir comment les deux

²⁷⁴ FRITH, Christopher D. Comment le cerveau crée notre univers mental. E-Book. Trad. par Mathias PESSIGLIONE. Paris : O. Jacob, 2007 2010. Chap. V.

²⁷⁵ Nous transcrivons la question (Q.) d'Etienne Klein et la réponse (R.) de Stanislas Dehaene. Q. : « Est-ce que l'électron existait avant que quelqu'un dise l'électron existe ? » R. : « Moi je pense effectivement que les physiciens ont parfois tendance à confondre leur modèle avec la réalité et à appliquer le même terme sans plus faire de distinction, ils peuvent le faire dans la mesure où le modèle est une tellement bonne représentation de la réalité mais si on fait attention aux termes il faut faire cette distinction, l'électron est une construction intellectuelle, il y a évidemment un élément de réalité qui lui correspond dans le monde extérieur, quelques choses qui résiste dans le monde extérieur, mais ça n'est pas identique à un électron tel qu'il existe dans une théorie physique. La théorie c'est la théorie, c'est dans le cerveau du physicien, l'électron dans le monde extérieur, c'est un objet partiellement cerné par cette modélisation du cerveau - on sait très bien d'ailleurs que les théories physiques ne cessent d'évoluer, qu'elles se bouleversent les unes les autres partiellement - donc il faut accepter que nos théories ne sont jamais parfaitement adéquates au monde extérieur. », KLEIN, Etienne. *La conscience est-elle devenue une affaire de science ?* Dans : La conversation scientifique par Etienne Klein France Culture [en ligne]. [s. d.]. Diffusé le 20/02/2016, Paris, [59 min.]. [Consulté le 17 mars 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.franceculture.fr/emissions/la-conversation-scientifique/la-conscience-est-elle-devenue-une-affaire-de-science>.

dimensions s'unissent dans le processus de mise en image du fait scientifique qui se déroule par étapes successives vers une objectivation progressive.

Afin de mieux éclairer cette démarche, il est apparu opportun de faire référence à l'étude sémiotique de l'image scientifique menée par Maria Giulia Dondero²⁷⁶. Bien que notre travail de recherche ne s'appuie pas sur la méthode sémiotique, son analyse se révèle particulièrement adaptée pour mettre en lumière les diverses étapes qui conduisent de l'expérience scientifique à sa mise en image.

Dans le domaine de l'invisible, Dondero met en avant la manière dont ce processus permet avant tout à la cible d'être objectivée, à savoir d'acquérir une forme passant d'un état de données instrumentales, que l'agent interprète, à celui d'une réalité extérieure correspondante, susceptible d'être partagée et communiquée. Plus précisément, en se référant à Jean-François Bordron²⁷⁷, Dondero montre comment quatre étapes sont applicables à ce processus de construction de l'image : la première est celle d'établir un référentiel, à savoir un système de coordonnées et de repères pour que l'image puisse être lue et comprise correctement. Préalable à toute démarche ultérieure, le référentiel pose les bases ou l'alphabet technique pour que le regardant puisse trouver une logique et un sens à l'ensemble des composants qui déterminent le contenu de l'image. En référence à Suárez, les capacités à pouvoir l'assimiler correctement font partie des compétences que l'agent met en œuvre pour l'interpréter selon les schémas établis par sa discipline. Dondero nous indique que le référentiel : « incarne et stratifie en lui-même un ensemble de théories stabilisées et d'hypothèses²⁷⁸ » et sera opérationnel pour conduire la recherche.

La deuxième étape est une recherche d'indices et consiste à mettre en forme des hypothèses, à démontrer un propos ou invalider une proposition par le moyen d'une image qui commence à se composer à cet effet. Conçue comme une étape de questionnements, elle conduit à la formation d'une série de *traces* d'un phénomène qui seront à développer pour constituer un cas concret et visualisable.

La troisième étape, appelée iconisation, s'applique à une stabilisation progressive des formes sur la base des indices précédemment conçus. Il s'agit ici « de donner une organisation la plus stable et profitable possible [...] aux questionnements posés par l'indicialité²⁷⁹ », insérant l'ensemble des signes de l'image dans le cadre des règles représentationnelles et expérimentales de la discipline à laquelle elle appartient.

²⁷⁶ DONDERO, Maria Giulia. Sémiotique de l'image scientifique. Signata [en ligne]. Décembre 2010, n° 1, p. 111-175. [Consulté le 18 mars 2020]. DOI 10.4000/signata.291.

²⁷⁷ *id.*, p. 118-119. Pour les ouvrages cités de Bodron (2009) voir bibliographie p. 171.

²⁷⁸ *ibid.*

²⁷⁹ *ibid.*

La quatrième étape, appelée identification, vise à constituer l'objet de l'image en tant que *totalité* stabilisée susceptible d'être reconnue par la communauté des scientifiques. Cette dernière étape constitue une forme de symbolisation accomplie dans un ensemble de règles, conventions et communications institutionnalisées permettant à chaque image « d'être considérée comme le produit négocié d'une pratique productive collective — produit justifiable et reproductible — et ensuite [de] faire l'objet d'une reconnaissance et d'une diffusion institutionnelles²⁸⁰ ».

Bien que la dimension symbolique traverse toutes les étapes indiquées ci-dessus, ce processus de construction de l'image met en lumière la manière dont il appartient à l'agent de *négocier* constamment son idée d'origine qu'il veut démontrer avec les pratiques d'usage qui relèvent de sa discipline. La procédure de stabilisation de l'image implique une concordance de plus en plus accomplie entre la thèse proposée par l'agent et les normes acquises qui permettent à d'autres scientifiques de pouvoir saisir avec exactitude et complétude l'idée proposée. De plus, l'institutionnalisation permet de garantir la plus large diffusion et autorise la reprise de l'image habilitant la communauté scientifique à continuer son développement soit par des corrections et des améliorations, soit par une remise en discussion de sa validité ou de son efficacité par rapport à l'objet représenté.

Ces quatre étapes révèlent un processus d'élaboration de l'image qui part du particulier, l'idée que le scientifique veut démontrer et mettre en image, pour atteindre l'universel, à savoir l'ensemble de la communauté qui est en mesure d'examiner sa proposition. L'accord entre l'idée subjective et son objectivation se trouve grâce à un ensemble de codes fourni par la discipline et une concertation qui, de manière générale, s'élargit progressivement de l'individu à son équipe de recherche pour enfin pouvoir rejoindre le plus grand nombre de ses pairs.

Si nous considérons ces quatre étapes et le processus de mise en image qu'elles dévoilent, deux questions nous viennent à l'esprit sur le rapport art-science : l'artiste peut-il devenir un agent compétent et dans quelle mesure interviendra-t-il dans le processus pour construire son œuvre ? Et le scientifique a-t-il la possibilité d'introduire dans le processus de mise en image des éléments artistiques sans bouleverser la chaîne des étapes qui conduit à l'acceptation de son propos et à son institutionnalisation ?

Le fait qu'un artiste, qu'il soit un scientifique qui se consacre à l'art ou bien un artiste qui s'intéresse à la science, quel que soit son degré de compétence concernant la science, une fois son œuvre réalisée et achevée, il interrompt instantanément le processus de modification et d'évolution du processus de mise en image. En effet, comme Dondero le suggère²⁸¹, une fois

²⁸⁰ *id.*, p. 120.

²⁸¹ DONDERO, *op.cit.*, p. 153.

l'œuvre d'art terminée elle subit un processus de sacralisation dans la mesure où toute modification et correction à venir sont arrêtées, et une fois la signature de l'auteur posée toute intervention ultérieure sera empêchée. Les images scientifiques destinées à la vulgarisation fonctionnent de manière similaire : dès lors que le processus de mise en image est terminé, elles sont publiées et ne seront plus alors manipulables par d'autres scientifiques afin de les utiliser comme point de départ pour d'autres recherches²⁸². En effet, les transformations apportées à ce genre d'image s'écartent des critères établis par la recherche scientifique, car les conditions de production ne sont pas précisées, et visent davantage un effet relevant de la sphère de la perception du beau, de la surprise ou de la stupeur.

Par analogie, les images appelées vues d'artiste se situent entre l'image scientifique et l'image artistique, puisqu'elles se réclament d'un fait scientifique qui est explicité par une image non scientifique généralement construite à la main, ou numériquement, par un illustrateur ou un artiste²⁸³. Ce genre d'image adhère, au même titre que celui de la vulgarisation et celui à visée artistique, à une *rupture* de la chaîne de développement empêchant l'image d'être reprise et d'évoluer vers d'autres recherches et publications scientifiques. L'œuvre artistique, la vue d'artiste et les images scientifiques destinées à la vulgarisation semblent donc toutes répondre à une interruption de la chaîne de développement n'adhérant pas aux mêmes critères requis pour l'institutionnalisation qui permet une reprise et une circulation de l'image scientifique. Ces trois genres semblent donc relégués à une position subalterne, voire étrangère, à tout type d'intervention qui pourrait influencer la production et l'évolution de l'image scientifique.

Nous examinerons les influences possibles et la manière dont les images artistiques peuvent avoir un impact sur le processus de communication scientifique²⁸⁴. De plus, nous irons à la recherche de l'origine artistique d'un des modèles couramment employé en microbiologie²⁸⁵. Avant de nous y consacrer il est nécessaire de préciser un peu plus le processus d'objectivation et de traiter ensuite de la notion d'interprétation, qui nous conduira à mieux évaluer l'incursion de l'élément artistique dans l'image scientifique.

L'objectivation semble relever aussi d'un sens plus profond. La question du rapport entre subjectif et objectif est susceptible de se polariser autour de deux positions distinctes²⁸⁶ :

²⁸² *Id.*, p. 127. Nous reviendrons sur ce sujet dans le chapitre 5. Voir en particulier p. 223-224.

²⁸³ Nous n'allons pas adopter des critères pour distinguer l'illustrateur de l'artiste traditionnellement imaginé. L'un et l'autre seront donc traités dans le même statut d'artiste quel qu'elle soit leur profession. Ce qu'il nous semble plus approprié est de distinguer le scientifique de l'artiste.

²⁸⁴ Voir chapitre 4, en particulier paragraphes 4.1.3 et 4.1.5.

²⁸⁵ Voir chapitre 4, en particulier paragraphes 4.1.2, 4.2.1 et 4.2.3.

²⁸⁶ La réflexion de Schérer sert de base à notre interrogation, voir : SCHÉRER, René. Sur la philosophie

l'une qui considère le monde comme unique, existant en soi (au-delà de la perception que nous en avons) et que l'on peut atteindre par la connaissance, notamment scientifique qui est d'ordre universel et nécessaire ; l'autre considère que la connaissance du monde ne peut que passer par la pensée et les catégories de l'entendement. Dans ce dernier cas, l'objectivité ne peut que devenir un *processus* d'objectivation du fait que le monde n'est pas un objet extérieur et indépendant du sujet.

Dans le premier chapitre²⁸⁷ nous avons émis des doutes quant à la possibilité que la représentation scientifique puisse atteindre la réalité en soi²⁸⁸. Cependant, un épistémologue pourrait nous objecter que si l'image n'en a pas les moyens, les sciences possèdent des outils comme les mathématiques qui sont en mesure d'apporter cette connaissance²⁸⁹. La position de René Schérer fournit une réponse indirecte en soutenant que la science « forme des concepts abstraits dont la concordance avec une réalité n'aurait de sens que si l'on admettait l'existence en soi d'un monde intelligible ; mais alors, le fait que nous soyons affectés par une réalité intelligible, purement pensée, devient un mystère²⁹⁰ ».

Ce débat philosophique et épistémologique dépasse le cadre de cette thèse. Plus modestement, nous avons tenu compte de l'apport de la psychologie cognitive qui semble apporter des propositions plutôt en faveur d'une approche similaire à la seconde position, pour laquelle il n'y a pas de véritable différence entre le sujet et le monde, ni une connaissance vraisemblablement objective au sens qu'elle s'affranchit complètement du sujet. Chris Frith résume cette position cognitiviste en soulignant que :

La distinction entre monde mental et monde physique est artificielle. C'est une illusion créée par notre cerveau. Tout ce que nous savons, que ce soit à propos du monde physique ou du monde mental, nous vient de notre cerveau. Mais notre cerveau n'est pas plus directement connecté avec le monde physique des objets qu'avec le monde mental des idées. En nous dissimulant certaines des inférences inconscientes qu'il effectue, notre cerveau crée l'illusion que nous avons un contact plus direct avec les objets du monde physique. Et simultanément notre cerveau crée l'illusion que notre propre monde mental est isolé et privé. À travers ces deux illusions, nous nous percevons comme des agents, agissant indépendamment sur le monde. Mais, en même temps, nous pouvons partager notre expérience du monde. Au fil des millénaires, cette capacité à

transcendantale et l'objectivité de la connaissance scientifique. *Revue de Métaphysique et de Morale* [en ligne]. Presses Universitaires de France, 1957, Vol. 62, n° 4, p. 436-464. [Consulté le 10 avril 2020]. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/40900153.

²⁸⁷ Voir Chapitre 1, paragraphe 1.1.3.

²⁸⁸ Schérer semble appuyer notre propos : « En effet, la critique considère que l'adéquation de la connaissance à la chose ne peut être que postulée, puisque sa preuve exigerait que nous soyons déjà en possession d'un critère de l'adéquation, c'est-à-dire de l'objectivité, ou, en d'autres termes, que, dans l'acte de la connaissance, nous puissions échapper aux conditions de la connaissance. » SCHÉRER, *op.cit.*, p. 436.

²⁸⁹ Voir le débat entre Michel Bitbol et Quentin Meillassoux évoqué dans le chapitre 1, paragraphe 1.2.1.

²⁹⁰ SCHÉRER, *op.cit.*, p. 436.

partager les expériences a créé la culture humaine qui, en retour, a modifié le fonctionnement du cerveau humain²⁹¹.

Ce passage met en évidence à quel point le rôle du cerveau est important. D'après les recherches de cette branche de la science, il serait donc plus envisageable de reconnaître le rôle du sujet dans la construction du monde et se pencher sur les modalités qui permettent d'édifier un processus d'objectivation afin de définir les conditions de la connaissance scientifique en termes d'assimilation, de découverte et de production de l'information.

Une objectivation ne peut d'ailleurs s'effectuer sans *l'autre*, à savoir le collaborateur avec qui dans le laboratoire la découverte a lieu, le lecteur idéal qui doit interpréter un article scientifique ou l'auteur d'une information qui doit trouver les moyens de la partager au sein de la communauté scientifique. Il s'agit donc de constituer un terrain d'entente entre individus. Cet accord collectif qui s'effectue dans la communauté scientifique mais aussi de manière plus générale dans la société tout entière, conduit à fixer une série des paramètres qui sont à la base des jugements et des inférences que nous pouvons émettre. Dans le domaine de la perception, il existe un socle perceptif commun qui sert de base à une entente collective et s'identifie dans le fait d'admettre que ce que nous percevons est globalement juste et recevable, tel que le fait par exemple de voir la même couleur ou une même forme sur un objet. Bien que nous ayons vu dans le premier chapitre que la perception n'a pas une valeur absolue²⁹², elle est nécessaire et préalable à toute construction d'un fait empirique. De même dans le domaine de la culture, il existe des *règles* que l'on établit pour qu'il puisse y avoir une base commune de compréhension et de communication comme le fait d'attribuer un sens premier à un mot, ce que l'on appelle un sens littéral, ou une langue commune pour pouvoir échanger. Cela ne garantit pas que l'entente puisse s'effectuer correctement mais elle pose les bases pour que la construction préliminaire d'un sens et de sa communication puisse avoir lieu.

Nous avons considéré dans ce paragraphe, comment le processus de construction de l'image s'objectivise par étapes successives. Nous allons à présent examiner comment s'effectue l'interprétation scientifique, par quels moyens elle tend à l'objectivation et quelles différences elle demande par rapport à l'interprétation artistique.

²⁹¹ FRITH, Christopher D. Comment le cerveau crée notre univers mental. E-Book. Trad. par Mathias PESSIGLIONE. Paris : O. Jacob, 2007 2010. Prologue « Les vrais scientifiques se moquent de l'esprit », paragraphe « Comment le cerveau crée le monde ».

²⁹² Chapitre 1, paragraphe 1.1.4.

3.5 L'interprétation

Si nous admettons l'idée de Goodman, déjà exposée précédemment²⁹³, pour laquelle le monde n'est que le produit de ses versions correctes, et que, en tout cas, dans un secteur spécifique, tel qu'une spécialité scientifique, où une version ne peut qu'être tributaire des versions représentatives antérieures, comment les interpréter de manière juste et pertinente ? L'interprétation dans la science est-elle autonome, différente et incompatible en rapport avec celle de l'art ? Le sujet connaisseur n'est-il pas unique et identifiable à une personne qui puise dans ses ressources intellectuelles pour faire l'effort de comprendre la réalité du monde ?

Umberto Eco apporte à notre réflexion une contribution qui s'avère utile²⁹⁴. Pour l'interprétation d'un texte, il s'interroge sur les limites de l'acte interprétatif qui sont généralement identifiables à deux pôles opposés : d'un côté un sens littéral, définitif et autorisé susceptible d'épuiser ou de s'identifier entièrement avec le contenu d'un texte ; de l'autre côté un sens variable où l'interprétant peut lui attribuer tout type de signification et dont l'extension est théoriquement illimitée bien que contenue (et pas toujours) par une connexion logique qui relie le signifiant au signifié. Si le premier ne semble pas être suffisant car le langage nous fournit toujours quelque chose de plus que le sens supposé littéral et d'origine, le second risquerait de nous conduire vers un relativisme total où toute entente entre personnes serait impossible.

L'auteur italien fournit alors un outil de pensée pour l'interprétation qui, au-delà d'un texte, peut être appliqué à la représentation en général grâce au fait que l'acte représentatif se fonde sur trois composants qui agissent entre eux :

- a) un auteur qui produit un document écrit ou visuel ;
- b) une communication qui sort de ce document ;
- c) un lecteur ou un récepteur qui doit la recevoir et l'interpréter.

Au point a) nous pouvons faire correspondre l'*intentio auctoris*. Qu'il soit écrivain, sculpteur, peintre ou scientifique, on peut postuler que celui qui produit un document destiné à être lu (un texte) ou regardé (un tableau, un film, un ballet, etc.) possède une intention qu'il veut communiquer au lecteur. Nous pouvons aussi admettre que l'auteur puisse imaginer une stratégie de communication en composant son œuvre, qui consiste à supposer que le lecteur

²⁹³ Chapitre 1, paragraphe 1.2.1.

²⁹⁴ Nous nous référons notamment aux chapitres I et III de : ECO, Umberto. Les limites de l'interprétation. Grasset. Paris, 2014. Edition originale datant de 1990. Format ebook.

idéal sache préalablement la lire et puisse ensuite l'interpréter correctement selon les éléments textuels ou visuels que l'auteur lui fournit. L'histoire de l'art et la littérature par exemple ont consacré beaucoup d'efforts, et dédient encore aujourd'hui une partie de leurs études à la recherche de l'intention de l'auteur par des recherches biographiques et des propos d'artiste qui sont censés nous éclairer sur ses intentions. Toutefois, même quand on a la chance de détenir des déclarations, des écrits ou des témoignages, il s'avère que souvent l'auteur n'est pas le meilleur interprète de lui-même, et les informations sur sa vie ne nous offrent pas toujours de bonnes indications sur ses intentions. Pour cette raison, ce qui est indispensable et reste le paramètre fondamental de toute recherche sur son intention demeure le document qui nous parle de l'auteur lui-même.

Au point b) correspond l'*intentio operis*, que nous pourrions résumer comme l'ensemble des significations que le document admet comme légitimes, selon les connaissances acquises, et légitimables à partir d'une stratégie du texte qui permet de nouvelles propositions interprétatives n'ayant trouvé ni confirmation ni infirmation. Le document possède en son sein une série d'indications qui guident le lecteur et lui fournissent des indices pour limiter les inférences selon des parcours établis auxquels il se réfère, parcours qui généralement relèvent d'une discipline particulière et sont conformes à elle. Il permet aussi des hypothèses et des conjectures qui, pour être acceptées, doivent faire référence à une cohérence interne du document lui-même, à un tout organique auquel ses diverses parties renvoient. Chaque lecture ne peut que se rattacher avant tout aux données proposées par le document qui imposent forcément des restrictions et des exclusions. Toutefois, l'*intentio operis* autorise des interprétations qui gardent une cohérence avec le document et qui peuvent attacher une importance secondaire, voire aucune, à l'*intentio auctoris* afin de générer des lectures inédites et l'avancement de la connaissance de l'objet du document.

Néanmoins non seulement un document ne communique rien sans l'intervention d'un lecteur compétent qui soit en mesure de le décoder mais, sans lui, il perd le pouvoir de signifier, car la signification n'est pas, strictement parlant, une propriété du document mais elle est extérieure dans la mesure où elle se construit dans l'esprit du lecteur.

Au point c) correspond l'*intentio lectoris* qui réunit l'ensemble des opérations interprétatives que le lecteur met en place pour construire la signification générale d'un document et ses significations secondaires ou particulières. Celles-ci s'expriment par des parties de l'unité comme, par exemple, chaque personnage dans une scène d'intérieur d'un tableau ou les divers chapitres qui composent un roman.

Puisque nous admettons qu'il existe une *intentio auctoris* et qu'elle doit être communiquée, dans un document elle prend la forme des *traces*, qui ont divers modes

d'expression : implicites ou explicites, picturales ou écrites, métaphoriques et allégoriques ou littérales, etc. Par ces traces l'auteur demande et présuppose une collaboration active avec le lecteur. Il requiert des compétences élémentaires comme la connaissance de la langue dans laquelle il écrit ses règles ou ses conventions (langage ordinaire, mathématique, picturale, etc.), ainsi que des compétences spécifiques telles que des connaissances précises sur le domaine dont il parle et auquel il fait référence. Mais dans un document nombreux sont les implicites, les allusions et les renvois cachés qui peuvent peser lourdement sur sa compréhension. Il est encore demandé au lecteur d'intervenir, de combler ces non-dits, de résoudre des ambiguïtés et d'émettre des inférences nécessaires à la cohérence du document.

Les opérations interprétatives du lecteur jusqu'ici évoquées convergent vers l'intention de reconstruire au mieux ou le plus fidèlement possible l'intention de l'auteur. Toutefois, le lecteur peut y renoncer et appliquer au document une interprétation libre qui dépasse l'*intentio auctoris* ou qui ne la prend même pas en compte. C'est ainsi que le lecteur peut projeter sur le document ses désirs, ses pulsions, ses déductions et ses jugements personnels sans se soucier d'une quelconque cohérence ou une compatibilité avec l'*intentio auctoris*. Délivré de tout lien avec l'auteur, le lecteur peut franchir aussi certaines restrictions que l'*intentio operis* imposait, telles que des références au domaine du document ou à la cohérence interne de l'objet du document. Cette conduite arbitraire qui pourrait déboucher sur à une interprétation fantaisiste et injustifiée, recèle au final une opération mentale qui peut s'avérer fort efficace dans notre étude car elle autorise la construction d'un pont entre art et science. Elle conduit à secouer une imagerie visuelle scientifique établie et elle engendre la constitution d'un registre représentatif inédit qui peut devenir une référence dans la discipline scientifique²⁹⁵.

Le parcours interprétatif d'un document scientifique tend à faire correspondre le plus strictement possible *intentio auctoris* et *intentio lectoris*. Le but étant que l'information qui veut être communiquée par l'auteur parvienne au lecteur le plus fidèlement possible. Pour ce faire l'*intentio operis* doit fournir un maximum de restrictions et d'exclusions censées diriger l'attention du lecteur aux éléments qui, de manière presque exclusive, doivent guider son raisonnement. La technique utilisée dans la science pour rendre ces restrictions efficaces est le codage. Le message de l'auteur demeure ainsi communicable pour être reçu au mieux par le lecteur, idéalement la communauté scientifique, qui possède les codes pour le déchiffrer correctement. Le domaine de l'invisible dans la science est emblématique à ce sujet car il semble pouvoir donner un sens aux images principalement par l'usage d'une série de codes que les scientifiques apprennent à maîtriser et qui sont à la base de la construction du réel.

²⁹⁵ Nous reviendrons plus précisément sur ce point dans le chapitre 4, paragraphe 4.1.2.

Le codage dont on verra certaines caractéristiques dans le prochain paragraphe, n'est pas seulement révélateur des restrictions de l'*intentio operis*, mais il peut réclamer et solliciter une lecture interprétative collaborative pour construire le sens. Nous pouvons en effet considérer deux volets d'interprétation de l'image scientifique : le premier, plus classique et traditionnel, qui vise à transférer une connaissance d'un scientifique à l'autre et il est soumis au transfert d'une information de l'auteur au lecteur ; le second qui entre en jeu lorsque l'image dérive d'un objet inconnu, ou d'un phénomène inédit, et provient généralement d'un instrument scientifique comme un microscope ou un télescope. Si le premier offre un sens déjà stabilisé et acquis, transférable grâce aux codes consolidés par l'usage et spécifiques à chaque discipline, le second doit se construire à partir des informations qui s'affichent sur l'écran relié à l'instrument. Ce type de document ne possède pas d'*intentio auctoris* car il est le produit d'une détection et aucun agent ne l'a émis volontairement afin de produire un message. Il possède toutefois une logique causale qui reste à dévoiler et que la théorie relative à la discipline peut aider à discerner : s'il s'agit d'une tache, par exemple détectée par un télescope et paraissant sur la surface d'une planète gazeuse, la connaissance des mouvements de son atmosphère peut fournir des indications pour sa compréhension.

Devant un phénomène obscur ou nouveau, la théorie ne suffit pas à émettre une seule hypothèse solide, elle permet des inférences, des raisonnements et des explications mais un document de ce genre demande une pratique collaborative qui se consacre à générer parmi toutes les hypothèses possibles celle qui établit le rapport le plus strict entre la théorie et les images codées provenant de l'instrument de mesure. L'*intentio lectoris* devient ainsi une lecture collaborative à la recherche de la cause la plus probable qui relie le phénomène affiché par image codée à la théorie qui, elle, propose une série de possibilités interprétatives. « Interpréter, c'est construire et stabiliser un sens en nanosciences », écrit Allamel-Raffin²⁹⁶ et cette stabilisation s'opère par des séances d'interprétation des résultats expérimentaux. Il s'agit de séances régulières, qui durent plusieurs heures, et surtout auxquelles prennent part systématiquement les divers membres du laboratoire : ceux qui ont élaboré l'échantillon, ceux qui ont mis au point l'instrument de détection et d'autres scientifiques dans le but de réduire « des sens possibles à un seul sens pertinent²⁹⁷ ».

La convergence des lectures des agents vers la définition d'une cause unique visant l'identification d'un objet nouveau ou s'attachant à l'explication d'un phénomène inédit est à

²⁹⁶ ALLAMEL-RAFFIN, Catherine, Un exemple d'étude comparée des procédures interprétatives à l'œuvre dans les sciences de la nature et dans l'analyse des œuvres d'art, p. 107-122, in BEYAERT-GESLIN, Anne et DONDERO, Maria Giulia (dir.). Arts et sciences : Approches sémiotiques et philosophiques des images. Liège : Presses Universitaires de Liège, 2014. Cultures Sensibles, p. 117.

²⁹⁷ *Ibid.*

la base de l'interprétation scientifique. De même pour un document scientifique où est présent un auteur, une lecture strictement codée est nécessaire pour faire correspondre l'*intentio auctoris* à l'*intentio lectoris*. Si on compare ces deux types d'interprétation à celle que l'on peut donner à une représentation artistique, la distance entre les deux disciplines apparaît considérable²⁹⁸. On associe souvent l'art à une lecture polysémique en admettant que plusieurs significations attribuées à une œuvre peuvent être correctes et acceptables même si elles semblent en contradiction. Un historien de l'art nous dira qu'il privilégie l'*intentio auctoris* quand il faut attribuer un sens à une œuvre et les études de sa discipline visent à restituer la pensée de l'artiste ou à la reconstruire le plus fidèlement possible. Pourtant, un autre historien de l'art pourrait objecter que non seulement souvent, et presque toujours pour les œuvres de l'antiquité, nous ne possédons aucun document qui atteste l'intention de l'artiste mais quelquefois l'artiste lui-même ne prend pas parti, n'est pas clair dans ses propos ou est même contradictoire dans ses commentaires. D'ailleurs, on ne pourrait pas lui en faire reproche car son talent s'exprime davantage dans la production d'une œuvre d'art plutôt que dans son explication. C'est ainsi que beaucoup de disciplines ont surgi visant à discerner les sens possibles et admissibles en fonction des conditions matérielles et spirituelles du contexte dans lequel l'œuvre a été créée.

Se distinguant par les diverses approches en rapport avec ce contexte, elles peuvent privilégier l'aspect sociologique, historique, sémiotique, langagier, formaliste, iconologique, psychanalytique, etc. Quelquefois ces disciplines se croisent et tendent à fournir une lecture convergente de l'œuvre, quelquefois elles divergent et proposent des interprétations qui sont en désaccord, voire en opposition. De plus, au-delà d'une discipline avec ses règles et ses usages, ses références et ses restrictions, la lecture transversale de quelques savants éclairés, tel que Daniel Arasse, peut fournir des outils interprétatifs (dans son cas, une attention accrue aux détails ignorés ou secondaires générant du sens) tout aussi utiles et efficaces sur le plan de l'interprétation.

Par sa nature propre, l'œuvre d'art semble donc plus encline à *générer* des significations, bien que toutes ne soient pas admissibles et chaque discipline établit des normes pour les contenir et les rendre cohérentes à un discours unique. C'est d'ailleurs dans ce but qu'Umberto Eco parle d'économie de l'interprétation dans le sens que l'*admissible* consiste à trouver une cohérence entre la supposée *intentio auctoris*, et les informations que nous avons sur l'artiste et son contexte, et la concrète *intentio operis* qui admet une unité interne, un accord de ses parties et peut filtrer certaines lectures peu probantes.

²⁹⁸ Sur la différence entre interprétation artistique et scientifique voir ALLAMEL-RAFFIN, *op.cit.*, *passim*.

Dans le cas que nous allons présenter au prochain chapitre, nous allons voir que l'*intentio lectoris* joue un rôle crucial dépassant les limites raisonnables et acceptables de l'*intentio operis*, détournant les restrictions et appliquant une interprétation libre et strictement personnelle de la représentation²⁹⁹. Avant d'y arriver, il s'avère nécessaire de montrer comment certains codes issus du domaine culturel et artistique interviennent dans la codification des images scientifiques.

3.6 Les codes

Comme l'étude de Michel Mercier³⁰⁰ l'indique, dans l'infiniment petit, l'apparence d'un même objet change et se modifie selon que l'on utilise une microscopie photonique ou électronique, au point de ne plus pouvoir reconduire les images au même type d'objet si l'on n'a pas les codes pour le reconnaître³⁰¹. Le microscopiste français met en évidence que la production d'une image microscopique est soumise à un mode *opérateur* qui dirige le choix de l'instrument d'observation (ou de son mode de fonctionnement) et sa manipulation, et à un mode *préparatoire*³⁰² qui concerne les diverses modifications que l'on applique à l'échantillon avant de le soumettre à l'observation³⁰³. Les deux modes produisent des images du même objet qui sont fort différentes entre elles au point d'être incohérentes pour un lecteur non averti. Pour que l'image produise un sens scientifique recevable, il faut que le lecteur possède les compétences spécifiques pour décoder les images et reconnaisse non seulement l'objet en question mais aussi les caractéristiques que l'auteur veut mettre en lumière.

À ce propos, bien qu'on puisse admettre le changement d'aspect en fonction du mode opératoire, on pourrait rétorquer que si l'on modifie l'échantillon, il est évident que la supposée véritable forme d'origine change au point d'altérer l'image de l'objet. Encore que la modification demeure nécessaire afin que les propriétés de l'objet surgissent de l'image microscopique. Ce point de vue serait biaisé car il présuppose une connaissance qui reste

²⁹⁹ La biochimiste Richardson procède de cette manière lorsqu'elle interprète les œuvres artistiques pour les détourner à des fins scientifiques. Voir Chapitre 4, en particulier paragraphes 4.1.3.

³⁰⁰ MERCIER, Michel. Les images de microscopie électronique : construire un réel invisible, in : Culture Technique, n° 22, 1991, p. 25-34, [en ligne][Consulté le 1 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/29805>.

³⁰¹ « une fois franchie la limite de résolution du microscope photonique, le contenu significatif des images de microscopie électronique s'éloigne très rapidement de celui des images photoniques, ce qui aboutit bientôt à représenter des objets dépourvus de toute référence visuelle. » MERCIER, *op.cit.*, p. 26.

³⁰² Pour plus de détails sur l'opération de préparation du spécimen voir : MERCIER, Michel, La représentation constructrice image et objet en microscopie électronique, in : Cahiers art et science, Vol. 1, 1994 p. 55-71. p. 60.

³⁰³ Les modifications d'un spécimen en fonction des diverses techniques de la micrographie sont également indiquées par Bonazzi in Annexe 1 lignes 145-181.

unique et spécifique pour chaque objet, dans une direction qui partant de la vue parvient à la *vraie* forme de l'objet.

En réalité, l'objet change toujours d'apparence en fonction de l'instrument qui l'analyse et il n'a pas une forme préétablie et définitive. Que l'instrument soit un microscope, un télescope ou la simple vue que nous possédons, l'image que chacun de ces *instruments* est en mesure de fournir se construit autour de ses capacités, ses caractéristiques et ses limites.

Même si l'on voulait ignorer l'approche des psychologues cognitivistes cités, tels que Chris Frith et Stanislas Dehaene, selon lesquels l'image que nous percevons est le produit de notre cerveau et non pas une image *présente dans la réalité*, pareillement on peut considérer que l'instrument de la vue n'est pas fidèle à la réalité. Un exemple simple est donné par les diverses capacités de vue que les autres animaux possèdent. Aujourd'hui grâce aux techniques d'étude éthologique nous pouvons les examiner de manière approfondie. Nous savons que non seulement les animaux peuvent voir plus ou moins bien que nous, mais surtout leur système visuel fournit des images qui sont différentes des nôtres³⁰⁴. On peut alors se poser une question qui paraîtrait triviale : puisque les images d'un même objet produites par les deux systèmes visuels sont différentes, quelle est la bonne ? La réponse la plus correcte serait aucune des deux, car la vue a été créée et s'est perfectionnée tout au long de l'évolution pour mieux adapter chaque espèce à son environnement et lui donner ainsi plus de chances de survie.

Par conséquent, la direction à préférer est celle qui part de l'objet pour arriver non seulement à la vue mais à tout type d'instrument capable de fournir des informations sur les propriétés de l'objet. Celles-ci demandent à être cernées par tous les moyens que nous avons la possibilité d'utiliser, tels que la vue, le microscope photonique, électronique ou autre, car ce qui compte au final c'est la fiabilité de l'information. C'est d'ailleurs sur plusieurs images que le chercheur s'appuie pour son raisonnement, pour détecter des anomalies, pour voir des propriétés spécifiques ou pour construire le sens de l'objet. Devant plusieurs images du même objet, telles que le tissu intestinal sous diverses vues, Mercier souligne que : « pour un spécialiste tel qu'un étudiant avancé en histologie, c'est l'unité qui l'emporte ; une seule de ces vues est moins fidèle au sujet que l'ensemble, grâce aux variations techniques qui cernent le sens³⁰⁵ ».

Afin de comprendre l'image, il est nécessaire d'avoir assimilé des codes spécifiques à chaque discipline scientifique et qui rendent possibles sa lecture. À titre d'exemple dans le cas

³⁰⁴ À titre d'exemple, des études récents montrent comment certains oiseaux perçoivent des couleurs non perceptibles par l'homme. Voir : STODDARD, Mary Caswell, EYSTER, Harold N., HOGAN, Benedict G., MORRIS, Dylan H., SOUCY, Edward R. et INOUYE, David W. Wild hummingbirds discriminate nonspectral colors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en ligne]. Juin 2020, p. 201919377. DOI 10.1073/pnas.1919377117.

³⁰⁵ MERCIER, Les images de microscopie électronique : construire un réel invisible, *op.cit.*, p. 26.

de la micrographie, ces codes relèvent d'un usage instrumental, d'une pratique préparatoire et d'une théorie. L'usage instrumental concerne les compétences nécessaires pour faire fonctionner les appareils scientifiques et pour maîtriser les résultats d'instruments comme les microscopes photoniques et électroniques. Connaître les limites des instruments, leurs caractéristiques et les paramètres à régler, les défauts qu'ils peuvent produire sur une image, s'avère essentiel pour la production d'une image la plus fidèle possible au phénomène que l'on veut étudier et décrire.

La pratique préparatoire se réfère aux spécimens que les scientifiques façonnent afin de faire émerger certaines caractéristiques. Dans la microbiologie, cette phase se révèle d'une importance fondamentale car souvent l'objet est illisible au microscope dans son état naturel. La préparation de l'échantillon doit être connue avec une grande précision pour faire ressortir certaines qualités de l'objet qui autrement seraient indétectables.

La théorie englobe non seulement l'ensemble des notions et des règles qui expliquent le comportement ou les phénomènes dans un domaine particulier, telles que la biologie moléculaire ou la chimie générale, mais aussi l'ensemble des connaissances techniques qui permettent d'aider le scientifique dans son opération de mise en image d'une observation, comme l'histologie ou la microscopie. Se référer à ces théories constitue une aide considérable mais aussi une pratique qui fonde une tradition de lecture et d'interprétation, un usage reconnu dans la communauté des chercheurs et comporte la construction des codes admis et reconnus.

L'interprétation d'une image implique aussi une série de codes qui ne sont pas uniquement spécifiques à chaque discipline issue de la microscopie, mais ils sont admis et employés couramment dans les images ordinaires et artistiques. Mercier indique que ces codes peuvent se résumer par les quatre points suivants :

- 1) la perspective
- 2) le mode de lecture d'une image (de gauche à droite)
- 3) La règle des tiers
- 4) Le rendu du modelé par jeu d'ombre

Le point 1) a pour but de montrer que les images scientifiques n'adoptent pas une norme unique considérée comme légitime, mais elles peuvent être soumises à une codification qui selon les contextes et les usages prend la forme de perspectives différentes comme la perspective rectiligne, appelée aussi albertienne, ou la perspective curviligne, ou encore celle

dite cavalière³⁰⁶. Dans le cas d'une photographie ordinaire, les deux perspectives peuvent être adoptées pour représenter le même objet et il n'y en a pas une qui soit plus valide que l'autre, ou qui montrerait la réalité plus que l'autre. Les deux sont tout aussi géométriquement correctes et recevables. Naturellement, ce propos est à rapprocher de celui de Poincaré, abordé dans les chapitres précédents³⁰⁷, qui soutient qu'il n'y a pas une géométrie unique ou plus valable que les autres, telle que l'eulidienne, mais plusieurs peuvent être utilisées selon leurs utilités spécifiques (commodisme).

On pourrait donc s'étonner que le monde ne corresponde pas à l'image communément admise qui l'encadre sous une perspective rectiligne et dont on pense trouver confirmation dans une image *neutre* comme l'image photographique. Mais celle-ci est plutôt construite pour reproduire justement cette perspective rectiligne, par des lignes convergentes vers un point de fuite généralement au centre de l'image et, comme on vient de l'affirmer, les photographes savent bien que pour reproduire un objet, ils ont la possibilité d'employer aussi une perspective curviligne. Dans le cas d'une micrographie électronique, la reproduction d'un objet tridimensionnel s'effectue généralement par un troisième type de perspective : la cavalière, dont la caractéristique la plus évidente par rapport à la perspective rectiligne est celle de maintenir les dimensions de l'objet en fonction de la profondeur, à savoir que l'éloignement de l'objet ne se traduit pas par une diminution de sa taille.

Le point 2) relève d'un autre usage courant, notamment dans la culture occidentale, celui de lire un document de la gauche vers la droite et de haut en bas. Influencée probablement par une pratique millénaire due à l'écriture qui conduit le lecteur d'un document écrit à déplacer son regard de gauche à droite, commençant par le haut et descendant progressivement vers le bas de la page, cette habitude est sans doute courante ou instinctive dans le décodage d'une micrographie³⁰⁸ et d'une image scientifique. Cette direction est d'ailleurs implicitement admise et concrètement demandée au lecteur quand on doit lui proposer de décoder des images qui manifestent le mouvement ou le déplacement d'un objet dans l'espace. Les célèbres

³⁰⁶ La perspective, son origine, son histoire et son évolution, sa signification dans l'art et dans la culture ont été traitées amplement dans divers ouvrages. Nous indiquons celui d'Alberti qui, en premier sous l'influence de Brunelleschi, codifie la perspective rectiligne dans un traité : ALBERTI, Leon Battista, SCHEFER, Jean Louis (trad.), *De la peinture = De pictura: (1435)*. Paris : Macula, 1999. Voir aussi celui de Francastel pour l'évolutions et l'histoire de la perspective : FRANCASTEL, Pierre, *Peinture et société, naissance et destruction d'un espace plastique : de la Renaissance au cubisme*, Lyon, Audin, 1951 ; celui de Panofsky pour sa signification : PANOFSKY, Erwin, *La Perspective comme forme symbolique*, trad. G. Ballangé, Éd. de Minuit, Paris, 1975 et notamment la préface de Dalai Emiliani qui dresse un bilan des études sur la matière et dont une synthèse se trouve dans l'article : DALAI EMILIANI, Marisa, *Perspective* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis* [Consulté le 16 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/perspective/>

³⁰⁷ Voir chapitre 1, paragraphe 1.1.5 et chapitre 2, paragraphe 2.2.5.

³⁰⁸ MERCIER, La représentation constructrice image et objet en microscopie électronique, *op.cit.*, p.64

chronophotographies d'Étienne Jules Marey et Eadweard Muybridge au XIX^e siècle, qui conduiront aux premiers court-métrages, montrent bien cet usage où les phases d'un mouvement sont représentées partant de la gauche et se poursuivant vers la droite, et en répétant ce schéma en descendant vers le bas³⁰⁹. Le temps est par conséquent tout aussi bien représenté par la même direction, ce qui se retrouve généralement dans l'histoire de l'art européen quand il s'agit, dans un retable ou un polyptyque par exemple, de montrer la chronologie d'un événement³¹⁰.

Le point 3) indique une règle ou une norme, d'ordinaire présente et plus visible dans la photographie, qui consiste à diviser l'image en trois bandes égales horizontales et trois bandes égales verticales, chacune séparée par une ligne idéale. Ainsi la composition ou l'image apparaît-elle encadrée sous une grille imaginaire formée par deux droites verticales qui croisent les deux horizontales (voir Fig. 3G). Cette grille est aujourd'hui présente dans la plupart des appareils photographiques numériques pour bien cadrer la vue d'un objet que l'on souhaite capturer. L'utilisation de cette grille est courante lors de la mise en valeur de certaines prises de vues, comme un paysage de montagne, faisant correspondre par exemple au ciel l'espace du premier tiers horizontal en haut, aux montagnes celui du milieu et à un lac proche de l'observateur celui du bas. Mais ces espaces sont modulables et on peut très bien admirer un lac qui occupe les deux tiers de l'espace en bas et le ciel qui remplit juste le tiers d'en haut, ou vice-versa dans des vues inversées. Cette norme est utilisée non seulement pour construire une composition mais aussi pour simplifier et organiser sa lecture, car elle hiérarchise les plans de l'image, les rapports entre les formes ou les personnages et dirige le regard du lecteur. Dans un triptyque par exemple, en relation avec le point 2) exposé ci-dessus, la subdivision verticale peut indiquer les divers temps d'un événement, comme dans le *Retable de Miraflores*, connu aussi comme le *Triptyque de la Vierge*, de Rogier van der Weyden où les trois panneaux indiquent chacun un moment de la vie du Christ³¹¹.

³⁰⁹ À noter que des cultures différentes de la nôtre, comme la japonaise, opèrent une lecture de la droite vers la gauche, ce qui se manifeste encore aujourd'hui dans les bandes dessinées.

³¹⁰ Un contre-exemple est donné par Gauguin dans son œuvre *D'où venons-nous ? Que sommes-nous ? Où allons-nous ?* où la lecture s'effectue de la droite vers la gauche. Tableau conservé au Musée des beaux-arts de Boston (Massachusetts, États-Unis). Voir : BUTOR, Michel. Quant au livre Triptyque en l'honneur de Gauguin. Paris : Éditions de la Bibliothèque nationale de France, 2014. [Consulté le 3 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/editionsbnf/1045>. Il se peut que le peintre ait voulu instituer un ordre de lecture différent pour aller à l'encontre de la culture occidentale.

³¹¹ Datant de 1442-1445, il est conservé à la Gemäldegalerie, à Berlin (Allemagne). On peut le voir sur le site du musée à l'adresse :

[http://www.smb-digital.de/eMuseumPlus?service=direct/1/ResultLightboxView/result.t2.collection_lightbox.\\$TspTitleLink.link&sp=10&sp=Scollection&sp=SfieldValue&sp=0&sp=1&sp=3&sp=Slightbox_3x4&sp=24&sp=Sdetail&sp=0&sp=F&sp=T&sp=29](http://www.smb-digital.de/eMuseumPlus?service=direct/1/ResultLightboxView/result.t2.collection_lightbox.$TspTitleLink.link&sp=10&sp=Scollection&sp=SfieldValue&sp=0&sp=1&sp=3&sp=Slightbox_3x4&sp=24&sp=Sdetail&sp=0&sp=F&sp=T&sp=29) [consulté le 29 novembre 2020].

Mercier nous offre un point de vue tout aussi captivant sur l'utilisation de la règle des tiers en micrographie car dans ce domaine elle met en valeur non seulement un code soumis à interprétation mais surtout le cheminement de la pensée du scientifique. L'auteur explique que la grille composée par l'intersection des quatre lignes, deux verticales et deux horizontales, forme quatre *points forts* dont deux doivent retenir une attention particulière : celui en haut à gauche introduirait l'hypothèse, l'interrogation et l'origine du raisonnement, et celui en bas à droite indiquerait la réponse, la conclusion et la destination de l'argumentation (voir Fig. 3G)

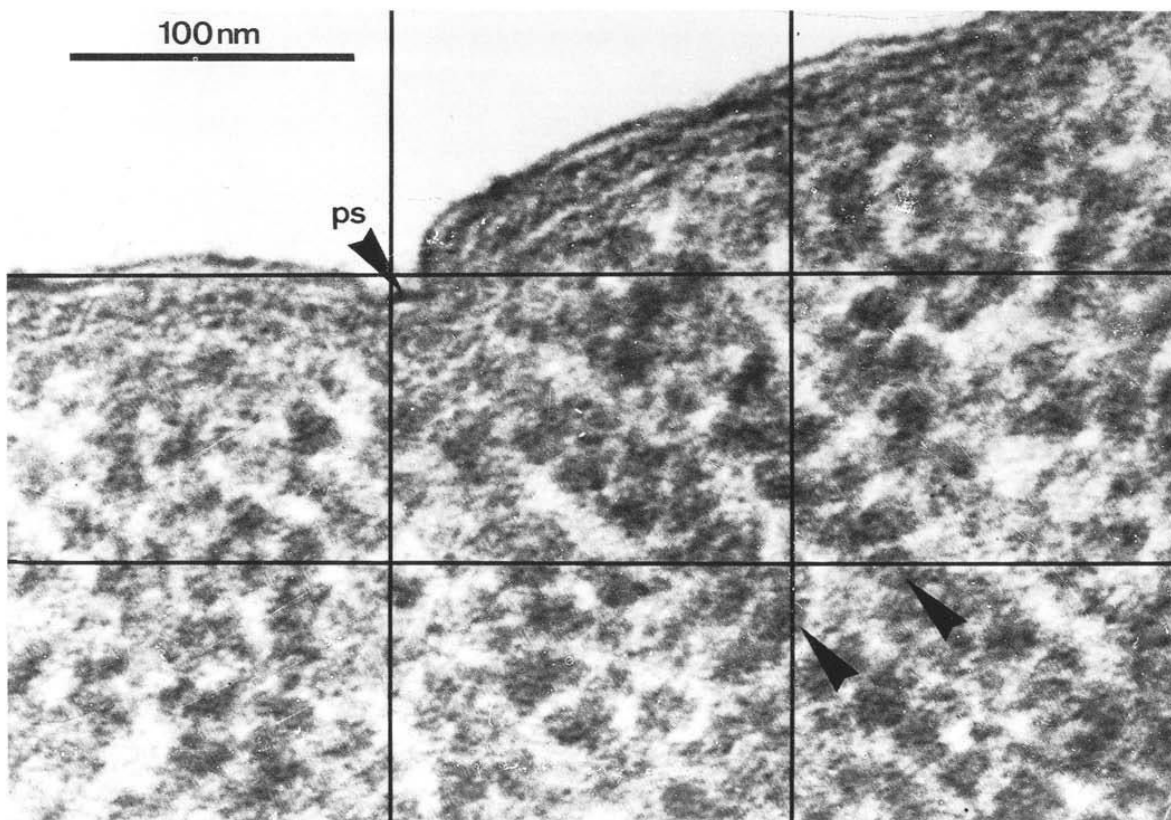


Figure 3G Polyribosomes hélicoïdaux au cours de la division cellulaire du colibacille *Escherichia coli*, par Michel Mercier.

La figure reproduite³¹² ci-dessus est une micrographie destinée à une publication spécialisée et permet de rendre compte du parcours de l'argumentation (interrogation-réponse-conclusion) qu'elle est destinée à montrer. Autour du premier point en haut à gauche de la grille,

³¹² Cette image est reproduite dans l'ouvrage indiqué à la p. 32 mais n'indique pas de titre car l'auteur voulait moins indiquer le contenu scientifique que des exemples de codes utilisés en microbiologie. Le titre se trouve dans un autre ouvrage : MERCIER, La représentation constructrice image et objet en microscopie électronique, *op.cit.*, p. 65.

une petite flèche avec deux lettres (ps) apparaît et indique un phénomène observé que l'on veut reproduire dans l'image (la convergence des polyribosomes vers le point de septation de la bactérie). Celui-ci sert de point de départ du raisonnement car l'interrogation qui se pose consiste à comprendre comment ce phénomène peut se produire. Déplaçant le regard vers la partie en bas à droite, proche du second point fort, on remarque deux nouvelles flèches parallèles, cette fois indiquant le lien causal (correspondant à l'activité des ribosomes) qui détermine l'état observé en haut à gauche. Ainsi parcourant l'image de gauche à droite et de haut en bas, le spécialiste de microbiologie analyse un fait observé, s'interroge sur l'origine du phénomène exposé et trouve les arguments nécessaires pour lui fournir l'explication et la conclusion de l'argumentation.

Le point 4) signale un autre code employé dans la micrographie qui consiste à rendre le volume, l'épaisseur et, plus généralement, une meilleure perception tridimensionnelle de l'objet représenté. Nous avons vu que dans la micrographie électronique la lumière n'est pas présente et ne peut donc pas éclairer l'objet de la représentation. Par conséquent, afin d'apporter une lecture correcte de l'objet et de sa volumétrie, Mercier indique qu'il est admis par convention de produire une imitation de l'éclairage qui généralement restitue la lumière comme si la source provenait d'en haut à gauche pour irradier l'objet sous un angle de 45 degrés. Pour ce faire en l'absence d'une vraie lumière, on simule les ombres laissant interagir sur l'échantillon un métal qui laisse un dépôt oblique et discontinu pour faire émerger les reliefs de la surface de l'objet. Les parties les plus touchées par le métal apparaissent alors en noir, produisant l'ombre, les autres parties moins touchées apparaissent en clair, donnant l'impression d'une lumière comme dans une sorte de négatif de la photographie (voir Figure 3H). Par conséquent, pour que l'illusion de la lumière provienne d'en haut à gauche, il faudra que la source d'irradiation du métal provienne d'en bas à droite afin que le dépôt qui représente l'ombre se mette en place opportunément, rendant ainsi par inversion de l'éclairage une image correctement lisible selon une lumière de 45 degrés.

Nous avons vu à quel point le rendu de la lumière était important pour construire un objet en profondeur et fournir les caractéristiques nécessaires à la reconnaissance de ses formes, de ses parties et de sa volumétrie. À titre d'exemple, nous invitons le lecteur à revoir la figure 2A qui reproduit le dessin que Léonard de Vinci fait d'une plante³¹³. Dans cette représentation, on peut noter à quel point la construction de la profondeur et de la volumétrie de l'objet s'effectue par contraste et opposition entre lumière et ombre. Dans une micrographie, le rôle

³¹³ Chapitre 2, paragraphe 2.1.2, p. 58.

du contraste est encore plus important en raison du fait que nous n'avons pas une image acquise afin de servir de référence pour reconnaître l'objet microscopique, souvent cet objet est complètement inconnu. L'expérience du scientifique apporte une contribution fondamentale à sa reconnaissance mais quelquefois devant une nouvelle découverte, son regard peut être tout aussi désorienté que celui d'un profane de la discipline et les aspérités du spécimen, aussi bien que ses creux et ses bosses, peuvent ne pas être distinguées correctement. À titre d'exemple considérons la figure 3H, elle est composée de deux images placées parallèlement qui représentent le même spécimen : une cellule musculaire lisse de paroi artérielle³¹⁴.

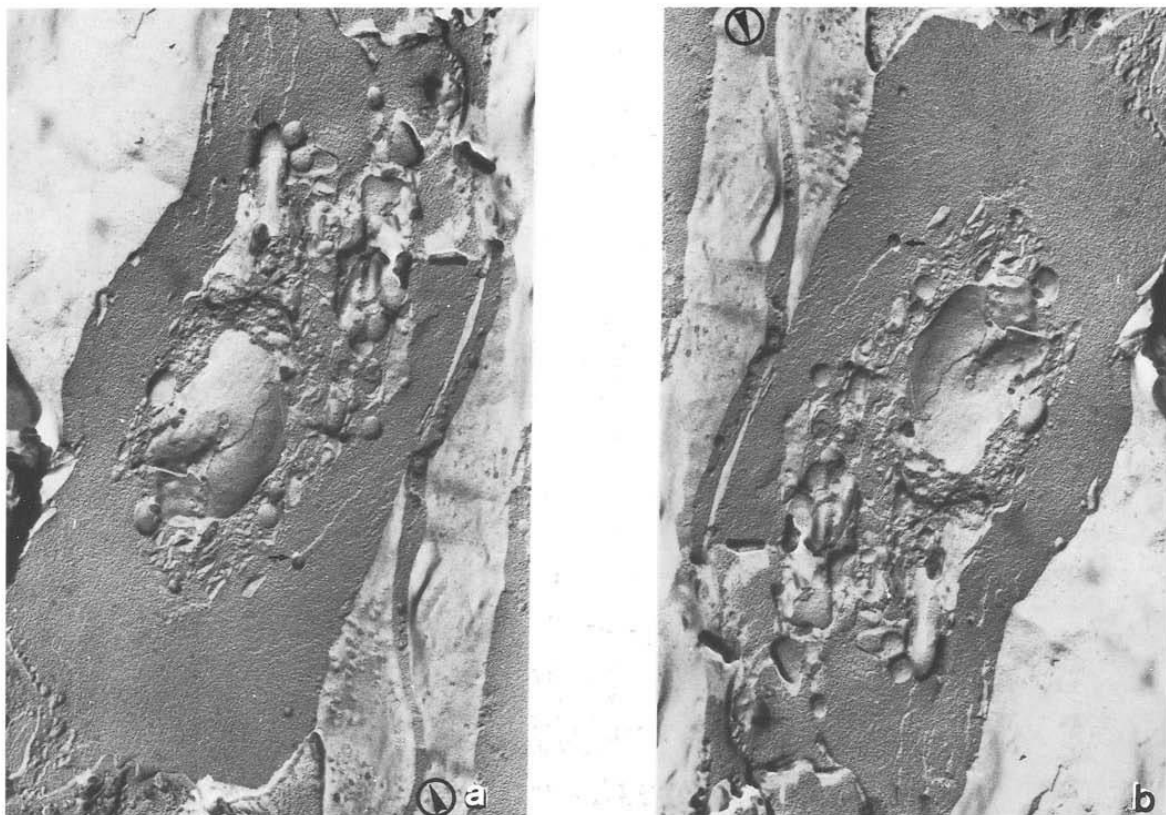


Figure 3H, cellule musculaire lisse de paroi artérielle par Michel Mercier.

La première sur la gauche donne l'idée d'une structure convexe au centre correspondant au noyau de la cellule. Celle de droite semble montrer le même noyau mais cette fois concave, en raison d'un *éclairage* différent, conçu selon la méthode indiquée ci-dessus, qui provient

³¹⁴ Reproduction de l'image paraissant in MERCIER, Les images de microscopie électronique : construire un réel invisible, *op.cit.*, p. 33.

d'une source située à l'opposé. La flèche noire de chaque image indique l'origine de l'irradiation qui provoque l'ombrage par dépôt métallique (dans ce cas du platine). Le même procédé devrait révéler les mêmes reliefs sur l'échantillon, comme la lumière qui éclaire une colline devrait montrer le relief qu'elle soit d'un côté ou de l'autre. Mais cette reconstruction de l'épaisseur est artificielle³¹⁵ et seule l'adhésion à une norme établie permet de reconstruire correctement la lecture de l'image.

La perspective, le mode de lecture d'une image de gauche à droite, la règle des tiers et le rendu du modelé par jeu d'ombre sont des codes intégrés à d'autres plus spécifiques et appartenant à chaque discipline scientifique. Bien qu'ils ne soient pas toujours présents dans les images scientifiques notamment de la microscopie, ils sont fréquents et permettent de montrer des usages qui se relient à des caractéristiques culturelles et artistiques enracinées dans la culture visuelle occidentale. De plus, ils fournissent une lisibilité plus claire, convaincante et, pourquoi pas, attrayante. À ce propos, Mercier nous indique que « la force de l'image réside précisément d'abord dans sa capacité à convaincre avant que de prouver³¹⁶ » et ces éléments contribuent à renforcer le rendu visuel et l'efficacité de l'image. Lors du choix des clichés à présenter pour une publication, le scientifique a la possibilité d'opter parmi plusieurs prises qui peuvent fournir les mêmes informations mais sous une forme différente. Son but étant de montrer le bien-fondé de ses arguments à la communauté scientifique, il n'est pas à exclure qu'une touche esthétique, dans le sens d'une forme d'agrément pour les yeux, ne captive davantage l'attention du lecteur.

Cette idée semble trouver confirmation dans les propos du microscopiste Matteo Bonazzi, dont nous traduisons le propos dans le passage suivant³¹⁷ :

Question : Je crois comprendre que, si dans le laboratoire où tu travailles, ou avec des collègues avec lesquels tu as travaillé, quelqu'un montre, ou fait ressortir un effet esthétique d'une photo sur laquelle tu fais des recherches, vous la partagez aussi entre vous, je crois comprendre, non ?

Réponse : Oui oui absolument. Mais en fait, ce que je voulais dire à la fin, au moins dans mon domaine, nous faisons beaucoup de microscopie et chaque fois que tu regardes, lis un article et ainsi de suite, moi, mais comme beaucoup d'autres, on a toujours une attention particulière ; tu dis waouh ! il m'a non seulement fait voir quelque chose d'intéressant scientifiquement, mais il me l'a fait voir avec des images qui sont très

³¹⁵ Mercier souligne que seule la stéréoscopie peut fournir une image fiable du relief. L'auteur indique aussi qu'il est expressément recommandé pour la publication scientifique que le dépôt métallique (et donc l'ombrage) provienne d'en bas à droite.

³¹⁶ MERCIER, Les images de microscopie électronique construire un réel invisible, *op.cit.*, p. 34.

³¹⁷ Nous traduisons de l'italien les lignes 436-448 et les lignes 447-449, in Annexe 1, interview Matteo Bonazzi.

belles et parfaites avec une résolution même si ce n'est pas strictement nécessaire, dans le sens où je peux te montrer ce que je veux [ou] te montrer ma théorie, en prenant des photos qui sont bonnes mais sans rien de particulier, donc il y a toujours un peu dans la recherche, du moins là où on utilise la microscopie, une compétition poussant à prendre la plus belle photo. [...] En tout cas oui, je pense que beaucoup de gens qui font de la microscopie sont tous attirés par la photo qui, en plus d'être scientifiquement importante, est aussi belle à voir quand on la regarde.

Bien que plus nuancé, cet apport esthétique semble émerger aussi des propos de Mercier et se relier à une longue tradition qui puise ses sources dans les planches de Vésale que nous avons examinées dans le chapitre précédent.

Tous les codes employés, qu'ils soient spécifiques à la discipline ou plus généraux et facultatifs, gardent toutefois un élément commun qui consiste à fournir les informations nécessaires afin de reconstituer le chemin qui a conduit à la production de la micrographie. Les phases du mode opératoire, aussi bien que celles du mode préparatoire de l'objet analysé, doivent pouvoir, du moins idéalement, être reconstruites et sont par conséquent *reproductibles* dans d'autres laboratoires. La chaîne de construction de la connaissance scientifique peut continuer autorisant une vérification, une remise en discussion des résultats ou des déductions, ou un avancement de la recherche par étapes ultérieures. Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 3.4 portant sur le processus d'objectivation, dans ces étapes permettant la reconstruction de l'identité ou des propriétés de l'objet analysé, une différence majeure demeure par rapport à l'image artistique qui est, généralement, présentée comme un tout non séparable ni décomposable dans son processus de construction.

Chapitre 4 : L'origine artistique d'une imagerie scientifique

4.1 La recherche d'une source artistique

4.1.1 Formulation des hypothèses

Au cours de notre enquête sur les relations entre représentation scientifique et représentation artistique, notre attention a été tout particulièrement retenue par l'article³¹⁸ d'une biochimiste américaine, professeure à la Duke University (Caroline du Nord aux États-Unis), que nous allons examiner. Jane Richardson³¹⁹ est devenue célèbre auprès de ses collègues pour avoir réalisé un nouveau type de représentation qui permet de visualiser les protéines et leurs propriétés. Ses dessins ont été publiés au début des années 1980, ils ont été par la suite adaptés pour être élaborés à l'ordinateur et sont devenus une référence aujourd'hui encore adoptée dans le monde de la biochimie. Les figures qu'elle utilise, ou plutôt les motifs qu'elle emploie, présentent une caractéristique remarquable pour notre étude : sur le plan formel, ces motifs révèlent une forte analogie avec des œuvres artistiques au point que ses représentations sont immédiatement reconnaissables parmi les images scientifiques et elles pourraient être facilement perçues comme le produit d'un artiste³²⁰. Cependant, ce trait distinctif de ce qui est devenu son *style* particulier, n'aurait sans doute pas fait l'objet de notre examen si Richardson n'avait pas pris la plume pour indiquer d'elle-même l'importance que l'art a jouée et peut encore jouer sur la construction de la représentation scientifique.

Le titre de son article : « L'art et l'analogie aident les scientifiques à “Voir” les grandes molécules biologiques en 3D³²¹ » donne le ton en soulignant que « voir » n'est pas à prendre au sens littéral, mais il souligne une manière de visualiser à partir des données du microscope, ou encore il évoque une façon de reconstruire la structure des molécules qui sont invisibles en

³¹⁸ RICHARDSON, Jane S., Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. SCIART MAGAZINE [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>. Les pages de l'article n'étant pas numérotées, on se référera aux diverses parties suivant les titres des paragraphes et en nommant les neuf premières lignes du texte qui suivent le titre : *introduction*.

³¹⁹ À la date où nous écrivons notre thèse, elle est professeure de biochimie à l'Université de Duke, voici sa page universitaire personnelle avec quelques éléments biographiques : <https://www.biochem.duke.edu/jane-shelby-richardson-primary> [Consulté le 15 avril 2020].

³²⁰ Au point d'en produire des sculptures comme le fait Mike Tyka, voir : <http://www.miketyka.com/?p=ubiquitin> [consulté le 3 juin 2020].

³²¹ Nous traduisons de l'anglais : « Art and Analogy Help Scientists “See” Big Biological Molecules in 3D » RICHARDSON, *op.cit.* *introduction*.

raison de leur taille, bien plus petite que celle de la longueur d'onde de la lumière.

Au fil de la lecture, il est très rapidement question de signaler qu'il est nécessaire de construire des modèles pour visualiser ces molécules à l'aide des données de diverses sources et techniques issues d'instruments de haute technologie comme la cryo-microscopie³²² électronique, le synchrotron à rayons X, ou des ordinateurs très puissants capables de gérer un grand nombre d'informations.

Plus important, en parlant du travail d'équipe qu'elle mène avec son mari dans le laboratoire de la Duke University, l'auteure apporte un élément de réflexion qui va nous accompagner tout au long de notre analyse : « nous avons souvent fait des percées initiées par un concept issu des sciences humaines, en particulier des arts visuels. Cet article raconte quatre courtes histoires sur la façon dont l'art a influencé notre recherche scientifique³²³ ». Ce court extrait qui semble indiquer l'objectif que l'auteure veut atteindre par les quatre exemples exposés, nous allons l'appeler *point de mire*.

D'après ses propos, il s'agirait donc de montrer comment l'art a eu un rôle, qui apparaît notable, dans l'élaboration de leur recherche et le lecteur s'attendrait à ce que des éléments concluants lui soient fournis pour confirmer cette déclaration. Or, il n'y a pas d'énoncés explicites sur une influence directe et concrète d'un artiste ou d'une œuvre d'art spécifique dans la construction de la représentation scientifique. En effet, des phrases comme « nous nous sommes inspirés de tel auteur ou de telle œuvre » ou bien « nous avons transposé ce motif dans notre représentation », ou des propos allant dans la même direction, font défaut. On peut les inférer, on peut même les lire suivant une volonté implicite que l'on déduit mais, sauf peut-être pour le dernier des quatre exemples, il ne semble pas y avoir de confirmations irréfutables à ce sujet.

Ne pouvant pas donc trancher de manière certaine sur une influence directe et incontestable de l'art sur la science, exposée dans cet article, nous pouvons néanmoins émettre trois hypothèses pour tenter d'interpréter correctement l'*intentio auctoris* et pour comprendre quel rôle la représentation artistique a pu effectivement jouer sur la construction d'un modèle de molécule et l'appliquer à notre étude. Ces hypothèses vont s'affronter, se tester mutuellement et tenter une conciliation sans vraiment y parvenir. Toutefois elles se révéleront utiles, voire nécessaires, pour mieux comprendre l'articulation qui peut s'instituer entre représentation artistique et scientifique.

³²² Richardson se réfère probablement à la cryofixation préliminaire au processus d'analyse microscopique. Pour les techniques de préparation des échantillons organiques, voir : <https://www.stem.lps.u-psud.fr/la-microscopie-electronique/chapitre-iv-les-echantillons-pour-la-microscopie-electronique/iv-3-les-t> [consulté le 16 avril 2020].

³²³ « However, we have often made breakthroughs initiated by a concept from the humanities, especially the visual arts. This piece tells four short stories of how art has influenced our scientific research. » RICHARDSON, *op.cit. introduction*.

Cohérentes à l'*intentio operis*, ces hypothèses divergent par le degré de rapprochement que l'on peut idéalement établir entre les exemples artistiques cités par l'auteure et l'impact qu'ils ont pu avoir sur l'élaboration de ses modèles représentatifs des protéines :

1) L'**hypothèse forte** assume que l'œuvre ou le motif issu du domaine artistique a eu une influence directe et déterminante sur l'élaboration du modèle scientifique. Dans ce cas la scientifique et son équipe auraient procédé à une transposition volontaire et consciente des formes artistiques en les adaptant aux exigences de la représentation scientifique. Rien ne prouve dans l'article que ce cas de figure corresponde à l'intention de l'auteure, exception faite probablement du quatrième exemple.

2) L'**hypothèse faible** : d'un degré d'intensité moindre que la précédente, consiste à admettre que les motifs, les œuvres ou les styles des œuvres cités étaient connus de l'équipe des chercheurs américains, et ont joué un rôle dans l'élaboration de la structure du modèle scientifique même de manière inconsciente ou indirecte. En l'absence de déclarations clairement formulées, elle semble plus recevable que la précédente.

3) L'**hypothèse neutre** : établit qu'entre les représentations scientifiques et artistiques mentionnées, il existe une simple similarité des formes que l'on peut reconnaître *a posteriori* sans qu'aucune influence directe (forte ou faible) ne soit présente. On se limite à constater que l'on peut rapprocher les deux disciplines sur le plan plastique (formes et volumes) comme on pourrait confronter deux peintures provenant de deux civilisations différentes. Elle exprime la condition de fond de l'article, la position minimale pour que l'on puisse comparer la représentation de l'art et de la science sur une base analogique. Pourtant, cette hypothèse semble contredire le *point de mire*, cité plus haut sur « la façon dont l'art a influencé [la] recherche scientifique³²⁴ ».

Sur la base de ces trois hypothèses, nous allons examiner les quatre cas ou exemples que Richardson nous expose dans son article.

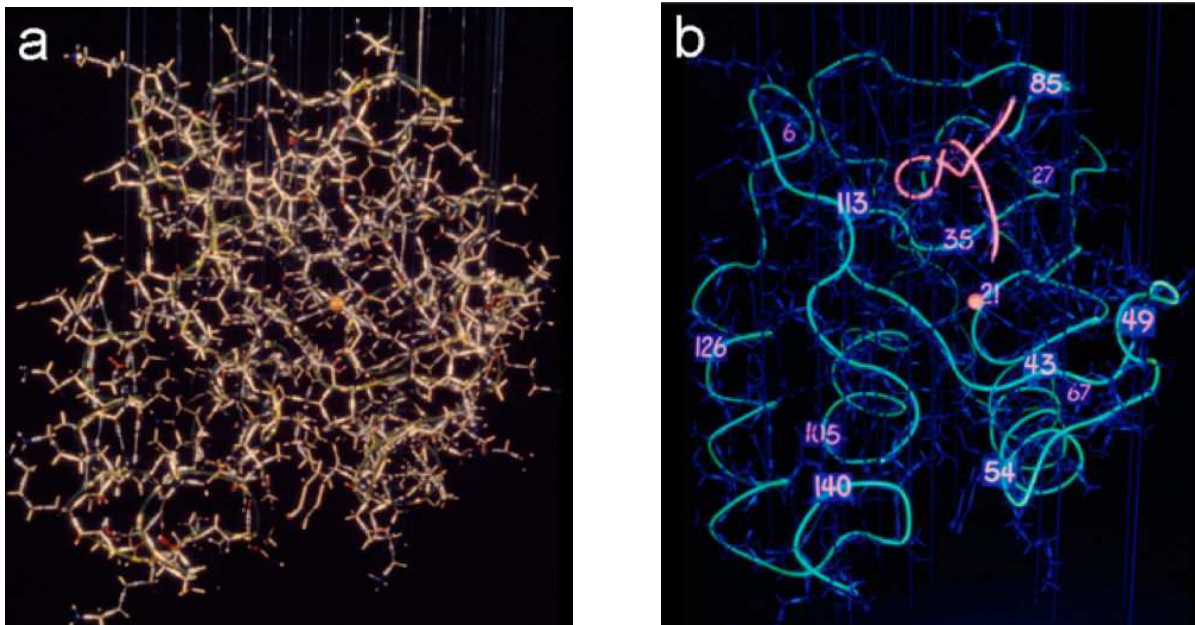
4.1.2 Premier cas : Escher et les dessins en forme de ruban

Le plus important objet d'étude pour l'équipe de la biochimiste américaine est constitué par la structure tridimensionnelle des biomolécules, telles que les protéines et les acides

³²⁴ Propos exprimé par Richardson, voir plus haut dans le texte.

nucléiques et leurs associations fonctionnelles. Ces « minuscules machines », comme elle les définit, « qui font presque tout le travail dans notre corps³²⁵ », possèdent une structure complexe qui n'est pas simple à visualiser. Si l'on prend par exemple la molécule d'ADN, elle est composée d'une double hélice qui forme les bordures extérieures d'une structure, une sorte de squelette, qui contient à l'intérieur des bases azotées : adénine (A), thymine (T), guanine (G) et cytosine (C). Or, ce genre d'architecture moléculaire, comme bien d'autres telles que l'ARN ou les enzymes, compte des milliers et quelquefois des millions d'atomes organisés dans une structure complexe qui peut se replier sur elle-même, devenant ainsi très compacte et occupant une toute petite portion d'espace de la cellule ou dans le corps où elle est contenue. Mettre en image de telles structures a été depuis toujours un défi majeur pour les biochimistes.

Dans les faits, même pour une molécule plus *simple* que l'ADN, comme la nucléase staphylococcique (Figure 4.1.a³²⁶), une procédure de simplification semble nécessaire pour commencer un processus d'interprétation et de compréhension.



Figures 4.1.a et 4.1.b, nucléase staphylococcique, modèle de Kendrew en laiton irradié par une lumière visible (à gauche) et par une lumière ultraviolette (à droite).

Réduire la complexité des données et adopter une schématisation pour clarifier les phénomènes du monde microscopique ont été une des préoccupations majeures dans l'élaboration des modèles des molécules depuis les années 1950-1970, quand les chimistes ont commencé par

³²⁵ RICHARDSON, *op.cit.*, paragraphe : *introduction*.

³²⁶ Les figures 4.1.a et 4.1.b sont issues de RICHARDSON, *op.cit.*, paragraphe : *Ribbon Drawings of Proteins*.

construire des modèles en billes et en bâtonnets. À partir des années 1960 le modèle en laiton dit de Kendrew³²⁷, tel que la figure 4.1.a l'expose³²⁸, est devenu une référence pour montrer les liaisons des atomes qui composent la structure interne des molécules. Dans un souci de simplification et de compréhension, les scientifiques ont aussi utilisé des modèles qui consistaient à montrer une ligne irrégulière, une sorte de ver, qui identifiait le squelette de la protéine. La figure 4.1.b illustre cette procédure dérivant d'une photographie où le même modèle en laiton que la figure 4.1.a est dans un tube rempli de colorant fluorescent irradié par une lumière ultraviolette qui donne une couleur verte au squelette et rose à l'inhibiteur des acides nucléiques.

La percée majeure des dessins dits *en ruban* de Richardson, qui datent de 1981 environ et devenus aujourd'hui un modèle de représentation parmi les plus employés en microbiologie, est due à une représentation qui révèle les propriétés structurales des protéines de manière plus claire et lisible. La figure 4.1.a montre avec plus de fidélité la structure générale d'une protéine dans ses liaisons atomiques, mais elle est bien moins lisible que la figure 4.2.a où les structures internes à la protéine sont mises en évidence et rendues plus lisibles pour donner un accès immédiat à ses propriétés. La morphologie d'une protéine permet en effet aux scientifiques de connaître sa fonction, de savoir de quelle manière et avec quelles molécules elle peut se lier ou pas, de prédire comment elle peut évoluer, survivre et se défaire. La façon de visualiser cette morphologie joue donc un rôle essentiel et puisque les protéines sont difficiles d'accès, une forme simplifiée possède l'avantage de donner plus d'informations et de manière plus efficace. À titre de comparaison considérons deux représentations issues d'un manuel universitaire de référence en biologie³²⁹ (figure 4.2.a et 4.2.b).

³²⁷ Voir : DE CHADAREVIAN, Soraya. John Kendrew and myoglobin: Protein structure determination in the 1950s. *Protein Science* [en ligne]. John Wiley & Sons, Ltd, Juin 2018, Vol. 27, n° 6, p. 1136-1143. [Consulté le 27 avril 2020]. DOI 10.1002/pro.3417. Voir aussi RAO, S.T. et ROSSMANN, Michael G. Comparison of super-secondary structures in proteins. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Mai 1973, Vol. 76, n° 2, p. 241-256. DOI 10.1016/0022-2836(73)90388-4.

³²⁸ La nature de l'objet représenté dans les deux images (figures 4.1.a et 4.1.b) est mieux expliqué dans les deux articles suivants : ARNONE, A., BIER, C. J., COTTON, F. A., DAY, V. W., HAZEN, E. E., RICHARDSON, D. C., YONATH, A. et RICHARDSON, J. S. A high resolution structure of an inhibitor complex of the extracellular nuclease of *Staphylococcus aureus*. I. Experimental procedures and chain tracing. *The Journal of Biological Chemistry*. Avril 1971, Vol. 246, n° 7, p. 2302-2316, p.2314 et RICHARDSON, J. S., RICHARDSON, D. C., TWEEDY, N. B., GERNERT, K. M., QUINN, T. P., HECHT, M. H., ERICKSON, B. W., YAN, Y., MCCLAIN, R. D. et DONLAN, M. E. Looking at proteins: representations, folding, packing, and design. *Biophysical Society National Lecture*, 1992. *Biophysical Journal*. Novembre 1992, Vol. 63, n° 5, p. 1185-1209, p. 1187.

³²⁹ CAMPBELL, Neil A, FAUCHER, Jacques et LACHAÎNE, René. *Biologie*. (ERPI), 2012. Montréal; Saint-Laurent : Pearson : ERPI, 2011 2012, p. 89. Les informations de la légende des figures 4.2.a et 4.2.b sont issues aussi de la version anglaise : URRY, Lisa A., CAIN, Michael L., WASSERMAN, Steven Alexander, MINORSKY, Peter V., REECE, Jane B. et CAMPBELL, Neil A. *Campbell biology*. Eleventh edition. New York, NY : Pearson Education, Inc, 2017, p. 79.

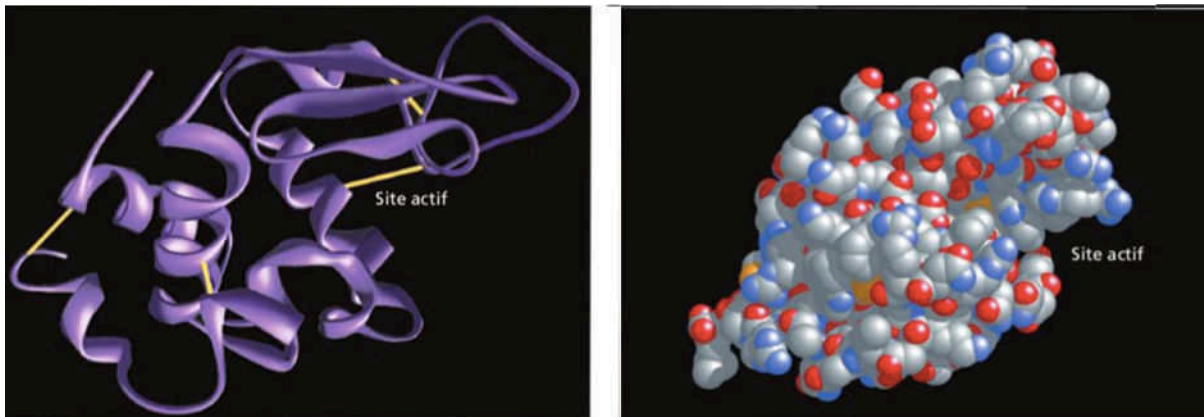


Fig. 4.2.a (à gauche), *modèle en ruban* du lysozyme indiquant le squelette de la structure interne de la protéine. Les traits jaunes représentent un type de liaison chimique intramoléculaire qui stabilise la forme de la protéine. Fig. 4.2.b (à droite), *modèle compact* représentant les atomes de la protéine et sa forme globale (chaque type d'atome est visualisé par un code couleur différent : gris = carbone, rouge = oxygène, bleu = azote et jaune = soufre).

Les deux images sont deux visualisations différentes de la même protéine (le lysozyme). L'une à gauche suit le *modèle en ruban*, l'autre à droite est définie par un *modèle compact* plus fidèle à la forme de la protéine, et plus utile pour comprendre la topologie de la surface, mais moins informatif sur sa structure interne.

Pour comprendre un peu plus la structure interne protéique, dont la mise en image va être le sujet principal de ce chapitre, prenons en compte un exemple type de protéine³³⁰ (la transthyrétine). Voulant simplifier à l'extrême sa nature, on pourrait dire qu'elle est formée par une série d'unités (les acides aminés) liées entre elles par des liaisons chimiques formant une sorte de chaîne (polypeptidique). Ces unités sont rangées selon une succession bien précise (la séquence d'acides aminés) qui caractérise le type de protéine, telle qu'une carte d'identité. Une chaîne correspond à ce qu'on appelle une structure primaire (dans le cas de la transthyrétine, elle est composée de quatre chaînes polypeptidiques identiques, chacune possédant 127 acides aminés). La structure primaire est représentable par une simple suite de lettres qui indique chacune (ou plus souvent par trois) un acide aminé précis. À la manière de signes graphiques qui permettent d'identifier un mot précis, la séquence des lettres indique les acides aminés qui sont présents et composent la protéine.

Une fois synthétisée par une cellule, la chaîne se replie ou s'enroule sur elle-même dans l'espace et de manière répétitive, sur la base des liaisons chimiques spécifiques à chaque séquence d'acides aminés, ce qui détermine des régularités qui peuvent être visualisées par des motifs formant ainsi la structure secondaire, à savoir les éléments fondamentaux qui

³³⁰ Exemple tiré du même manuel universitaire. CAMPBELL et al., *op.cit.*, p. 90-92.

déterminent le squelette de la protéine. Les deux types de structures secondaires les plus communes s'appellent : hélice alpha (*α -helix* en anglais) et feuillet plissé bêta (*β -strand* en anglais) en raison de leurs formes respectives. Effectivement, par la configuration différente des liaisons chimiques des atomes, la première s'organise par un repliement des acides aminés qui prend la forme d'une torsade (voir fig. 4.3.a), la seconde assume une silhouette qui rappelle une feuille rectangulaire légèrement ondulée (fig. 4.3.b³³¹).

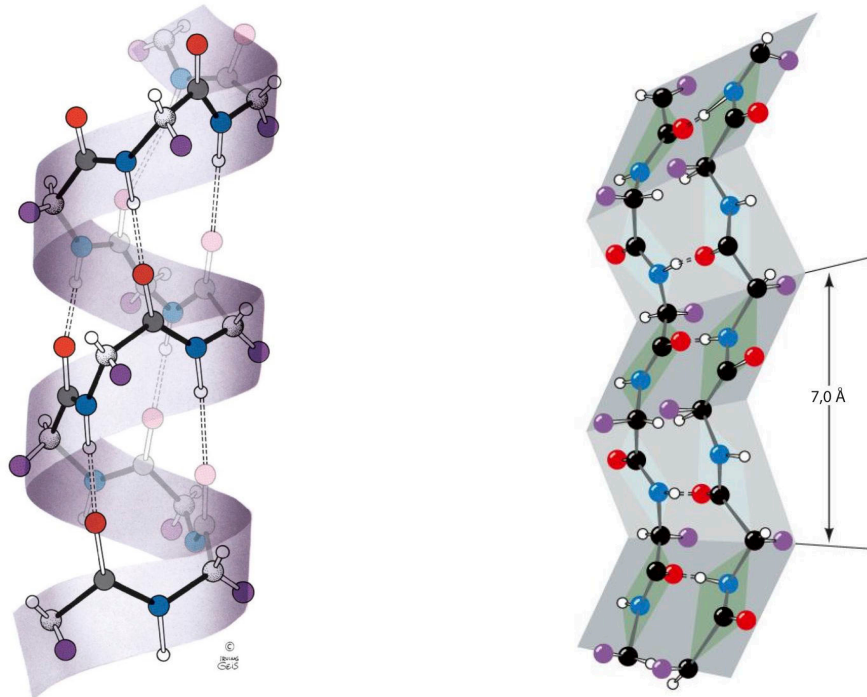


Fig. 4.3.a (à gauche) représentation de l'hélice alpha et fig. 4.3.b (à droite) représentation du feuillet plissé bêta. Les deux illustrations ont été réalisées par Irving Geis.

Ces figures montrent de quelle manière on peut visualiser l'hélice alpha (à gauche) et le feuillet plissé bêta (à droite). Les petites billes colorées représentent les types d'atome (chaque couleur correspond à un élément différent) et les bâtonnets indiquent comment ils sont reliés, de manière à construire la chaîne d'acides aminés soit sous une forme d'hélice alpha, soit sous la forme de feuillet bêta. Si la forme en hélice est composée par une seule chaîne qui s'enroule sur elle-même, le feuillet plissé est composé par deux ou plusieurs chaînes côte à côte. Dans les deux cas, de petites liaisons entre les atomes, appelées liaisons hydrogènes, permettent à chaque type de structure de garder sa forme propre et sont symbolisées surtout dans la figure

³³¹ Les figures 4.3.a et 4.3.b sont composées par l'illustrateur scientifique Irving Geis et sont issues de : VOET, Donald, VOET, Judith G. et PRATT, Charlotte W. Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level. 4th ed. Hoboken, NJ : Wiley, 2013, p. 133 et 135.

4.3.a par des lignes en pointillé.

Alors que la structure secondaire ne rend observable qu'une portion de la chaîne et sa façon de s'enrouler ou de se plier (figures 4.3.a et 4.3.b), la structure tertiaire permet d'avoir une vision plus ample en mettant en évidence la manière dont la chaîne s'enroule dans les hélices alpha et se plisse dans des feuillets bêta. L'ensemble de ces agencements successifs forme une unité distinctive de la protéine (la structure tertiaire) et détermine ses propriétés spécifiques³³².

C'est à ce niveau que les compositions de la biochimiste entrent en jeu en proposant une visualisation d'un modèle de protéine appelé *en ruban* (le dessin fait à la main de la figure 4.4.c et sa dérivation plus récente par ordinateur dans la figure 4.2.a). Ce dessin est défini par trois motifs, qui rappellent des bandes en tissu, et que nous pouvons distinguer séparément dans la figure 4.4.b. Le premier des motifs en haut (fig. 4.4.b) est censé reproduire la forme des hélices alpha de manière simplifiée et sans atomes, et puisqu'à l'intérieur de la protéine il peut être présent à plusieurs endroits, nous le voyons apparaître plusieurs fois dans le dessin de la figure 4.4.c. (spiralettes de couleur marron). Suivant la même logique représentative, le motif du milieu de la figure 4.4.b restitue le feuillet plissé bêta en adoptant une forme allongée qui rappelle justement une bande de tissu avec une flèche indiquant la direction de la chaîne polypeptidique (l'extrémité carboxyle) et la torsion dans sa disposition spatiale. En fonction du type de protéine et donc de sa configuration spécifique, il peut apparaître plusieurs fois comme nous l'observons dans la figure 4.4.c. (flèches en vert). En revanche, le troisième motif en bas (fig. 4.4.b) présente une configuration plus irrégulière car il veut précisément indiquer la nature capricieuse et hautement variable de la morphologie des liaisons qui s'établissent entre les deux structures plus régulières alpha et bêta exposées ci-dessus.

Ces trois motifs différemment imbriqués représentent la structure fondamentale de la protéine et sa morphologie essentielle, comme nous pouvons le voir globalement dans la figure 4.4.c qui représente l'enzyme triose-phosphate isomérase. Cette représentation en ruban permet donc de visualiser le squelette de la protéine mettant en évidence sa structure interne, et donc certaines de ses propriétés fonctionnelles. À titre d'exemple, au centre de la composition, on peut repérer le tonneau bêta (*β -barrel* en anglais) formé par les feuillets bêta en vert et parallèles, tous avec polarité vers le haut et qui semblent en rotation, mais qui délimitent une sorte de surface cylindrique correspondant au contour bombé d'un tonneau imaginaire. Cet arrangement spatial est caractéristique des protéines à la base des membranes biologiques et

³³² Si la structure tertiaire forme une unité, caractérisée par l'agencement spatial spécifique de la chaîne, il existe aussi une structure quaternaire composée par l'ensemble des unités tertiaires qui se répètent généralement à l'identique. Voir : CAMPBELL et al., *op.cit.* p. 91.

constitue un cœur hydrophobe, déterminant ainsi des sortes de pores géants dans ces membranes.

L'utilisation du modèle en ruban a donc trouvé une large utilisation dans le domaine de la visualisation des protéines. Mais d'où viennent sa conception et son invention ? Concernant nos trois hypothèses de départ sur l'influence de l'art sur la science, l'unique témoignage que la biochimiste nous livre est condensé en deux seules phrases : « L'avancée majeure des dessins en ruban a été l'utilisation d'une représentation similaire au dessin d'Escher de la figure [4.4.a³³³], où les surfaces continues sont montrées implicitement par les espaces et l'alignement entre les rubans adjacents.³³⁴ »

La professeure américaine, s'est-elle inspirée directement de l'image de Maurits Cornelis Escher et que nous reproduisons dans la figure 4.4.a ? A-t-elle emprunté le motif du peintre hollandais parce qu'il lui semblait efficace, reproductible et adapté à la mise en image des molécules ? Son propos ne nous permet pas de trancher mais l'hypothèse forte serait cohérente avec son *point de mire*³³⁵, conforme à l'*intentio operis* de son article, et renforcée par sa résolution de montrer des exemples où l'art et l'analogie permettent de « voir » les molécules de la microbiologie, comme le titre de son article l'indique³³⁶.

Ce cas de figure soulignerait la manière dont un sujet artistique peut faire l'objet d'une *appropriation* que l'on peut subdiviser en deux catégories : *imitative* quand elle reste similaire à l'objet du départ, *productrice*³³⁷ quand elle souligne un écart plus important par rapport au modèle d'origine sur le plan formel et, comme nous le verrons, aussi sur le plan du contenu. Trois images différentes sont en effet disposées côte à côte et comparées³³⁸ : la première à gauche correspond à la xylographie d'Escher (fig. 4.4.a), source hypothétique d'inspiration pour la biochimiste ; la deuxième au centre montre les motifs utilisés pour construire la représentation des protéines (fig. 4.4.b) ; la troisième assimile ces motifs dans une structure qui illustre l'enzyme Triose-phosphate isomerase (fig. 4.4.c).

³³³ Nous reproduisons la même figure paraissant dans l'article de Richardson.

³³⁴ Nous traduisons : « The breakthrough to ribbon drawings was using a representation similar to the Escher drawing in Figure 2a, where continuous surfaces are shown implicitly by the spaces and the alignment between adjacent ribbons. » RICHARDSON, *id.*, paragraphe : *Ribbon Drawings of Proteins*.

³³⁵ Que nous rappelons : « nous avons souvent fait des percées initiées par un concept issu des sciences humaines, en particulier des arts visuels. Cet article raconte quatre courtes histoires sur la façon dont l'art a influencé notre recherche scientifique » et que nous avons traduit de l'anglais : « However, we have often made breakthroughs initiated by a concept from the humanities, especially the visual arts. This piece tells four short stories of how art has influenced our scientific research. » RICHARDSON, *op.cit.*, paragraphe : *introduction*.

³³⁶ Pour rappel, le titre de l'article est : « Art and Analogy Help Scientists "See" Big Biological Molecules in 3D ».

³³⁷ Nous empruntons ces concepts à l'article « Appropriation » écrit par Dominique Berthet mais nous l'adaptions à notre contexte. Voir : MORIZOT, Jacques et POUVET, Roger (dir.). Dictionnaire d'esthétique et de philosophie de l'art. Paris : Armand Colin, 2007, p. 38.

³³⁸ Nous reproduisons exactement la disposition des figures apparues dans l'article cité de Richardson. Voir RICHARDSON, *op.cit.*, paragraphe : *Ribbon Drawings of Proteins*.

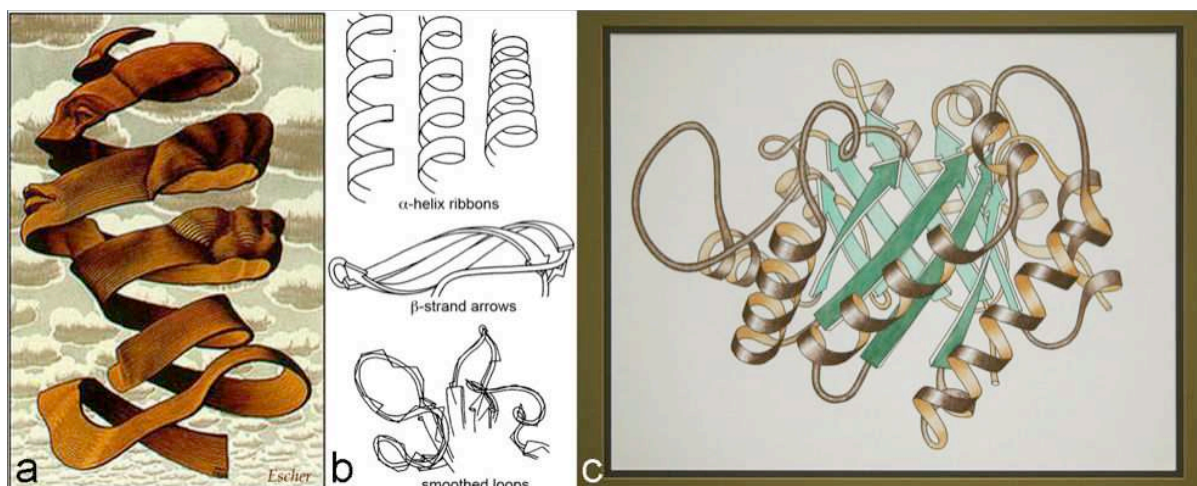


Figure 4.4.a (à gauche) : xylographie de M.C. Escher intitulée *Rind* (1955) ; figure 4.4.b (au centre) : motifs séparément dessinés du modèle en ruban ; figure 4.4.c (à droite) : exemple de modèle en ruban pour l'enzyme triose-phosphate isomérase (1981).

Sur le plan formel, à savoir sur les formes dont l'ensemble des caractéristiques particulières peuvent renvoyer au style spécifique d'un auteur, l'image de l'enzyme en question (c)³³⁹ présente, même si cela se fait de manière bien plus simplifiée, des traits communs avec l'œuvre d'Escher (a). Les trois motifs qui composent la figure (c) sont affichés séparément dans (b) et nous observons que le ruban qui forme la tête de la femme in (a) est ressemblant au premier motif en haut de (b) dont le titre est *α-hélice ribbons*. La similarité est suggérée par sa structure torsadée, par la lumière qui produit des contrastes de tons à l'intérieur et à l'extérieur de cette même structure pour donner le sens de la profondeur (c), et par les proportions entre la largeur du ruban et sa longueur. Même le deuxième motif au centre in (b) nommé *β-strand arrows* se retrouve en vert in (c) et pourrait dériver de l'image d'Escher compte tenu d'une ressemblance possible avec la partie inférieure de la figure, correspondant au cou, là où le ruban se termine de manière un peu plus aplatie et large.

Ces motifs composant la molécule (c), s'ils sont dérivés d'Escher, ne semblent pas être le fruit d'une *appropriation imitative* mais tendent à produire une nouvelle image qui a pour but de construire une représentation adaptée aux caractéristiques biochimiques que Richardson veut mettre en lumière. Pour cette même raison, l'*appropriation productrice* se configure alors comme un *détournement* par rapport au contenu de l'œuvre de l'artiste. Escher en effet a intitulé cette xylographie *Rind* (*Écorce* en français) et son propos d'artiste souligne que : « comme

³³⁹ Par concision nous désignons les trois images de la figure 4.4 uniquement par les lettres (a), (b) et (c).

l'écorce en forme de spirale³⁴⁰ d'un fruit et comme une sculpture creuse et fragmentée, l'image d'une femme flotte dans l'espace. Le sens de profondeur est renforcé par un banc de nuages qui diminue vers l'horizon³⁴¹ ».

En assumant l'hypothèse forte, l'opération de la biochimiste prévoit donc une relecture de l'œuvre d'Escher qui consiste à détourner le sens d'origine exprimé par l'artiste (*intentio auctoris*) au profit d'un sens complètement différent, presque opposé, en utilisant certains de ses moyens expressifs pour viser une tout autre cible qui, dans le cas ci-dessus, est constituée par une enzyme spécifique. L'*intentio lectoris* assume alors la forme la plus libre, la plus égoïste et la plus profitable dans une démarche de la biochimiste qui se veut pragmatique et inventive, comme tout artiste ferait dans le cas d'une *appropriation productrice*. Dans cette opération, l'*intentio operis* n'arrive plus à contenir dans ses possibilités le nouveau référent de la nouvelle représentation, puisque celle-ci détourne complètement la cible et ne garde, avec son aspect extérieur d'origine, qu'un pâle simulacre.

Bien que cette optique soit séduisante, l'hypothèse forte ne repose pas sur des bases solides. Rien ne nous indique explicitement que Richardson ait construit sa représentation à partir de l'œuvre d'Escher. Il s'avère qu'en menant quelques recherches supplémentaires sur la genèse des dessins de la biochimiste, nous avons découvert que l'université de Duke, dans laquelle la professeure Richardson travaille avec son équipe, possède un site officiel où il est paru un article au titre éloquent commémorant les cinquante ans d'activité de la biochimiste au sein de cette institution : « La "Mère des diagrammes en ruban" de la science célèbre ses 50 ans à Duke³⁴² ». Cette chronique en ligne relatant la vie et de la carrière de la scientifique, désormais devenue célèbre par ses dessins en forme de ruban, nous renseigne aussi sur les origines de ses compositions et nous dit qu'au tournant des années quatre-vingt, la biochimiste avait pris l'initiative de construire une représentation plus parlante et efficace des protéines que celles, trop hétérogènes, que l'on trouvait à l'époque. Crayon à la main, elle s'essaya alors à l'élaboration d'un modèle pouvant transmettre les informations connues sur les molécules,

³⁴⁰ Mauro Tiso, professeur de chimie à l'American University de Washington D.C. aux Etats-Unis, qui nous a aidé à la compréhension des modèles en ruban, nous a fait remarquer la possibilité d'une interprétation inverse à donner à la composition d'Escher : il se peut en effet que l'artiste se soit inspiré de la forme hélicoïdale de l'ADN découverte par James Watson et Francis Crick et dont la publication date du 25 avril 1953, environ deux ans avant la xylographie de l'artiste hollandais (1955).

³⁴¹ Nous traduisons : « Like the spiral-shaped peel of a fruit and like a hollow fragmented sculpture, the image of a woman floats through space. The sense of depth is enhanced by a bank of clouds which diminishes towards the horizon. » Citation parue dans le site, dont le rédacteur est Erik Kersten, se référant à l'Het Paleis à La Haye, qui conserve une de plus importantes collections d'œuvres de M.C. Escher. <https://www.escherinhetpaleis.nl/escher-today/rind/?lang=en> [consulté le 23 avril 2020].

³⁴² Nous traduisons : « Science's 'Mother of Ribbon Diagrams' celebrates 50 years at Duke », in KEY, Lindsay, Science's 'Mother of Ribbon Diagrams' celebrates 50 years at Duke. Dans : Duke Stories [en ligne]. 19 octobre 2018. [Consulté le 18 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://stories.duke.edu/sciences-mother-of-ribbon-diagrams-celebrates-50-years-at-duke>.

notamment les protéines, par un système qui relevait le défi de transposer sur une surface à deux dimensions des éléments chimiques tridimensionnels, tout en tenant compte en priorité des données expérimentales³⁴³. Probablement, non encore assurée par les moyens plastiques qu'elle avait mis en œuvre, elle demanda de l'aide à son entourage. Un passage en particulier retient notre attention :

Richardson interviewa sa belle-mère, qui était artiste, et demanda conseil à Irving Geis³⁴⁴, l'artiste à l'origine des premières illustrations de *Scientific American*, sur la façon de compléter les dessins. Mais au final, elle trouva qu'une ceinture et une solide formation en philosophie étaient des plus utiles³⁴⁵.

Or, dans ce récit, probablement composé à partir des mots et des souvenirs de la biochimiste, il est légitime de se demander pourquoi aucune mention n'est faite d'Escher tandis que sa belle-mère ou l'artiste illustrateur Irving Geis sont mentionnés. Il est bien possible que l'un d'eux lui ait suggéré d'aller observer l'œuvre de l'artiste hollandais, mais pourquoi ne pas le dire ? L'anecdote de la ceinture associée à sa formation de philosophe ont-ils été suffisants à la composition des dessins en forme de ruban ? Il est aussi plausible que les dessins et les motifs d'Escher, étant connus à l'époque, circulaient aisément dans les cercles scientifiques. En raison de sa façon artistique de produire des symétries, de son goût pour les formes impossibles, ses dilemmes et ses casse-têtes, son œuvre a souvent intrigué les scientifiques³⁴⁶. De plus, l'artiste hollandais a participé à des congrès de cristallographie, matière très proche de la microbiologie, comme celui de Cambridge en Angleterre en 1960³⁴⁷ et il a été cité lors du congrès des mathématiciens à Amsterdam en 1954³⁴⁸.

Alors, on peut supposer que ses motifs répandus et accessibles soient arrivés à l'oreille, ou plutôt à la vue de Richardson, entrant ainsi dans le vaste registre visuel des images que tout individu possède, sans nécessairement savoir les relier à une source spécifique. Dans la

³⁴³ De même que l'article de Richardson précédemment cité et paru sur internet, celui-ci ne comporte pas de numéros de pages. Nous renvoyons alors aux titres des paragraphes. KEY, Lindsay, *op.cit.*, paragraphe : *Deciding what's important*.

³⁴⁴ Le même artiste illustrateur dont nous parlerons plus loin, voir paragraphe 4.2.2.

³⁴⁵ Nous traduisons : « Richardson interviewed her mother-in-law, who was an artist, and reached out to Irving Geis, the artist behind early *Scientific American* illustrations, for advice on how to complete the drawings. But in the end, she found that a belt and a solid philosophy education were most helpful. » in : KEY, Lindsay, *ibid*.

³⁴⁶ Un exemple récent est donné par l'intérêt que l'astrophysicien Jean-Pierre Luminet porte à l'artiste hollandais. Voir : DONDERO, Maria Giulia. Sémiotique de l'image scientifique. *Signata. Annales des sémiotiques / Annals of Semiotics* [en ligne]. Décembre 2010, n° 1, p. 111-175. [Consulté le 7 octobre 2019]. DOI 10.4000/signata.291, p. 156-169.

³⁴⁷ Les informations biographiques proviennent de site cité de Het Paleis à La Haye à l'adresse internet : <https://www.escherinhetpaleis.nl/escher-today/crystallography-congress-cambridge-1960/?lang=en> [Consulté le 23 Avril 2020].

³⁴⁸ N.G. de Bruijn, président du comité d'organisation, et professeur des mathématiques a défendu l'idée que l'œuvre d'Escher représentait l'une des principales intersections entre l'art et les mathématiques. Voir le site cité de Het Paleis à La Haye à l'adresse internet : <https://www.escherinhetpaleis.nl/escher-today/international-congress-mathematicians-1954/?lang=en> [Consulté le 23 Avril 2020]

mémoire en effet, un grand réservoir des formes et des figures, des sons et des mélodies, des mots et des phrases est présent, et nous nous en servons pour élaborer nos idées, construire des projets, rédiger des textes, sans être forcément en mesure de retracer et d'identifier leurs origines. Nous accédons ainsi à l'hypothèse faible qui nous conduit à penser que la liaison entre Escher et Richardson a été établie par un souvenir, sans doute inconscient, d'un motif provenant du tableau reproduit ci-dessus et qui avait laissé une trace dans la mémoire de la biochimiste. Il s'agirait donc d'une version plus atténuée et moins directe d'influence d'un artiste sur un scientifique et répondrait toujours au propos exprimé par le *point de mire*.

L'hypothèse neutre semble pourtant gagner du terrain vis-à-vis des deux autres et risque de l'emporter. L'élément déclencheur de sa probable victoire réside sans doute dans l'anecdote de la ceinture, mentionnée ci-dessus, qui a conduit la biochimiste à composer ses dessins, et dans un article écrit par Richardson elle-même qui rappelle l'origine de ces compositions.

En l'apparence peu artistique, cette anecdote donnerait la possibilité de penser que la forme de la ceinture, très ressemblante au ruban utilisé dans les motifs (α -hélix ribbons et β -strand arrows, fig. 4.4.b) composant la molécule (fig. 4.4.c), a été utilisée comme modèle ou a eu au moins un rôle important pour élaborer la représentation. Or ce genre de processus contient et révèle déjà une démarche typiquement artistique, qui s'exemplifie dans le fait de transformer la forme d'origine d'un objet ordinaire (la ceinture) en une figure inédite susceptible de renvoyer à un objet différent (la molécule), dont on montre certaines caractéristiques essentielles à sa reconnaissance mais aussi des aspects novateurs quant à la façon de les présenter.

Dans le domaine de l'art, une démarche similaire a été adoptée par Picasso quand, à partir de deux objets des plus ordinaires comme une selle et un guidon de vélo, il a construit un assemblage donnant la forme d'une tête de taureau³⁴⁹. Cet assemblage nous conduit à reconnaître un taureau et à lui associer des attributs spécifiques qui contribuent à redéfinir l'image générale (l'idée) que nous avons de cet animal. Certes les résultats de ce type de démarche sont fort différents : d'un côté la biochimiste construit la représentation d'un objet à peu près inconnu, de l'autre Picasso renvoie à un animal notoire. Mais le processus qui les a conduits à construire un objet porteur de sens à partir d'éléments physiques qui lui sont complètement étrangers par la forme et la fonction, réunit l'artiste et la biochimiste sous une même démarche inventive et artistique.

L'apport créatif que la forme de la ceinture aurait inspiré, ne semble pourtant pas être

³⁴⁹ L'assemblage *Tête de taureau* (1942), est conservé au Musée national Picasso à Paris. Pour l'image, voir : <https://www.photo.rmnm.fr/archive/97-022786-2C6NU0SQPKQ5.html>. [Consulté le 21 Avril 2020].

suffisant à reconstruire l'origine et les sources des dessins en ruban de Richardson. Dans un article³⁵⁰ datant de l'année 2000, la biochimiste retrace brièvement l'histoire des scientifiques qui ont commencé à penser la mise en image des molécules dans les années 60-80, avant que l'utilisation des dessins en ruban ne fasse son apparition de manière systématique à partir des années 80, notamment grâce à une autre de ses publications, cette fois datant de 1981³⁵¹. Cette dernière présente en effet une taxonomie de la structure des protéines recensant les divers types de représentations employées à l'époque et beaucoup d'exemples de protéines sont ainsi exposés utilisant le modèle en ruban.

L'article de l'année 2000 semble réduire fortement la solidité de l'hypothèse forte, il met en doute aussi l'hypothèse faible et laisse à l'anecdote de la ceinture le dernier rempart pour défendre une démarche artistique et ne pas sombrer dans une dérivation uniquement scientifique. Les auteurs mentionnés par la biochimiste s'engagent dans les premières élaborations de représentations de protéines à partir des années 1960³⁵². À cette époque il y avait quelques modèles de représentation des protéines tels que celui de John Kendrew³⁵³ (fig. 4.1.a) ou le *modèle compact* même s'il se présentait de manière plus simplifiée par rapport à celui que nous avons reproduit dans la figure 4.2.b³⁵⁴. La construction des dessins en ruban aptes à représenter la structure de la protéine de Richardson apparaît peu redevable aux modèles des années 60-70 qu'elle cite dans son article de 2000. À une exception près. Parmi les sources auxquelles elle fait référence³⁵⁵, il y en a une³⁵⁶ qui mérite notre attention car elle est en mesure

³⁵⁰ RICHARDSON, Jane S. Early ribbon drawings of proteins. *Nature Structural Biology* [en ligne]. Août 2000, Vol. 7, n° 8, p. 624-625. [Consulté le 22 avril 2020]. DOI 10.1038/77912, p.1.

³⁵¹ RICHARDSON, Jane S. The Anatomy and Taxonomy of Protein Structure. Dans : ANFINSEN, C.B., EDSALL, John T. et RICHARDS, Frederic M. (dir.), *Advances in Protein Chemistry*. Vol. 34 [en ligne]. [S. l.] : Academic Press, 1 janvier 1981, p. 167-339. [Consulté le 23 avril 2020].

³⁵² La découverte du mode d'enroulement en hélice alpha advient autour de 1948 par Linus Pauling (publication en 1951) et celui de repliement en feuillet bêta par Pauling et Corey en 1951. Voir : VOET, Donald, VOET, Judith G, PRATT, Charlotte W et MELLONI, Edon. *Fondamenti di biochimica*. Bologna : Zanichelli, 2017, p.142-143.

³⁵³ Voir paragraphe 4.2.2.

³⁵⁴ Voir : COTTON, F. Albert et HAZEN, Edward E. 7 Staphylococcal Nuclease X-Ray Structure. Dans : *The Enzymes*. Vol. 4 [en ligne]. [S. l.] : Elsevier, 1971, p. 153-175B. [Consulté le 7 mai 2020]. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60367-4, p. 168, fig. 7b.

³⁵⁵ Les voici énumérées pour une lecture facilitée: 1) DICKERSON, R. E. *The Proteins Composition, Structure, and Function*. Vol. 2. Neurath, H. New York, NY : Academic Press, 1964 ; 2) DICKERSON, Richard Earl et GEIS, Irving. *The structure and action of proteins*. New York : Harper & Row, 1969. [Consulté le 23 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://archive.org/details/structureactiono0000unse> ; 3) CAMPBELL, J. W., WATSON, H. C. et HODGSON, Gail I. Structure of yeast phosphoglycerate mutase. *Nature* [en ligne]. Juillet 1974, Vol. 250, n° 5464, p. 301-303. [Consulté le 1 juin 2020]. DOI 10.1038/250301a0 ; 4) CARTER, Charles W., KRAUT, Joseph, FREER, Stephan T., XUONG, Nguyen-huu, ALDEN, Richard A. et BARTSCH, Robert G. Two-Angstrom Crystal Structure of Oxidized Chromatium High Potential Iron Protein. *Journal of Biological Chemistry* [en ligne]. Juillet 1974, Vol. 249, n° 13, p. 4212-4225. Disponible à l'adresse : <http://www.jbc.org/content/249/13/4212.abstract>. Ce dernier présente une des premières formes en ruban mais elle est postérieure à celle que nous allons examiner dans le paragraphe 4.2.1.

³⁵⁶ HOLMGREN, Arne, SODERBERG, Bengt-Olof, EKLUND, Hans et BRANDEN, Carl-Ivar. Three-Dimensional Structure of Escherichia coli Thioredoxin-S2 to 2.8 angstrom Resolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [en ligne]. National Academy of Sciences, 1975, Vol. 72, n° 6, p. 2305-2309. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/64698. JSTOR.

d'orienter le choix de nos hypothèses de manière concluante. Il s'agit d'une publication de chercheurs suédois datant de 1975 qui tâchent de visualiser la structure tridimensionnelle d'une protéine (la thiorédoxine s2 provenant de l'*Escherichia coli*) et par conséquent de mieux comprendre ses propriétés et sa fonction. Parmi les images reproduites qui illustrent ses caractéristiques et la procédure pour sa détection, un dessin en particulier a pour objectif de montrer les éléments composant la structure interne (fig. 4.5.a).

Pour mieux comprendre si ce dessin a pu fournir la source d'inspiration à la biochimiste américaine examinons-le en le plaçant avant le dessin de Richardson datant de 1981³⁵⁷: ce dernier (fig. 4.5.b)³⁵⁸ est un homologue en noir et blanc et sans doute à l'origine de la célèbre image en ruban en couleur montrée précédemment dans la figure 4.4.c.

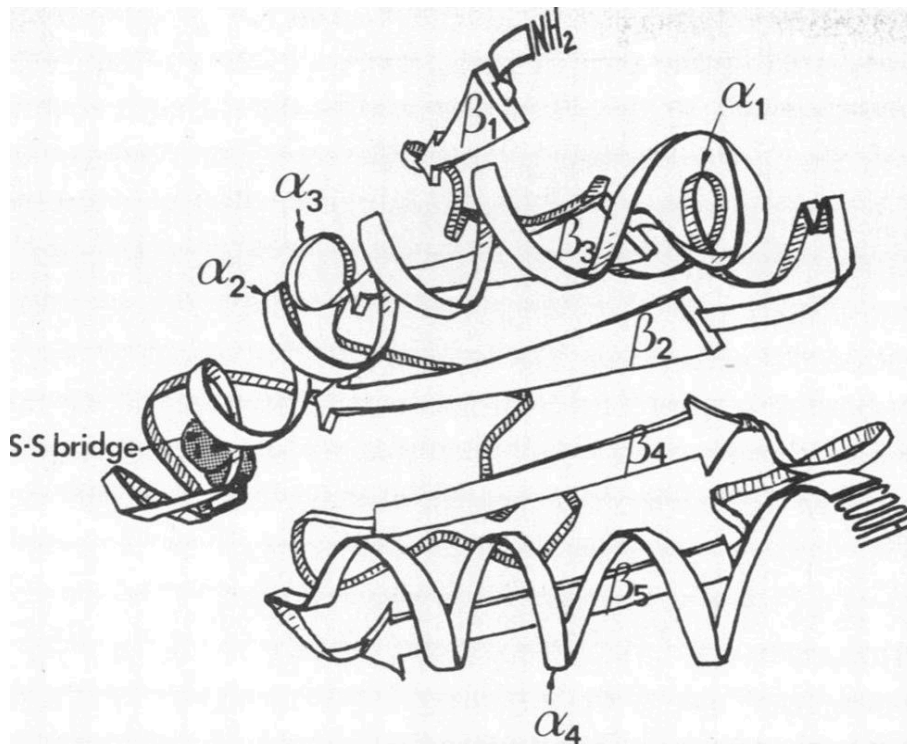


Figure 4.5.a : Bo Furugren, dessins en ruban de la structure de la thiorédoxine s2 provenant de l'*Escherichia coli* (1975).

³⁵⁷ La datation pourrait être anticipée d'un an, donc 1980, si l'on prend en compte le temps d'élaboration que cet article très fourni en images a demandé à Richardson, comme elle nous le détaille dans RICHARDSON, Jane S. Early ribbon drawings of proteins. *Nature Structural Biology* [en ligne]. Août 2000, Vol. 7, n° 8, p. 624-625. [Consulté le 22 avril 2020]. DOI 10.1038/77912, p.1. Bien que moins probable, on pourrait même avancer l'élaboration de ces dessins en ruban à l'an 1979 si l'on suppose que l'envoi de l'article à l'éditeur date de 1980 et est publié en 1981.

³⁵⁸ Ce dessin apparaît dans l'article de Richardson de l'année 2000. L'image étant de petit format s'adaptait difficilement à une reproduction correctement visible, nous avons donc utilisé une meilleure reproduction paraissant sur le site de l'Institut de recherche biomédicale Scripps à l'adresse : <https://www.scripps.edu/pique/gradclass/StructuralBiologyFoldingPracticalHandout.pdf>. [consulté le 31 mai 2020].

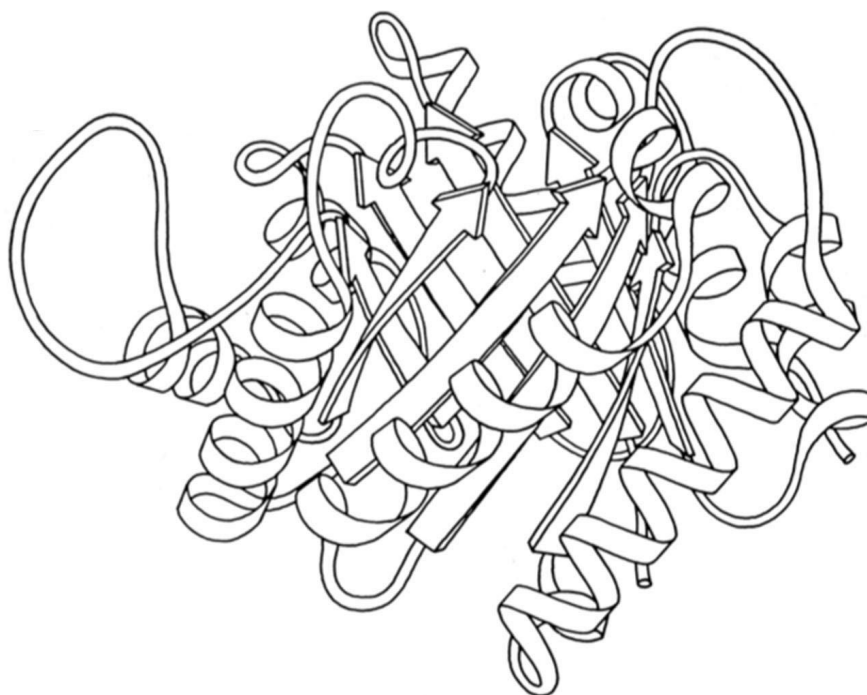


Fig. 4.5.b, Jane Richardson, dessin en ruban de la structure de la Triose-phosphate isomérase (1981).

La figure 4.5.a reproduit donc le dessin figurant dans l'article des scientifiques suédois datant de 1975. Sa courte légende nous renseigne³⁵⁹ sur le nom de l'auteur correspondant au chimiste Bo Furugren lequel, n'apparaissant pas parmi les cosignataires de l'article, nous conduit à penser qu'il est intervenu uniquement pour illustrer la protéine en question. La figure 4.5.b apparaît en revanche dans l'article de Richardson de l'année 2000 mais, comme elle l'indique³⁶⁰, faisant partie d'un vaste recueil de reproductions graphiques qui sert de taxonomie sur la structure des protéines datant de 1981³⁶¹. Au-delà du fait que les deux dessins renvoient à deux protéines différentes et donc présentent des configurations spatiales et un arrangement d'hélices alpha et de feuillets bêta spécifiques à chacune, si nous analysons l'ensemble des traits qui correspondent aux composants fondamentaux des structures respectives, la similarité

³⁵⁹ « Schematic drawing of the main chain conformation of E. coli thioredoxin-S2, designed by Dr. Bo Furugren. The two filled circles in the protrusion at the left of the figure represent the sulfurs of the S-Sbond. » *Id.*, HOLMGREN, et al., p. 2307 figure 3.

³⁶⁰ La biochimiste indique que l'image que nous reproduisons dans la figure 4.5.b apparaît dans son article de 1981 mais nous ne l'avons pas trouvée dans cette configuration. Voir : RICHARDSON, Jane S. Early ribbon drawings of proteins. *Nature Structural Biology* [en ligne]. Août 2000, Vol. 7, n° 8, p. 624-625. DOI 10.1038/77912, p. 624, figure 1.b.

³⁶¹ RICHARDSON, Jane S. The Anatomy and Taxonomy of Protein Structure. Dans : ANFENSEN, C.B., EDSALL, John T. et RICHARDS, Frederic M. (dir.), *Advances in Protein Chemistry*. Vol. 34 [en ligne]. [S. l.] : Academic Press, 1 janvier 1981, p. 167-339. DOI 10.1016/S0065-3233(08)60520-3

est considérable. Pour comprendre l'image de Furugren, imaginons une chaîne unique et longue d'une protéine reliant, les uns après les autres, les acides aminés non tant comme un collier dans lequel les maillons se suivent, mais comme un ruban pas très large, peu épais et plutôt long qui se déroule dans l'espace. La forme en ruban se manifeste alors comme une invention qui permet de visualiser la chaîne de la protéine en tant qu'élément fondamental de la structure générale de la protéine dans sa configuration tridimensionnelle.

Il a un commencement tout en haut avec l'écriture NH_2 , il a une direction, allant dans le même sens que les flèches des feuilletts bêta, et une fin sur le côté droit avec l'écriture COOH positionnée de manière presque horizontale. Le long de son parcours le ruban acquiert des formes diverses qui se répètent par intervalles et qui peuvent se résumer à trois motifs : il s'étire et s'aplatit sur des flèches pour indiquer les feuilletts bêta, il s'enroule pour montrer les hélices alpha avec leur morphologie torsadée et il assume un mouvement plus irrégulier qui se développe entre les deux motifs précédents. Chacun de ces trois composants fondamentaux de la structure de la protéine est présent aussi dans le dessin de Richardson (voir figure 4.4.b et 4.5.b), nous pouvons ainsi retrouver :

- la forme en ruban de la chaîne de la protéine, à la base de la structure générale ;
- le feuillet beta qui possède la même conformation et les mêmes proportions que celui de Furugren en tant que flèche de petite épaisseur mise en évidence par le relief du contour, plate et allongée, rectangulaire, pointue d'un côté et droite de l'autre, appliquant par endroits un léger mouvement de torsion ;
- les hélices alpha, qui sont tout aussi similaires dans les proportions, même si elles affichent une légère différence que l'on peut repérer chez Furugren dans l'aspect plus fin et étroit du ruban et dans un mouvement plus souple dans la série des courbes qu'il forme, alors que chez la biochimiste américaine l'allure torsadée apparaît plus rigide comme si elle s'enroulait autour d'un bloc régulier cylindrique ;
- enfin le ruban au mouvement irrégulier, qui se présente très fin dans les deux représentations et juste en tant qu'élément de liaison entre les précédentes microstructures (alpha et bêta), bien que plus aplati chez Furugren gardant ainsi la cohérence d'un ruban pour toute la structure dans l'image et en revanche plus librement arrondi chez Richardson.

Loin du motif à spirale qui nous avait conduit à la comparaison avec le tableau d'Escher, signalé par la biochimiste elle-même, la composition de Bo Furugren fournit une architecture structurée et accomplie de la protéine dont la morphologie générale et les trois motifs

particuliers semblent bien influencer le dessin de la biochimiste américaine.

Si l'on cherche à penser qu'il n'y a pas de dérivation directe, que le dessin du Suédois n'est pas la source de Richardson, quels seraient les aspects visuels qui soutiendraient cette thèse ? Les petits détails qui différencient les deux compositions, et que nous avons déjà mis en évidence, peuvent sûrement contribuer à l'appuyer. De plus, des petits traits s'affichent sur le ruban de Furugren pour une meilleure lisibilité de ses mouvements et des écritures indiquent les microstructures alpha et bêta dans la figure 4.5.a, alors qu'ils sont absents de la figure 4.5.b. On peut imaginer que la biochimiste américaine adopte une autre stratégie en colorant la structure comme dans la figure 4.4.c, mais la filiation des composants fondamentaux demeure ancrée au dessin du chimiste suédois.

À la lecture de l'article de Richardson de 1981 sur la taxonomie, on peut remarquer que cette structure composée par les trois motifs examinés, ou quatre avec la forme de base du ruban, se décline et anime toute une panoplie d'exemples chacun se référant à un type de protéine particulier. Les formes se complexifient ou se simplifient, s'allongent ou se réduisent, distribuent les ombres pour faire émerger les premiers plans sur les seconds ou acquièrent une couleur en nuances de gris foncé³⁶², tout cela pour mieux faire émerger le nombre et les variantes d'hélices alpha et de feuillet bêta présents dans les diverses structures. Toutefois, si le vocabulaire change, la structure de base des dessins en ruban demeure : comme une multitude de tableaux peut se réunir sous un même style qui est caractéristique d'un auteur spécifique, les traits distinctifs qui gouvernent et relient l'ensemble des exemples de Richardson relèvent de la même facture, bien que cette fois elle soit appliquée à une matière scientifique et non artistique. Et comme un style peut dériver et être tributaire d'un autre, celui de la biochimiste semble bien avoir assimilé, dans les diverses applications qu'elle en fait, les traits essentiels du modèle élaboré par Furugren³⁶³.

Nous sommes maintenant en mesure de tirer des conclusions sur nos hypothèses. Au vu de la *découverte* du modèle de Furugren, qui semble être la source des dessins en ruban de Richardson, l'hypothèse forte qui voulait voir dans la xylographie d'Escher (fig. 4.4.a) le point de départ de l'inspiration de la biochimiste paraît compromise et l'origine artistique d'une représentation scientifique s'éloigne un peu. Reléguée à un rôle mineur, elle ne peut que survivre dans l'idée qu'elle a servi pour les jeux d'ombre et les espacements entre les brins de

³⁶² Voir paragraphe 4.2.3 pour un usage différent des teintes en noir et blanc de Richardson.

³⁶³ Même en oubliant pour un moment l'aspect formel qui relie les deux dessins examinés, on pourrait avancer l'idée que Richardson ne connaissait pas le dessin du chimiste suédois lors de l'élaboration de ses motifs en ruban et ne l'ait découvert que postérieurement, d'où la citation du nom de Bo Furugren dans son article de 2000 et non dans celui de 1981. Cette supposition reste très fragile du fait que dans la bibliographie de l'article de 1981 la publication contenant le dessin de Furugren paraît sous les noms des quatre cosignataires suédois qui ont écrit l'article : voir HOLMGREN et al., *op.cit.*

la forme torsadée de l'hélice alpha³⁶⁴, mais même dans ce cas elle demeure improbable.

Un constat similaire est recevable aussi pour l'hypothèse faible, qui sollicite l'ancrage des formes du dessin d'Escher dans la mémoire de Richardson comme un motif récurrent qui était devenu familier dans le milieu scientifique sans savoir forcément en trouver l'origine dans l'œuvre de l'artiste hollandais. À l'observation du dessin du chimiste suédois, cette possibilité interprétative perd de la vigueur et éloigne encore plus la supposée influence artistique. Aussi l'anecdote de la ceinture se retrouve-t-elle affaiblie, même si la suggestion d'une utilisation de ses repliements *en vrai* peut avoir eu une incidence sur la construction des multiples exemples que la taxonomie de l'article de 1981 a dû exiger.

Il ne reste que l'hypothèse neutre et elle s'affirme comme la plus probable dans la mesure où on peut établir *a posteriori* des analogies visuelles pertinentes entre l'œuvre d'Escher et la forme en spirale de l'hélice alpha. En effet, la figure de la tête de la femme dans la xylographie *rappelle* celle des hélices torsadées de la protéine, mais cette simple comparaison ne prouve pas qu'il y ait eu une *action concrète* de l'œuvre artistique exercée sur la représentation scientifique de la biochimiste pouvant laisser une trace tangible. Et cette constatation est importante parce qu'elle semble aller à l'encontre du *point de mire* exprimé par Richardson lorsqu'elle indique que : « nous avons souvent fait des percées initiées par un concept issu des sciences humaines, en particulier des arts visuels. Cet article raconte quatre courtes histoires sur la façon dont l'art a influencé notre recherche scientifique³⁶⁵ ».

Comment interpréter alors cette influence de l'art ? Reprenons un extrait plus ample de ses propos pour tenter de mieux cerner sa pensée :

L'avancée majeure des dessins en ruban a été l'utilisation d'une représentation similaire au dessin d'Escher de la figure 2a³⁶⁶, où les surfaces continues sont représentées implicitement par les espaces et l'alignement entre les rubans adjacents. Cette ouverture est encore plus importante pour les molécules, où l'on doit voir à travers plusieurs strates de structure, pas seulement les surfaces avant et arrière. La figure 2b³⁶⁷ montre les représentations que j'ai élaborées pour suggérer les liaisons hydrogène ascendantes et descendantes entre les courbes des spirales de l'hélice alpha et entre les flèches des feuillet bêta qui s'enroulent l'un sur l'autre en motifs à multiples feuillet. Les arrangements très variés et non répétitifs dans les boucles entre les structures secondaires sont simplifiés sous forme de cordes lisses³⁶⁸.

³⁶⁴ Voir les figures 4.21.b, p. 207 et 4.23.b, p. 211 que nous avons reproduites dans le chapitre 4, paragraphe 4.2.3.

³⁶⁵ « The breakthrough to ribbon drawings was using a representation similar to the Escher drawing in Figure 2a, where continuous surfaces are shown implicitly by the spaces and the alignment between adjacent ribbons. » RICHARDSON, id., Paragraphe : *Ribbon Drawings of Proteins*.

³⁶⁶ Que nous avons reproduit dans la figure 4.4.a, p. 160.

³⁶⁷ Que nous avons reproduit dans la figure 4.4.b, p. 160.

³⁶⁸ Nous traduisons : « The breakthrough to ribbon drawings was using a representation similar to the Escher drawing in Figure 2a, where continuous surfaces are shown implicitly by the spaces and the alignment between adjacent ribbons. That openness is even more important for molecules, where one needs to see through to multiple layers of structure, not just front and back surfaces. Figure 2b shows the representations I worked out for

La biochimiste estime probablement que ce concept, ou plutôt cette forme qui exprime un concept, a été trouvée d'abord dans les sciences humaines, notamment dans la mise en image d'Escher, et ensuite dans le monde scientifique. Mais cela ne prouve pas une influence directe de l'art sur la science comme sa phrase l'indique. Peut-être pensait-elle à une variante d'hypothèse faible selon laquelle les formes introduites par les artistes dans une société entrent dans la sphère idéale d'une connaissance commune et partagée par les individus d'une même communauté. Cette idée est possible, nous avons d'ailleurs nous-même proposé une version comparable mais plus déductive et restreinte, en argumentant que les motifs introduits par Escher auraient pu être connus des chercheurs compte tenu de nombreux points de contact entre l'artiste et la communauté scientifique, proposant ainsi des motifs pouvant aider à la conception des nouveaux modèles employés dans la représentation en science. Cela ne semble pourtant pas correspondre à ses paroles. Pour que le *point de mire* soit cohérent avec ses propos exposés ci-dessus il faudrait que l'influence d'Escher soit directe sur ses dessins mais nous avons vu que la source de la biochimiste n'est pas dans l'œuvre de l'artiste hollandais.

Cet exemple ne fait probablement pas partie des influences directes d'un motif issu du monde artistique pouvant inspirer ou peser sur l'élaboration de la représentation scientifique. Il semble toutefois avoir une autre fonction qui le met en commun avec les autres cas cités dans l'article de la biochimiste et que nous allons tenter de mettre en lumière pour comprendre de quelle manière l'analogie peut contribuer à la compréhension d'un phénomène scientifique.

4.1.3 Deuxième cas : les méandres des vases grecs

Une autre interprétation que l'écrit de Richardson admet (*intentio operis*) mais qui demeure seulement partiellement compatible avec le *point de mire*, relève de l'utilité de l'analogie dans la compréhension et la transmission des concepts scientifiques. Nous nous déplaçons ainsi du plan de la conception et la production d'une image apte à représenter un concept ou un phénomène, au plan de l'utilisation d'une composition notamment artistique pour rendre compréhensible et communicable un concept ou un phénomène qui fait l'objet d'une étude scientifique.

Dans ce deuxième cas de figure, paraissant dans le même article traitant l'exemple d'Escher³⁶⁹, la biochimiste américaine propose un modèle de repliement des feuillets bêta de

suggesting the up-and-down hydrogen-bonds between turns in alpha-helical spirals and between beta-strand arrows that twist together as multi-strand sheets. The highly varied and non-repetitive arrangements in the loops between secondary structures are simplified as smooth ropes.» RICHARDSON, *id.*, Paragraphe : *Ribbon Drawings of Proteins*.

³⁶⁹ RICHARDSON, Jane S., Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. SCIART

la protéine dont la structure interne peut être schématisée et visualisée par un motif similaire à ceux qui sont récurrents et caractéristiques des vases grecs anciens, appelés *méandres* ou *grecques* (voir figures 4.6.a et 4.6.b³⁷⁰).

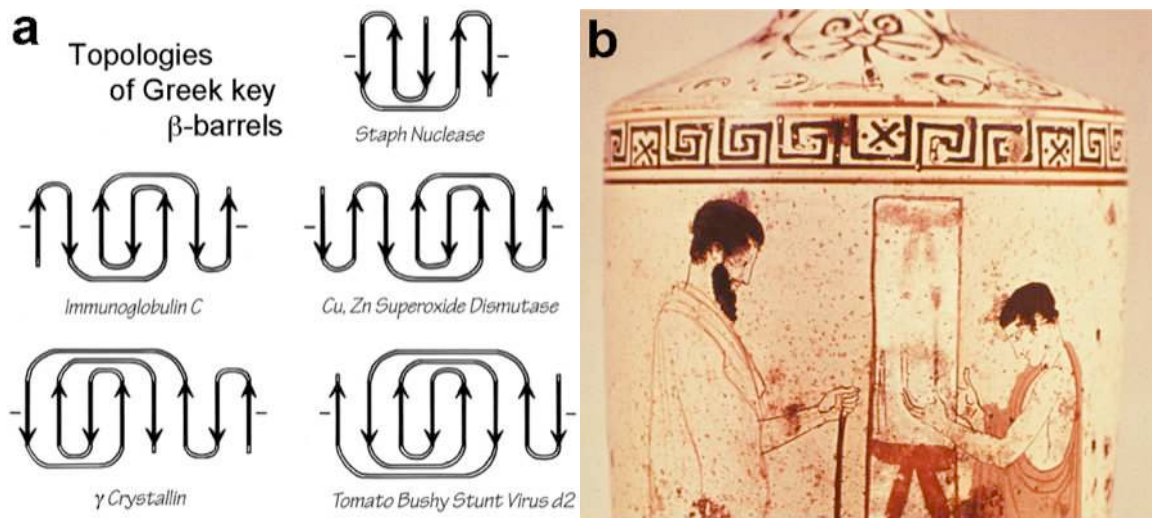


Fig. 4.6.a (à gauche) modèle à méandres dessiné par Richardson. Fig. 4.6.b (à droite), méandre traditionnel paraissant sur un lécythe à fond blanc datant du V^e siècle a.C conservé au musée National d'Athènes.

L'image de gauche montre une visualisation schématique du type de connexions qui s'établissent entre les feuillets bêta tels que l'on pourrait les visualiser si l'on devait les reproduire suivant leur configuration interne³⁷¹. Il ne s'agit pas de mettre en image les feuillets bêta tels que nous les avons vus en tant que flèches dans les dessins en ruban, mais plutôt d'indiquer l'ordre et la manière dont ces feuillets beta sont connectés entre eux (figure 4.6.a). À titre d'exemple, nous pouvons voir ces connexions comme le cordon qui entre et sort des

MAGAZINE [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>.

³⁷⁰ Nous reproduisons les mêmes illustrations parues dans l'article de Richardson, in RICHARDSON, *op.cit.*, fig. a et b paragraphe : *Greek Key beta-Sheet Topology*. Toutefois n'ayant pas trouvé d'indications pouvant nous éclairer sur le contenu du vase grec, nous nous sommes référé à un autre article où apparaît la même image plus complète. Voir : RICHARDSON, J. S., RICHARDSON, D. C., TWEEDY, N. B., GERNERT, K. M., QUINN, T. P., HECHT, M. H., ERICKSON, B. W., YAN, Y., MCCLAIN, R. D. et DONLAN, M. E. Looking at proteins: representations, folding, packing, and design. Biophysical Society National Lecture, 1992. Biophysical Journal. Novembre 1992, Vol. 63, n° 5, p. 1185-1209. Planche 12, p.1194.

³⁷¹ Voir l'article où la biochimiste détaille les caractéristiques de l'analogie : RICHARDSON, J. S., RICHARDSON, D. C., TWEEDY, N. B., Looking at proteins: representations, folding, packing, and design. Biophysical Society National Lecture, *op.cit.*, p.1192-1193. Voir aussi l'article d'origine où Richardson expose pour la première fois en 1977 l'analogie avec les vases grecs in : RICHARDSON, Jane S. β -Sheet topology and the relatedness of proteins. Nature [en ligne]. Août 1977, Vol. 268, n° 5620, p. 495-500. [Consulté le 30 avril 2020]. DOI 10.1038/268495a0.

feuilletés bêta dans les figures 4.5.a et 4.5.b³⁷². La mise en image d'une telle configuration pourrait prendre diverses formes, mais celle choisie par la biochimiste et qui rappelle les méandres paraissant en haut du vase grec (figure 4.6.b), offre une image réduite à l'essentiel qui expose un type de conformation interne à la protéine, en réduisant la complexité et en permettant un accès simplifié à la compréhension.

Un court passage dans son écrit nous indique que l'analogie s'est établie *après* qu'elle ait composé ses dessins et non *avant*, ôtant ainsi la possibilité d'une inspiration artistique : « Une fois que j'en ai dessiné des schémas [...], j'ai réalisé que leur caractéristique commune était un motif à la grecque comme ceux que l'on trouve couramment sur les vases grecs³⁷³ ». Le rapport de ressemblance est effectivement saisissant. L'utilisation de l'image du vase et plus particulièrement des méandres permet de saisir d'un coup d'œil la logique interne à la structure, elle la rend immédiatement assimilable à l'observateur par des motifs qui sont notoires et lui permettant aussi de les mémoriser plus facilement pour une association immédiate avec les propriétés fonctionnelles de la protéine. À ce propos, les articles destinés à la communauté scientifique sont accompagnés d'illustrations de vases de la Grèce antique pour mettre en évidence l'analogie avec les méandres, et il faut bien constater que c'est une caractéristique inhabituelle, mais efficace, pour des publications scientifiques dans le domaine de la microbiologie³⁷⁴.

Dans le résumé (*abstract* en anglais) qui introduit un autre article contenant les motifs en forme de méandres (et les vases aussi), la biochimiste mesure la valeur de la représentation dans l'interprétation et l'étude des protéines. Nous le reportons en ajoutant à chaque phrase une petite lettre pour faciliter les déductions qui suivent :

L'étude des protéines est un processus actif d'interprétation et de sélection, qui met en évidence certaines caractéristiques et en supprime d'autres [a]. De multiples représentations sont nécessaires, par exemple pour montrer des mouvements ou pour transmettre simultanément la connexion de la chaîne et la forme tridimensionnelle [b]. En étudiant et en comparant les structures des protéines, des idées sont suggérées sur les facteurs déterminants de la structure tertiaire et du pliage³⁷⁵ [c].

³⁷² P. 158.

³⁷³ Nous traduisons : « Once I drew schematic diagrams of them [...], I realized their shared feature was a Greek key pattern like those common on Greek vases », RICHARDSON, Jane S., *Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D*. *op.cit.*, paragraphe : *Greek Key beta-Sheet Topology*.

³⁷⁴ Aujourd'hui ce motif est couramment utilisé aussi dans des manuels universitaires tels que : VOET, Donald, VOET, Judith G. et PRATT, Charlotte W. *Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level*. 4th ed. Hoboken, NJ : Wiley, 2013, p.148.

³⁷⁵ Nous traduisons : « Looking at proteins is an active process of interpretation and selection, emphasizing some features and deleting others. Multiple representations are needed, for such purposes as showing motions or conveying both the chain connectivity and the three-dimensional shape simultaneously. In studying and comparing protein structures, ideas are suggested about the determinants of tertiary structure and of folding », RICHARDSON, J. S., RICHARDSON, D. C., TWEEDY, N. B., *Looking at proteins: representations, folding, packing, and design*. Biophysical Society National Lecture, *op.cit.*, p.1186.

Le [a] nous autorise à trouver confirmation aux thèses exposées par Chakravartty sur l'idéalisation et l'abstraction de la représentation scientifique³⁷⁶ et que nous avons examinées pour mettre en évidence les analogies constitutives de la représentation artistique. Richardson utilise la même opération analogique pour unifier deux domaines distincts (art et science) afin de fournir non seulement des éléments de compréhension du fonctionnement interne aux protéines, mais aussi pour apporter des compléments d'information pouvant suggérer ou encourager de nouvelles pistes d'interprétation des phénomènes invisibles [c]. La richesse d'une telle démarche repose sur une qualité spécifique au procédé analogique qui se fonde « sur l'interconnexion des relations susceptibles d'être étendues d'un domaine à un autre [et] cette extension peut être soit une forme d'éclaircissement mutuel des deux domaines considérés, soit une manière d'inventer une forme de théorie nouvelle à partir de la connaissance d'une autre³⁷⁷ ». Or, ce principe marque les quatre exemples que la biochimiste nous offre pour mieux éclairer l'emploi des formes artistiques dans la recherche scientifique.

Le [b] qui témoigne de la nécessité de plusieurs représentations pour cerner les propriétés d'un phénomène ou d'un objet de la microbiologie, renforce les thèses de Michel Mercier³⁷⁸. Pour le microscopiste français il s'agit de plusieurs images instrumentales dont l'ensemble permet de mieux cerner le sens d'un spécimen et ses propriétés. De même pour la biochimiste la multiplicité représentative contribue à construire une convergence de sens et assume aussi une valeur heuristique [c].

Enfin nous voyons se profiler un sens autre du *point de mire* qui ne consiste pas en une dérivation directe d'une représentation scientifique d'une (autre) artistique, mais dans l'apport que celle-ci peut fournir à la compréhension, la communication et l'heuristique de la recherche en science.

4.1.4 Troisième cas : Picasso

Cette interprétation du *point de mire* semble se confirmer dans un autre cas de représentation de la structure des protéines où Richardson associe la visualisation scientifique avec, cette fois-ci, un tableau de Picasso³⁷⁹. Comme nous l'avons déjà souligné³⁸⁰, le cubisme a construit un mode de représentation où plusieurs points de vue coexistent dans la même

³⁷⁶ Voir chapitre 2, en particulier paragraphes 2.1.1 et 2.2.1.

³⁷⁷ LECOURT, Dominique (dir.). Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences. 4e éd., rev. augmentée. Paris : PUF, 2006. Quadrige. Dicos poche, p.39.

³⁷⁸ Voir : chapitre 3 paragraphe 3.6.

³⁷⁹ Il s'agit du tableau de Pablo Picasso *Jeune fille au miroir* (*Girl Before a Mirror*, en anglais) de 1932, conservé au Museum of Modern Art (MoMA) de New York.

³⁸⁰ Chapitre 2, paragraphe 2.2.4.

composition. Cette interprétation est donnée par la biochimiste au tableau du maître catalan quand elle affirme que nous pouvons voir le visage de la femme de profil et en entier en même temps (visage en haut à gauche) dans la figure 4.7.a³⁸¹.

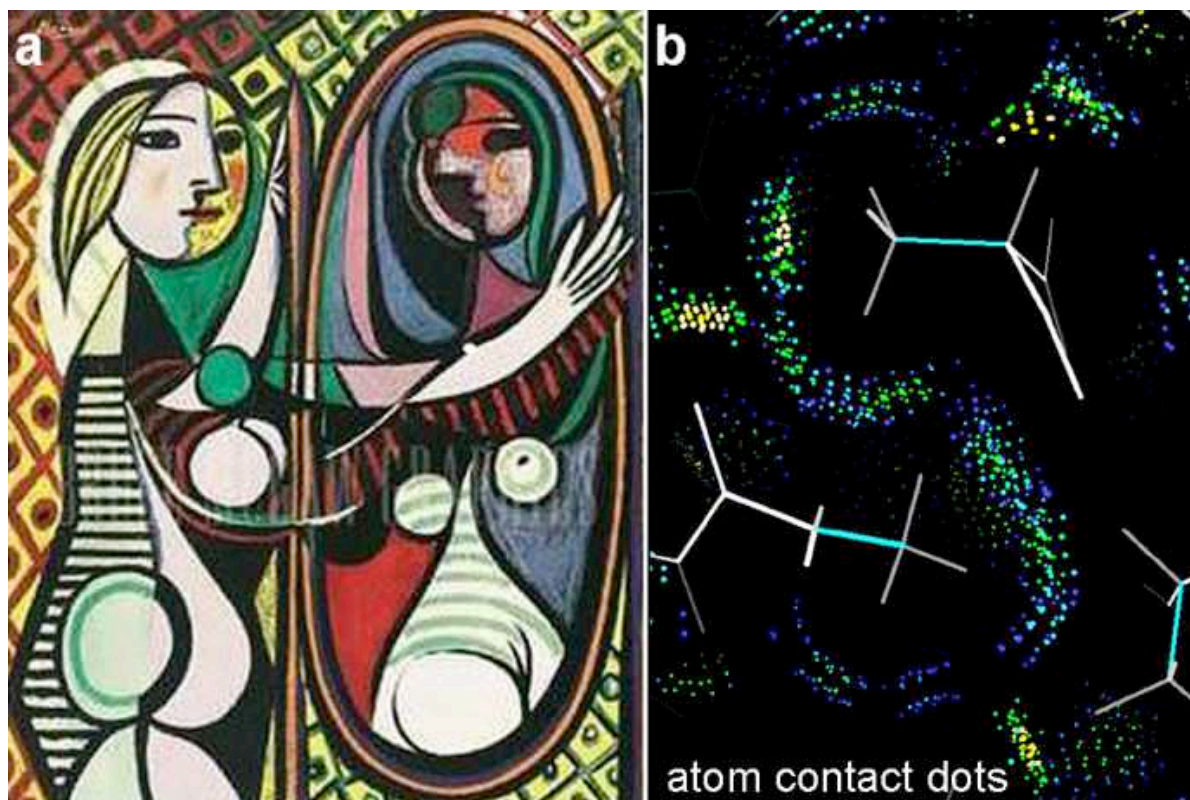


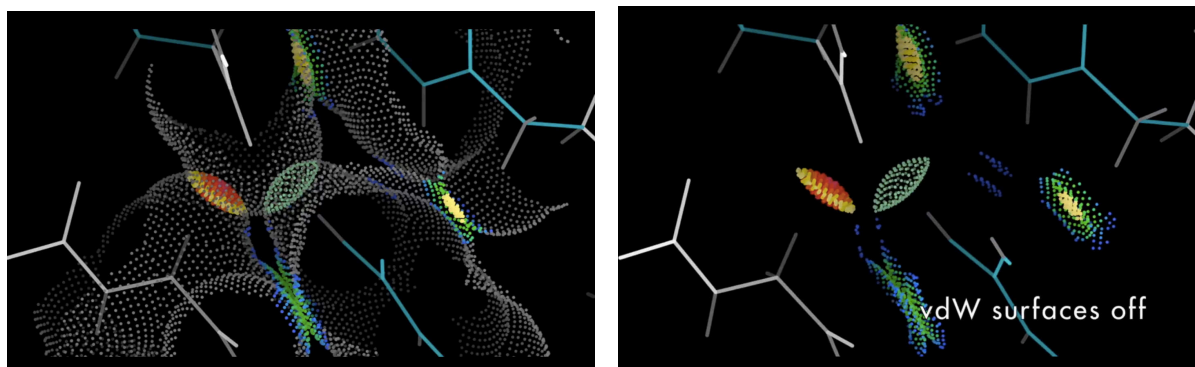
Fig. 4.7.a (à gauche), Picasso, *Jeune fille au miroir* (1932). Fig. 4.7.b (à droite), visualisation d'une protéine et des forces de Van des Walls par infographie.

L'analogie avec la figure de droite consiste à faire coexister dans la même infographie (4.7.b) deux modes de représentation de la protéine : la chaîne que la biochimiste considère unidimensionnelle, formée par des atomes en tant que bâtonnets de couleur blanche et cyan connectés par des liaisons chimiques, et la tridimensionnalité définie par des zones en pointillé bleu, vert et jaune, qui indiquent les points de contact entre atomes et plus précisément entre les surfaces des régions de l'espace intra-atomique où se manifestent les forces de Van der Waals³⁸². Pour mieux comprendre cette image peu parlante pour un non spécialiste considérons

³⁸¹ Les deux images sont issues de l'article : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. SCIART MAGAZINE [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>. Paragraphe : *The Duality of Dot-Contact Surfaces and Chemical Connectivity*.

³⁸² Pour être lue et comprise correctement cette image requiert que beaucoup de concepts de chimie et de

les deux images suivantes (figures 4.8.a et 4.8.b).



Figures 4.8.a et 4.8.b deux captures d'écran du modèle construit par ordinateur appelé MolProbity and Phenix, montrant sur la figure de gauche les forces de Van der Waals ayant une forme sphérique et leurs interactions, sur la droite on ne montre que les interactions sans les surfaces de Van der Waals.

Il s'agit de deux infographies issues d'un programme pour ordinateur qui modélise les liaisons entre atomes et les interactions entre molécules, utilisé pour prévoir le comportement des protéines³⁸³. Plus précisément, dans celle de gauche (figure 4.8.a), on peut remarquer les bâtonnets en blanc et cyan qui représentent les liens des atomes dans leur structure unidimensionnelle, tels que nous pouvons aussi les observer dans la figure 4.7.b utilisée par Richardson. Mais plus que les bâtonnets, autour d'eux on peut remarquer des points gris qui composent des surfaces à la forme sphérique qui visualisent les limites où agissent les forces de Van der Waals. Ces forces sont des interactions électriques de faible intensité qui interviennent à une courte distance entre molécules (et atomes), et contribuent à la compréhension et à la prévision de leur comportement vis-à-vis d'autres molécules avec lesquelles elles interagissent. Ce procédé de visualisation joue un rôle important aujourd'hui dans la fabrication des protéines et de nouvelles molécules, en particulier pour la production des médicaments.

Les points d'interaction entre ces forces, qui se manifestent dans la partie extérieure de

microbiologie soient maîtrisés par l'observateur et ce n'est pas l'objet de notre étude. Nous conseillons de visionner cette vidéo qui permettra au lecteur d'avoir une idée un peu plus claire du fonctionnement du programme duquel cette infographie dérive : <https://www.youtube.com/watch?v=5ceIMxKbB-A> [consulté le 1 mai 2020].

³⁸³ Ces infographies sont des captures d'écran de la vidéo tutoriel du programme MolProbity and Phenix que l'on peut visionner à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=5ceIMxKbB-A> [consulté le 2 mai 2020]. Ce tutoriel renvoie au programme développé par le laboratoire de Richardson : <http://kinemage.biochem.duke.edu/teaching/workshops/CSHL2016/molprobity.html> [consulté le 2 mai 2020] et se réfère en particulier à l'article : WORD, J.Michael, LOVELL, Simon C., RICHARDSON, Jane S. et RICHARDSON, David C. Asparagine and glutamine: using hydrogen atom contacts in the choice of side-chain amide orientation 1 I Edited by J. Thornton. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Janvier 1999, Vol. 285, n° 4, p. 1735-1747. [Consulté le 2 mai 2020]. DOI 10.1006/jmbi.1998.2401

la structure des protéines là où elle peut réagir avec d'autres molécules, sont rendus visibles par des points colorés où ces surfaces sphériques entrent en contact entre elles. Ce sont bien ces régions où les interactions agissent qui intéressent les biochimistes et les codes couleurs employés indiquent le niveau d'interaction : à partir du bleu les points de contact sont les plus atténués, pour passer graduellement au vert où les contacts entre surface sont plus forts, et au jaune où l'interaction est encore plus prononcée et les surfaces se chevauchent plus profondément. Or, certains de ces chevauchements ne sont pas *favorables* à l'interaction, créant ainsi des conflits ou une incompatibilité entre atomes et déterminant une instabilité potentielle de l'interaction de la protéine. Pour un biochimiste, les formes sphériques des forces de Van der Waals sont moins importantes que les résultats potentiels de leurs interactions, d'où l'intérêt de les cacher pour ne laisser apparaître que les zones de contact colorées de la figure 4.8.b. Voici comment s'explique le fait que ces zones sont considérées par Richardson comme ayant une forme tridimensionnelle alors que la figure 4.7.b fournissait peu de points de repère pour la saisir.

Dans les deux cas précédents (Escher et les méandres des vases grecs), la nature de l'analogie était plus de l'ordre d'une similarité formelle, définie par une correspondance descriptive qui saisissait les ressemblances entre les exemples artistiques et scientifiques. La comparaison avec l'artiste hollandais se concentrait davantage sur la ressemblance de certaines parties, comme les hélices alpha, constituant un élément fondamental mais non suffisant pour composer la structure entière et cohérente de la protéine. Pour compléter sa forme, il fallait ajouter les feuillets bêta dont la similarité avec le ruban de l'artiste était possible bien que moins convaincante. Dans le cas des méandres, la biochimiste a construit une analogie se fondant plus sur une similarité de la structure entre les motifs grecs et les liaisons entre feuillets bêta, rapprochant davantage la logique interne des schémas des deux motifs plutôt que l'affinité de l'aspect extérieur des figures.

Dans ce troisième cas, l'analogie se fonde sur un sens plus conceptuel où ce qui est retenu par Richardson dans le tableau de Picasso est la possibilité d'offrir une multiple perspective spatiale du même objet (vue de face et de profil) qui trouve une relation dans la visualisation de la protéine (vues en 1D et en 3D) de sa structure interne. Si le but consiste à fournir un outil supplémentaire à la compréhension et à la communication des informations sur la protéine, l'objectif est dans ce cas probablement moins bien atteint en raison du fait de demander à la communauté scientifique, ou à un plus large public, de connaître au préalable Picasso et de se familiariser avec les caractéristiques particulières du cubisme.

4.1.5 Quatrième cas : l'origami

Le dernier exemple cité par la biochimiste offre un cas plus significatif par rapport aux trois précédents par l'objet traité et par le procédé qui a été employé. L'origami est un art d'origine asiatique, couramment adopté au Japon et répandu dans le monde entier notamment depuis la Seconde Guerre mondiale. Il consiste à plier des feuilles de papier à l'aide de techniques précises pour composer des figures et des objets aux formes les plus variées. L'exemple apporté par la biochimiste est celui d'un canari que nous pouvons voir dans la figure 4.9.a³⁸⁴.

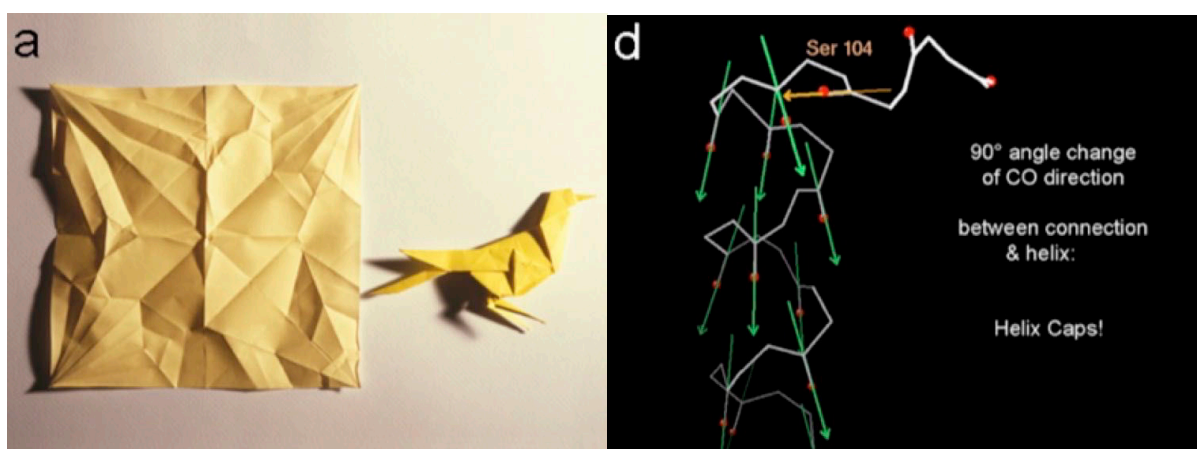


Fig. 4.9.a (à gauche) montrant un canari en origami à droite et le papier froissé à partir duquel il a été plié à gauche. Fig. 4.9.d le squelette de la protéine (en blanc) avec des changements de direction (indiqués par les flèches en vert).

L'analogie entre une protéine et un origami se base sur deux caractéristiques communes : la *mode de construction*, qui veut que les deux partent d'une forme aplatie pour se replier sur elles-mêmes de manière complexe, et le *mystère* lié au résultat final qui est difficile d'accès pour comprendre quel parcours a été nécessaire pour l'obtenir. Mis à part l'attrait que la particularité et la qualité d'exécution de l'objet fini peuvent exprimer, l'un des éléments de fascination de l'origami est la stupeur qui l'accompagne et qui naît du fait de penser que sa forme de départ était une simple feuille lisse et sans intérêt. Richardson nous conduit donc à penser³⁸⁵ que c'est précisément le mode de construction qui apporte l'originalité à cette forme

³⁸⁴ Les deux figures sont issues de l'article RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. SCIART MAGAZINE [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>. Paragraphe : *Origami, Protein Folding, and Helix Caps*.

³⁸⁵ Nous interprétons ainsi son passage et plus spécifiquement le fait que la chaîne des acides aminés ait la capacité de construire les repliements de sa structure : « An origami piece (Figure 5a) starts from a generic, uninteresting sheet of paper, with its future form encoded by a mysteriously specific set of creases that, when folded, result in a recognizable and decorative object, perhaps biological such as the canary here. A protein (Figure 5b) starts from an uninteresting, floppy polypeptide chain, with its future form encoded by a mysteriously specific sequence of

d'art et qui se retrouve transposable dans la manière des protéines de se replier sur elles-mêmes en gardant ainsi un côté tout aussi fascinant que mystérieux.

Par conséquent, pour mieux comprendre le mode de repliement d'une protéine, la biochimiste a cherché dans le squelette de la protéine les endroits qui présentaient un angle de 90°, comme si l'on devait observer les plis d'un origami, en découvrant que ce même squelette peut, par endroits, changer brusquement de direction. Les flèches vertes de la figure 4.9.d indiquent les points de la structure où se manifestent ces changements brusques de direction du squelette visualisé en blanc.

L'analogie proposée par Richardson nous dirige vers une interprétation qui voudrait voir l'hypothèse forte, selon laquelle un motif artistique a une influence directe et consciente sur une représentation scientifique, se réanimer et même s'affirmer dans ce contexte particulier. On pourrait objecter que plus qu'un motif sur une image, il s'agit ici d'une pratique artistique qui simule un processus biologique. Cependant l'idée de chercher les modalités de pliage suivant l'art de l'origami conduit à s'interroger sur certains plis du squelette de la protéine pour mieux en découvrir les caractéristiques qui, nous l'avons compris, sont essentielles afin de comprendre ses fonctions.

Le dernier paragraphe qui conclut l'article de la biochimiste apporte à la fois des éléments qui semblent soutenir cette hypothèse et d'autres qui semblent la nuancer :

En résumé, l'analogie artistique nous a donné une vision critique pour une nouvelle orientation de notre science pour trois de ces histoires (toutes sauf celle de Picasso), et dans les quatre cas, elle nous a donné un moyen d'expliquer le nouveau concept à d'autres personnes³⁸⁶.

La première phrase semble la conforter si l'on attribue à « nouvelle orientation » une signification qui prend en compte les analogies avec les arts non seulement comme une simple comparaison faite *a posteriori* mais en tant que processus qui s'approprie les motifs, leur logique interne et même la démarche artistique pour influencer directement la représentation et la découverte scientifique. Cette perspective est étayée par le *point de mire* tel que nous l'avons interprété suivant à la lettre le propos initial de la chimiste³⁸⁷.

amino acids that can spontaneously fold up into a functional biological molecule. » In RICHARDSON, Jane S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. SCIART MAGAZINE [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>.

Paragraphe : *Origami, Protein Folding, and Helix Caps*.

³⁸⁶ Nous traduisons : « In summary, the art analogy gave us a critical insight toward a new direction in our science for three of these stories (all but the Picasso), and in all four cases it gave us a way of explaining the new concept to other people. » in RICHARDSON, *ibid*.

³⁸⁷ Que nous rappelons : « nous avons souvent fait des percées initiées par un concept issu des sciences humaines, en particulier des arts visuels. Cet article raconte quatre courtes histoires sur la façon dont l'art a influencé notre recherche scientifique » et que nous avons traduit de l'anglais : « However, we have often made breakthroughs

Un autre indice présente lui aussi une double lecture : l'idée de l'analogie avec l'origami serait arrivée à l'esprit du mari de la biochimiste, et collègue dans la même équipe, lors d'une conférence censée présenter leur domaine de recherche à d'autres scientifiques, nous dit-elle³⁸⁸. Et à ce propos elle ajoute : « Au début, j'ai pensé que c'était juste un jeu de mots trivial, mais plus nous l'explorions, plus il devenait éclairant - pour finalement aboutir à l'une de nos principales contributions à la compréhension de la structure des protéines³⁸⁹. »

Or le mot « contribution », se réfère-t-il à un *mode de communication* de l'intervention lors de la conférence, ce qui semble le plus probable compte tenu du fait que la biochimiste insère cette constatation dans ce contexte, ou bien ce mot fait-il allusion à un *mode de connaissance* qui se serait développé par la suite grâce à l'idée surgie de l'analogie avec l'origami, qui a pu donner naissance à une approche inédite et fructueuse de la structure de la protéine ? Si l'on devait suivre le penchant d'Umberto Eco pour une économie de l'interprétation de l'*intentio operis* afin de se rapprocher de l'*intentio auctoris* la plus probable, nous devrions accepter la première version. Ainsi les quatre exemples proposés par la biochimiste, mêmes s'ils restent ambigus quant à leur influence effective sur la construction d'une représentation scientifique, montrent toutefois à quel point l'analogie avec les arts pourrait être féconde pour donner une forme à des processus complexes que la science cherche à mettre en image. En effet, l'expertise de Richardson dans le domaine de la biochimie autorise à penser que ces analogies peuvent conduire à établir des relations pertinentes entre l'objet scientifique et la visualisation artistique.

Chaque exemple particulier, comme nous l'avons vu, recèle un type d'analogie qui définit une catégorie spécifique et que nous pouvons nommer au fur et à mesure : le cas d'Escher s'appuie sur une similarité des caractéristiques de formes et de volumes, au point de nous conduire à prendre en compte l'origine des dessins en ruban dans la xylographie de l'artiste (catégorie plastique) ; les méandres des vases grecs sont assimilables à la logique interne des courbes et des motifs qui président aux liens des feuilletés bêta (catégorie schématique) ; le double visage dans le tableau de Picasso, vu de face et de profil, conduit à une comparaison avec la perspective unidimensionnelle et tridimensionnelle de la structure protéique affichée dans le modèle informatique (catégorie conceptuelle) ; le processus de

initiated by a concept from the humanities, especially the visual arts. This piece tells four short stories of how art has influenced our scientific research. » in : RICHARDSON, *Id.*, paragraphe : *introduction*.

³⁸⁸ Nous résumons son propos : « When a satellite meeting on protein folding taxed us with giving a lecture to introduce our field to the diverse scientists at the main AAAS meeting, Dave came up with origami as an analogy to help explain protein folding. » *Id.*, paragraphe : *Origami, Protein Folding, and Helix Caps*.

³⁸⁹ Nous traduisons : « At first I thought it was just a trivial play on words, but the more we explored it the more illuminating it became - eventually culminating in one of our major contributions to understanding protein structure. » *ibid.*

pliage du papier dans l'origami évoque les modalités de repliement du squelette de la protéine et la démarche pour les découvrir par une pratique manuelle (catégorie pratique). Chaque cas devient ainsi représentatif d'une modalité de relation analogique qui peut s'établir entre art et science, notamment sur le plan de la représentation mais aussi de la démarche heuristique. Les quatre catégories fournissent ainsi une grille utile pour encadrer et à mieux cerner la diversité des rapports en les canalisant dans des parcours privilégiés qui mettent en évidence la nature de chaque relation. Nous obtenons ainsi un cadre qui, bien que provisoire et non exhaustif, est applicable à la multitude d'exemples que la littérature sur le sujet art-science prend en compte sur un plan analogique et représentationnel.

Ce cadre et les quatre exemples analysés qui le nourrissent, s'avèrent utiles pour comprendre les nombreuses comparaisons art-science présentes aujourd'hui dans la littérature portant sur le sujet, mais ils ne nous apportent pas d'éléments concrets aptes à soutenir une influence directe ou une contribution significative et sans ambiguïtés d'un artiste à la construction d'une représentation scientifique. Nous avons certes exploré les possibilités que les quatre cas traités offrent à des emprunts potentiels, imitations, affinités ou traces, et qui sont susceptibles de s'établir entre art et science. Cependant, à la lumière d'une analyse plus stricte, les hypothèses forte et faible qui dirigeaient avec espoir nos recherches ont eu du mal à résister à l'examen et ont cédé la place à l'hypothèse neutre qui veut que les rapprochements soient faits *a posteriori*, loin d'une genèse commune qui assimile des éléments artistiques dans la représentation scientifique. Et pour que le *point de mire* n'entre pas en contradiction avec le contenu de l'article, il est nécessaire de l'interpréter en attribuant à l'exemple artistique un but qui s'articule autour de trois points fondamentaux : la *compréhension* d'un concept scientifique qui passe par une image artistique qui serait en mesure de rendre ce même concept plus accessible à la connaissance et à l'appréhension de son contenu ; la *communication* qui se voudrait facilitée par ce même outil et qui atteindrait avec plus d'efficacité son but auprès de la communauté scientifique ou d'un public averti ; la *mémorisation* qui, liée à la communication, permettrait de fixer avec plus d'aisance un motif ou un procédé déjà connu, comme dans le cas où la représentation artistique serait notoire (les méandres des vases grecs ou l'origami) ou plus captivante par ses formes (Escher ou Picasso).

Puisqu'à la lumière des arguments apportés nous constatons que l'hypothèse neutre l'emporte face aux deux autres, nous sommes amenés à écarter une quelconque influence de l'art sur la genèse des représentations scientifiques de l'article de Richardson, notamment sur la visualisation des protéines aujourd'hui très employée et connue comme le modèle en ruban. Toutefois, dans le panorama des représentations scientifiques n'ayant pas un but de

vulgarisation, on peut admettre que le modèle en ruban montre une *allure esthétique* qui se définit par un aspect plaisant et agréable à la vue, déterminé dans sa version actuelle et couramment utilisée par des formes évoquant de délicats mouvements du ruban, agrémentés par de couleurs vives et harmonieusement disposées dans un ensemble plutôt bien proportionné, suscitant une sensation similaire à celle d'un produit artistique qui vise un concept de beauté facilement accessible et immédiate, sans prétention et abstraite, peut-être éphémère et artificielle, sûrement curieuse et singulière.

C'est à partir de l'interrogation que ce concept suscite que nous avons poussé nos recherches sur l'origine des motifs en ruban au-delà de la genèse attribuée à Richardson et nous avons découvert qu'une contribution artistique demeure non seulement possible mais bien effective.

4.2 Le modèle en ruban

4.2.1 Les origines du dessin en ruban

En nous fiant à la littérature dédiée aux origines de ce qui est aujourd'hui probablement une des représentations les plus importantes et des plus utilisées des protéines, à savoir le modèle en ruban, nous constatons que sa paternité est communément attribuée à Jane Richardson, la biochimiste américaine. Dans des textes consacrés aux relations entre art et science, nous pouvons lire que « dans les années 1980 Jane Richardson a inventé une manière de visualiser [les] protéines³⁹⁰ » en référence au dessin en ruban qui l'a rendue célèbre et que nous reproduisons en couleur dans la figure 4.4.c et en noir et blanc dans la figure 4.5.b³⁹¹. Le contenu d'un autre écrit, cette fois de Bahar (2004), semble aller dans la même direction quand il rapporte les propos de la biochimiste : « J'ai passé deux ans, dit-elle, à apprendre à faire des dessins qui saisissaient la simplicité et l'élégance que j'ai trouvées dans ces structures³⁹² » à propos de la préparation de l'article sur l'anatomie et la taxonomie de la structure des protéines de 1981, qui a consacré la fortune et la célébrité des dessins en ruban. Bahar nous renseigne aussi sur le fait que l'association entre le nom de la biochimiste américaine et le type de dessin en question est tellement stricte et ancrée dans les usages que l'on appelle aujourd'hui ces dessins *Richardson diagrams*³⁹³.

Les manuels universitaires entretiennent, du moins implicitement, cette filiation affichant très souvent le nom de la biochimiste à côté de ces dessins ou en la remerciant pour

³⁹⁰ Nous traduisons et résumons : « In the 1980s Jane Richardson invented a way to visualize these proteins that clearly learned from the constructivist attempts to play around with the rhythm and bounce of familiar forms. In the early days she drew these chemical entities by hand, and over the decades this has evolved into a whole series of computer programs for the dynamic visualization of all kinds of data. In a way, though, the earliest hand-drawn images are the most exciting, and the most beautiful, such as the drawing of triosephosphate isomerase », ROTHENBERG, David. *Survival of the beautiful: art, science, and evolution*. London : Bloomsbury, 2012, ebook Chapitre VI, paragraphe *Creative Experiments*. Un constat similaire est fait par Koliijn qui ajoute : « Les dessins de Richardson ont jeté les bases des outils de modélisation numérique des protéines qui existent aujourd'hui. » Nous traduisons : « Richardson's drawings laid the foundation for the digital protein modeling tools that exist today. » In : KOLIJN, Eveline. *Observation and visualization: reflections on the relationship between science, visual arts, and the evolution of the scientific image*. Antonie van Leeuwenhoek [en ligne]. Octobre 2013, Vol. 104, no 4, p. 597-608. DOI 10.1007/s10482-013-9951-z, p. 601. Nous verrons dans ce paragraphe et dans les deux prochains que c'est une affirmation à nuancer et à préciser.

³⁹¹ Respectivement p. 160 et p. 166.

³⁹² Nous traduisons : « I spent two years, » she says, « learning how to make drawings that captured the simplicity and elegance I found in those structures ». In BAHAR, S., *Ribbon diagrams and protein taxonomy: a profile of Jane S. Richardson*. The Newsletter of the Division of Biological Physics of the American Physical Society 4 5–8, 2004. Disponible à l'adresse internet <https://www.aps.org/units/dbp/newsletters/upload/aug04.pdf>. [consulté le 16 mai 2020], p. 6.

³⁹³ BAHAR, *Id.*, p. 7. Cette conviction est tellement répandue qu'on peut la retrouver aussi dans l'article présent sur la page internet dédiée aux dessins en ruban sur Wikipedia à l'adresse : https://en.wikipedia.org/wiki/Ribbon_diagram. [consulté le 16 mai 2020].

leur utilisation³⁹⁴. Pourtant, si nous devons suivre cette idée largement répandue³⁹⁵, nous devrions aussi nous arrêter au constat que, tant bien que mal, peu d'éléments nous conduiraient à y trouver une origine artistique. La volonté de faire toute la lumière sur l'origine de ces dessins afin de vérifier s'il pouvait y avoir une genèse liée à une contribution artistique, nous a fait découvrir que la première forme accomplie et stable de dessin en ruban ne date pas de 1981 sous la plume de Richardson, mais doit remonter au moins à 1975 sous le crayon d'un autre scientifique que nous avons identifié en Bo Furugren. En effet, comme nous l'avons mis en lumière dans le paragraphe 4.1.2, la source de la biochimiste semble bien se trouver dans le dessin du scientifique suédois et cela trouve confirmation dans le fait que l'article³⁹⁶ où apparaît le dessin de Furugren est bien cité dans la bibliographie de la taxonomie de la biochimiste américaine datant de 1981.

On pourrait tout de même supposer que la source de la biochimiste américaine est différente et suivre le point de vue de Michel Morange³⁹⁷ quand il nous dit dans son article :

³⁹⁴ Une des rares exceptions est constituée par le manuel : BRÄNDÉN, Carl-Ivar et TOOZE, John. Introduction to protein structure. New York : Garland Pub, 1991, où l'on peut trouver le nom de Bo Furugren. Cela s'explique parce que Branden, l'un des auteurs, avait travaillé au contact direct avec l'illustrateur et chimiste suédois. Voir *infra* les articles où apparaissent les dessins de Furugren.

³⁹⁵ Idée également confirmée dans les articles scientifiques : MARTINEZ, Xavier, KRONE, Michael, ALHARBI, Naif, ROSE, Alexander S., LARAMEE, Robert S., O'DONOGHUE, Sean, BAADEN, Marc et CHAVENT, Matthieu. Molecular Graphics: Bridging Structural Biologists and Computer Scientists. *Structure* [en ligne]. Novembre 2019, Vol. 27, n° 11, p. 1617-1623. [Consulté le 25 novembre 2020], DOI 10.1016/j.str.2019.09.001 ; ZHANG, Chao et KIM, Sung-Hou. The anatomy of protein β -sheet topology1 | Edited by J. Thornton. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Juin 2000, Vol. 299, n° 4, p. 1075-1089. [Consulté le 25 novembre 2020] DOI 10.1006/jmbi.2000.3678 ; GOODSSELL, David S. et JENKINSON, Jodie. Molecular Illustration in Research and Education: Past, Present, and Future. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 430, n° 21, p. 3969-3981. [Consulté le 25 novembre 2020] DOI 10.1016/j.jmb.2018.04.043

³⁹⁶ Que nous rappelons : HOLMGREN, Arne, SODERBERG, Bengt-Olof, EKLUND, Hans et BRANDEN, Carl-Ivar. Three-Dimensional Structure of Escherichia coli Thioredoxin-S2 to 2.8 angstrom Resolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [en ligne]. National Academy of Sciences, 1975, Vol. 72, n° 6, p. 2305-2309. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/64698. JSTOR. Le dessin est à la page 2307.

³⁹⁷ MORANGE, Michel. What history tells us XXV. Construction of the ribbon model of proteins (1981) The contribution of Jane Richardson. *Journal of Biosciences* [en ligne]. Septembre 2011, Vol. 36, n° 4, p. 571-574. [Consulté le 16 mai 2020]. DOI 10.1007/s12038-011-9110-5, p.572.

la représentation actuelle du ruban a été proposée pour la première fois³⁹⁸ par Michael Levitt et Cyrus Chothia dans un article publié en 1976 (Levitt et Chothia 1976³⁹⁹). Mais le dessin est resté pauvre, et ils n'ont pas insisté sur la nouveauté de cette représentation. Ils l'ont abandonnée au profit de modèles plus abstraits dans des publications ultérieures (Chothia et al. 1977). C'est Jane Richardson qui a immédiatement saisi son intérêt. Elle l'a adoptée, a introduit des couleurs, a présenté cette nouvelle représentation dans une affiche en 1979 (Richardson et al. 1980) et lui a consacré une large place dans la longue publication parue dans *Advances in Protein Chemistry* en 1981 (Richardson 1981)⁴⁰⁰.

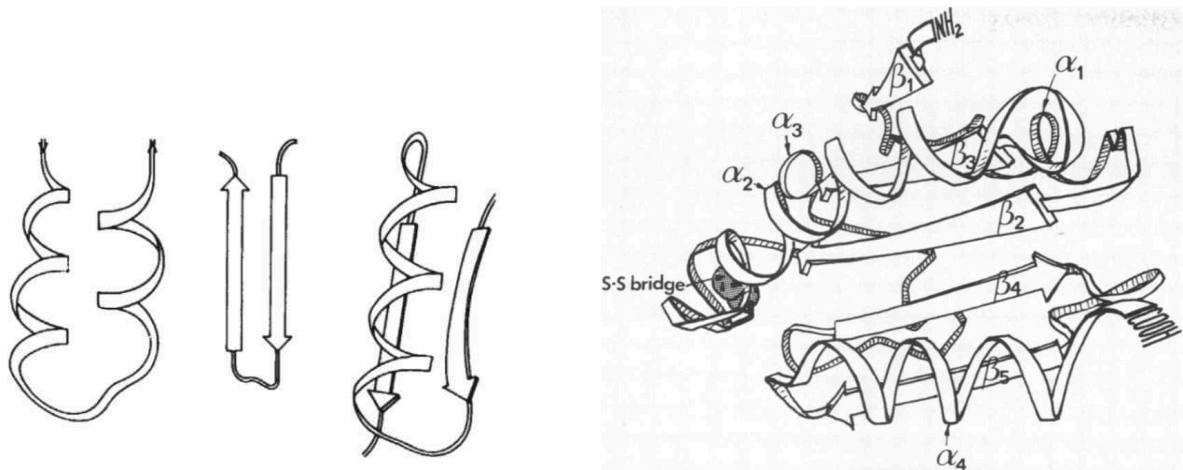
Ce propos trouve confirmation dans l'article de Richardson sur la taxonomie (1981), où effectivement elle fait référence à maintes reprises à la publication de Levitt et Chothia de 1976 et dont nous reproduisons les motifs dans la figure 4.10.a. En effet, l'analogie semble claire avec les dessins de la biochimiste (voir paragraphe 4.2 et fig. 4.5.b) qui, rappelons-le, sont apparus en 1981⁴⁰¹ et la dérivation à partir de cette source semblerait ainsi concluante. Cependant, si ces motifs de la source supposée de Chothia sont proches des dessins de Richardson, le dessin de Furugren (que nous allons appeler *dessin source*) l'est bien plus puisque, comme nous l'avons déjà examiné dans le paragraphe 4.1.2, la structure générale et ses composants essentiels présentent la même morphologie. De plus, non seulement les motifs du dessin de Chothia sont postérieurs (1976) à l'article qui contient l'image de Furugren (1975), mais ce dernier article est cité dans la bibliographie de Chothia, et nous conduit à penser qu'il a servi de modèle à cet auteur aussi.

³⁹⁸ Le passage de Morange que nous reportons ici est précédé par la phrase suivante : « After some early attempts by Jane Richardson (Richardson et al. 1975; Low et al. 1976) », que nous traduisons : « Après quelques tentatives de Jane Richardson (Richardson et al. 1975 ; Low et al. 1976) ». Or, nous avons examiné ces deux références sans trouver des dessins qui puissent, par leur morphologie, être approchés de la structure des dessins en ruban. Voir ces deux articles qui apparaissent dans la bibliographie de Morange : LOW, B. W., PRESTON, H. S., SATO, A., ROSEN, L. S., SEARL, J. E., RUDKO, A. D. et RICHARDSON, J. S. Three dimensional structure of erabutoxin b neurotoxic protein: inhibitor of acetylcholine receptor. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en ligne]. Septembre 1976, Vol. 73, n° 9, p. 2991-2994. [Consulté le 19 mai 2020]. DOI 10.1073/pnas.73.9.2991, notamment la fig.2 p.2992 à laquelle peut se référer Morange et RICHARDSON, J., THOMAS, K. A., RUBIN, B. H. et RICHARDSON, D. C. Crystal structure of bovine Cu,Zn superoxide dismutase at 3 Å resolution: chain tracing and metal ligands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en ligne]. Avril 1975, Vol. 72, n° 4, p. 1349-1353. [Consulté le 19 mai 2020]. DOI 10.1073/pnas.72.4.1349 spécialement fig. 3 et fig. 4, p.1351.

³⁹⁹ Morange fait référence à l'article : LEVITT, Michael et CHOTHIA, Cyrus. Structural patterns in globular proteins. *Nature* [en ligne]. Juin 1976, Vol. 261, n° 5561, p. 552-558. [Consulté le 19 mai 2020]. DOI 10.1038/261552a0. La figure 4.10.a reproduit l'image paraissant à la page 555.

⁴⁰⁰ Nous traduisons : « the present ribbon representation was first proposed by Michael Levitt and Cyrus Chothia in an article published in 1976 (Levitt and Chothia 1976). But the drawing remained poor, and they did not insist on the novelty of this representation. They abandoned it in favour of more abstract models in further publications (Chothia et al. 1977). It was Jane Richardson who immediately grasped its interest. She adopted it, introduced colours, presented this new representation in a poster in 1979 (Richardson et al. 1980) and devoted to it a large place in the long review that she published in *Advances in Protein Chemistry* in 1981 (Richardson 1981). » p.472. Nous précisons que « (Richardson 1981) » se réfère à l'article sur la taxonomie de la structure des protéines que nous avons examiné jusqu'ici.

⁴⁰¹ Si l'on prend en compte l'affiche dont Morange nous parle on peut les faire remonter à 1979 mais difficilement plus loin dans le temps car, à notre connaissance, il n'y a pas de documents qui l'attestent.



4.10.a (à gauche) motifs paraissant dans l'article de Chothia (1976) ; 4.10.b (à droite) motifs composant le dessin de Furugren paraissant dans l'article de 1975.

Si, en effet, nous plaçons les motifs des deux publications citées côte à côte (fig. 4.10.a et fig. 4.10.b), nous pouvons remarquer aisément que la forme du ruban est très similaire par la mince épaisseur, par sa petite largeur, par ses proportions et même dans sa façon de s'enrouler en un mouvement hélicoïdal. De même, on peut dire que la forme rectangulaire de la flèche (fig. 4.10.a), indiquant les feuilletts bêta, garde des proportions très similaires à celles de la fig. 4.10.b : dans la silhouette, dans la légère torsion qu'il manifeste, dans sa disposition spatiale et surtout dans l'arrangement avec l'hélice alpha du troisième motif sur la droite de la figure 4.10.a.

De surcroît, dans la manière de composer les figures et dans le trait que les dessins font émerger, l'impression est que la main de l'auteur semble moins affirmée et habile dans les figures 4.10.a, alors que le dessin 4.10.b laisse transparaître une construction plus assurée, par exemple dans les flèches qui se déploient en profondeur et dans l'aisance avec laquelle le ruban s'enroule dans l'espace, et un tracé mieux maîtrisé comme dans les petits passages hachurés qui indiquent par endroits le revers du ruban. Au-delà du talent personnel des deux dessinateurs, ces caractères de la composition nous laissent penser que le dessin de Furugren n'est pas le produit d'un assemblage improvisé, ou d'une tentative de construction de la structure des protéines à ses premiers essais, mais plutôt le produit d'une réflexion et d'une expérience plus consolidée que celle qui apparaît dans le dessin 4.10.a.

Poussant un peu plus loin nos recherches sur l'origine des dessins en ruban, nous avons en effet découvert que Furugren n'en était pas à son premier essai dans la publication de 1975.

Dans un autre article scientifique⁴⁰² datant de 1973, les auteurs ont fait appel à lui pour illustrer la structure d'un coenzyme (l'alcool déshydrogénase du foie ou LADH). Celui-ci pourrait bien être le tout premier exemple du dessin en ruban pour mettre en image une molécule complexe dans la littérature scientifique (voir fig. 4.11) et nous allons l'appeler *dessin d'origine*.

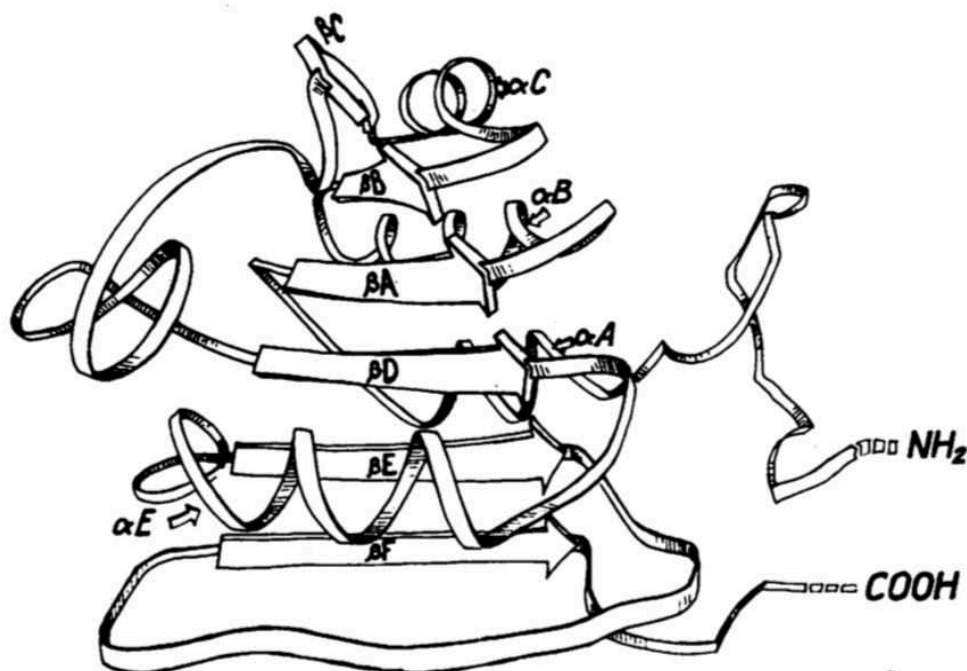


Fig. 4.11 Bo Furugren, visualisation en dessin en ruban de l'alcool déshydrogénase du foie ou LADH paraissant dans un article de 1973.

Encore une fois, comme dans l'article de 1975 où apparaît le *dessin source*, le nom du dessinateur suédois ne fait pas partie des signataires de cette publication de 1973 mais il est toutefois cité dans la légende de la figure⁴⁰³. Or les caractères stylistiques du *dessin d'origine* (fig. 4.11) sont les mêmes que ceux que nous avons vus dans le *dessin source* de 1975 (fig. 4.10.b), comme la taille très mince et peu épaisse du ruban, la capacité et l'aisance à faire pivoter les corps des flèches en profondeur, les spirales et leurs petites ombres qui leur donnent

⁴⁰² BRANDEN, C.-I., EKLUND, H., NORDSTROM, B., BOIWE, T., SODERLUND, G., ZEPPEZAUER, E., OHLSSON, I. et AKESON, A. Structure of Liver Alcohol Dehydrogenase at 2.9-A Resolution. Proceedings of the National Academy of Sciences [en ligne]. Août 1973, Vol. 70, n° 8, p. 2439-2442. [Consulté le 17 mai 2020]. DOI 10.1073/pnas.70.8.2439.

⁴⁰³ Le dessin correspond à la figure 2 paraissant à la page 2241 accompagnée par la légende suivante : « Schematic drawing of the main-chain conformation of the coenzyme-binding substructure of LADH (by Bo Furugren) ». In HOLMGREN, Arne, SODERBERG, Bengt-Olof, EKLUND, Hans et BRANDEN, Carl-Ivar. Three-Dimensional Structure of Escherichia coli Thioredoxin-S2 to 2.8 angstrom Resolution. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America [en ligne]. National Academy of Sciences, 1975, Vol. 72, n° 6, p. 2305-2309. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/64698. JSTOR, p.2307.

du volume, l'agencement et les proportions de la structure générale, et même la graphie des lettres qui indiquent les feuillets bêta et les hélices alpha ou le début de la chaîne d'acides aminés (NH₂) et sa fin (COOH).

À celle-ci ont succédé d'autres illustrations du chimiste suédois, comme celle de 1974 (fig. 4.12) où le ruban s'associe à d'autres types de visualisations des macromolécules (les bâtonnets), tout en s'affirmant à divers endroits par sa largeur plus épaisse et ses nuances de gris qui le poussent dans un espace tridimensionnel. Quelquefois il assume une allure plus géométrisante⁴⁰⁴ (fig. 4.13), parfois il garde son aspect bien identifiable par les flèches et les hélices mais il se confronte à d'autres formes de visualisation (fig. 4.14).

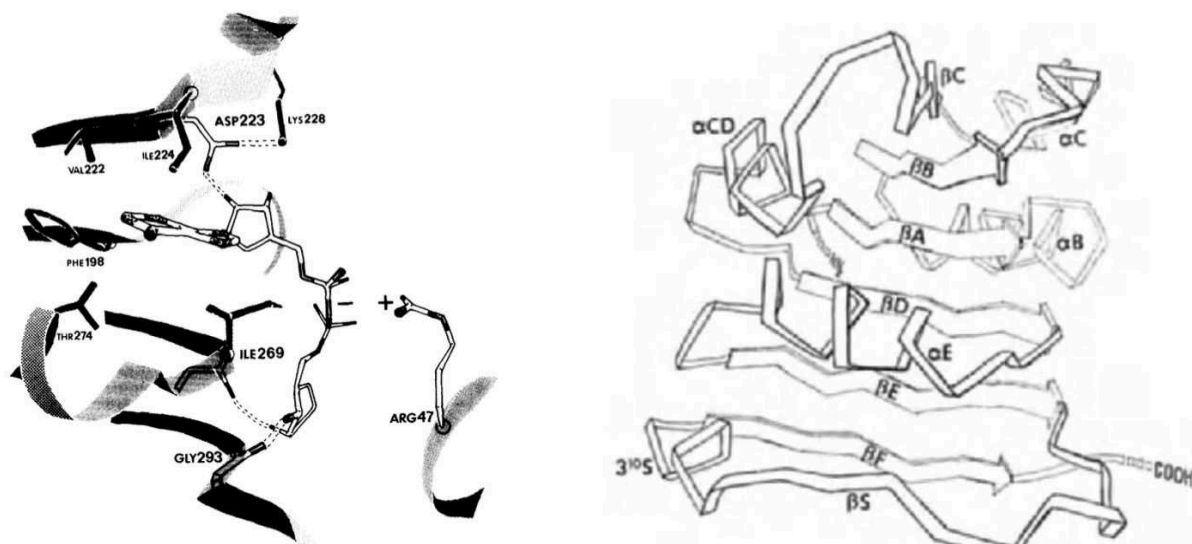


Fig. 4.12 (à gauche), dessin illustrant les interactions entre le ADP-Ribose (adénosine diphosphate ribose) et la molécule LADH (alcool du foie de cheval déshydrogénase), le nom de l'auteur Furugren est mentionné. Fig. 4.13 (à droite), dessin représentant le squelette de la structure de LADH, le nom de l'auteur du dessin n'est pas indiqué.

⁴⁰⁴ Cette figure paraît plus fidèle aux images stéréo qui commencent à se répandre dans ces mêmes années et qui deviennent une des sources d'informations pour la visualisation des protéines. Voir paragraphe 4.2.2.

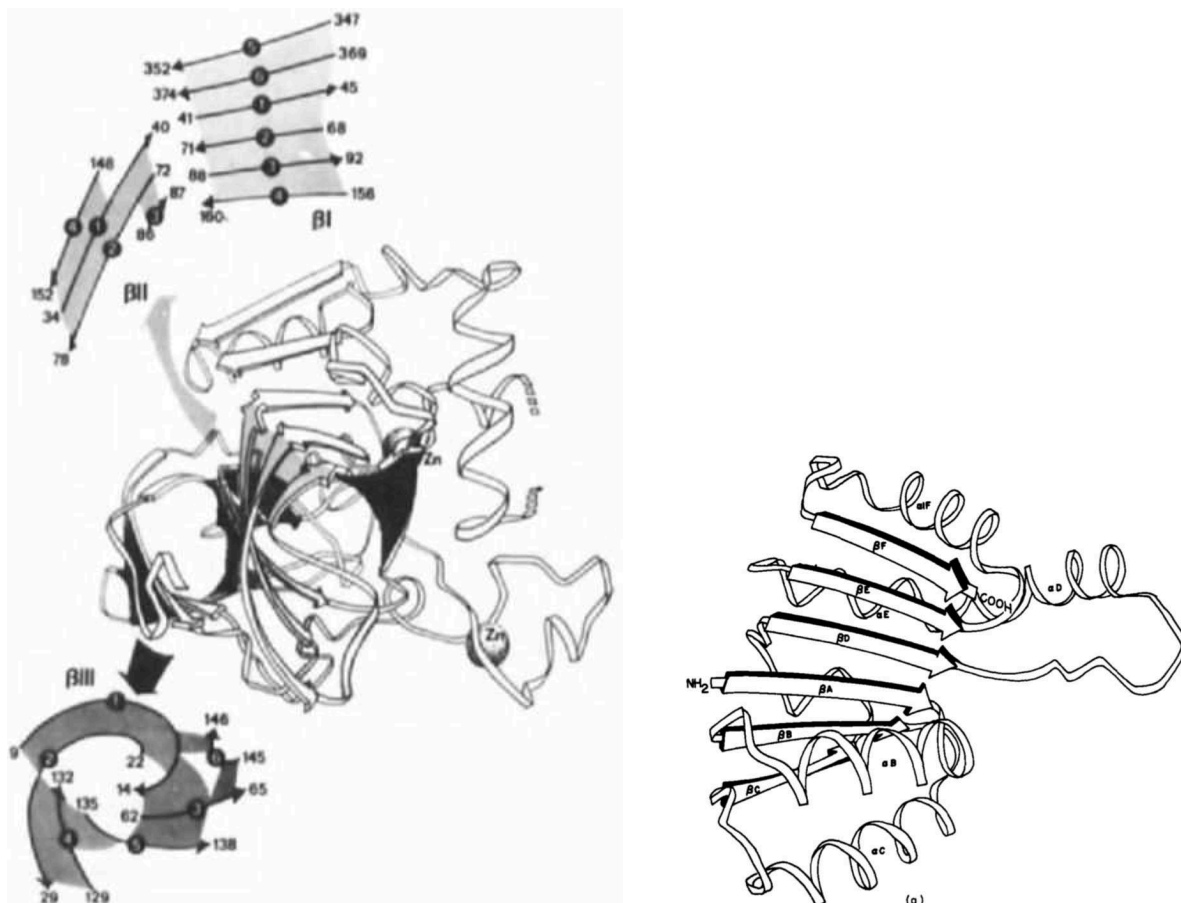


Fig. 4.14 (à gauche), Dessin des trois régions de feuille plissée dans le site catalytique. Fig. 4.15 (à droite), protéine déshydrogénases à NAD⁺, dans les deux illustrations le nom de l'auteur du dessin n'est pas indiqué.

On peut considérer que nous sommes dans une phase où ce type de représentation n'est pas encore stabilisée dans les publications scientifiques. Elle est récente et inédite, elle avance par essais, par épreuves successives en cherchant une stabilité et une confirmation dans les usages qui commencent à s'appuyer sur son utilité et son efficacité. Et ce combat qui peut conduire à son effacement et à son oubli, ou à son affirmation, voit dans cette même année 1975 l'apparition du *dessin source* (fig. 4.10.b) et aussi celle d'une autre illustration du dessin en ruban qui dérive clairement du style des compositions de Furugren⁴⁰⁵ (fig. 4.15).

Les cas exposés ci-dessus mettent en lumière la façon dont à l'époque l'attention portée à fournir une explication visuelle du texte semble souvent prévaloir sur l'importance d'indiquer le nom de l'auteur de l'image. En effet, si la figure 4.12 (1974)⁴⁰⁶ indique bien le nom du

⁴⁰⁵ Voir *infra*.

⁴⁰⁶ In EKLUND, Hans, NORDSTRÖM, Bo, ZEPPEAUER, Eila, SÖDERLUND, Gustaf, OHLSSON, Ingrid, BOIWE, Torne et BRÄNDÉN, Carl-Ivar. The structure of horse liver alcohol dehydrogenase. FEBS Letters [en ligne]. Août 1974, Vol. 44, n° 2, p. 200-204. [Consulté le 2 juin 2020]. DOI 10.1016/0014-5793(74)80725-8. Fig. 3, p. 202. Dans la légende il apparaît le nom de Furugren : « Fig. 3. Schematic diagram illustrating the interactions between ADP-ribose and LADH. We are indebted to Bo Furugren who designed this drawing. » Ce

chimiste suédois dans la légende, la dernière figure 4.15 (1975)⁴⁰⁷ paraissant dans une autre publication ne le mentionne pas, et les deux figures intermédiaires 4.13 et 4.14 (1975)⁴⁰⁸, en dépit du fait qu'elles apparaissent dans un article signé aussi par Furugren, ne le mentionne pas non plus. Il est vrai que l'article de la figure 4.15 affiche le nom du chimiste suédois dans les remerciements en fin de texte⁴⁰⁹, mais sans indiquer quelle est l'illustration précise dont il est l'auteur⁴¹⁰. Il s'agirait d'une manière de procéder qui semble donc fréquente, au point que les deux figures 4.13 et 4.14 apparaissent identiques dans la morphologie et même mieux définies dans le rendu de l'impression dans un autre article⁴¹¹ datant de 1976 qui ne cite pas non plus le chimiste suédois.

Or cet usage pourrait être en lien avec le fait que ce qui comptait dans un article, dans ces années 70, c'était surtout le contenu du texte qui élucidait une découverte ou sur étape franchie dans la connaissance d'une nouvelle protéine par exemple, et l'aspect visuel servant d'appui à l'explication ne trouvait pas encore la juste reconnaissance de ceux qui s'étaient dévoués pour mettre en image la dynamique d'un processus intramoléculaire. Il était d'ailleurs courant de ne jamais ou très rarement mentionner de noms d'auteurs inscrits dans les légendes qui accompagnent les illustrations. Pourtant des indications allant dans un sens opposé et montrant toute l'importance d'une image construite avec talent et apte à aider le scientifique à penser par images, sont présentes dans la célèbre publication de Dickerson et Geis dont nous parlerons plus loin⁴¹². Geis, en effet, a élaboré une série d'images à la base, encore aujourd'hui, d'autres types de visualisation des protéines⁴¹³ tout aussi importants que celui inauguré par le chimiste suédois. Furugren n'a pas eu la même chance de voir son nom reconnu dans le monde de la biochimie en tant qu'inventeur des dessins en ruban et cette méconnaissance est

même dessin est présent aussi dans l'article de Rossmann et al. (1975), fig. 7, p.128, ci-dessous indiqué.

⁴⁰⁷ In : ROSSMAN, Michael G., LILJAS, Anders, BRÄNDÉN, Carl-Ivar et BANASZAK, Leonard J. 2 Evolutionary and Structural Relationships among Dehydrogenases. Dans : The Enzymes. Vol. 11 [en ligne]. [S. l.] : Elsevier, 1975, p. 61-102. [Consulté le 2 juin 2020]. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60210-3. P. 68, fig. 4a.

⁴⁰⁸ In : BRÄNDÉN, Carl-Ivar, JÜRNVALL, Hans, EKLUND, Hans et FURUGREN, Bo. 3 Alcohol Dehydrogenases. Dans : The Enzymes. Vol. 11 [en ligne]. [S. l.] : Elsevier, 1975, p. 103-190. [Consulté le 2 juin 2020]. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60211-5. Fig. 5, p. 124 et fig. 10 p. 131.

⁴⁰⁹ ROSSMAN et al., *op.cit.*, p.102.

⁴¹⁰ Nous avons reçu de Furugren lui-même le dessin qui a servi de modèle à l'illustration reproduite dans le fig. 4.15, élaboré une année avant (1974) et utilisée couramment par l'auteur dans ses cours à l'université de Uppsala. Voir Annexes 2 Bo Furugren fig. AF3 p.10.

⁴¹¹ Ce cas aussi de non-citation n'apparaît pas comme un oubli volontaire mais semble s'insérer dans cet usage que nous venons d'illustrer. En effet, le même auteur Eklund, cosignataire de cet article, demandera une nouvelle illustration à Furugren en 1981, cette fois-ci en le citant dans la légende. Voir *infra* le dessin accompli.

Les deux figures 4.13 et 4.14 apparaissent en 1976 in : EKLUND, Hans, NORDSTRÖM, Bo, ZEPPEAUER, Eila, SÖDERLUND, Gustaf, OHLSSON, Ingrid, BOIWE, Torne, SÖDERBERG, Bengt-Olof, TAPIA, Orlando, BRÄNDÉN, Carl-Ivar et ÅKESON, Åke. Three-dimensional structure of horse liver alcohol dehydrogenase at 2.4 Å resolution. Journal of Molecular Biology [en ligne]. Mars 1976, Vol. 102, n° 1, p. 27-59. [Consulté le 17 mai 2020]. DOI 10.1016/0022-2836(76)90072-3. Fig. 8, p. 42 et fig. 12, p. 45.

⁴¹² Voir paragraphe suivant 4.2.2.

⁴¹³ Par exemple celles que nous avons reproduites dans les figures 4.3.a et 4.3.b, p. 157, in paragraphe 4.1.2 ou, plus important, celles que nous reproduisons dans la fig. 4.18, p. 198, in paragraphe 4.2.2.

probablement due à l'usage qui l'a vu maintes fois non cité dans les dessins et les illustrations dont il a été l'auteur. À ce danger, Richardson s'est vite soustraite lorsque, dans sa célèbre publication sur la taxonomie des protéines de 1981, elle a appliqué le droit d'auteur sur tous les dessins en ruban publiés dans l'article.

C'est justement cette même année 1981 que le plus élaboré des dessins en ruban de Furugren sort dans une autre publication⁴¹⁴ et que nous allons appeler *dessin accompli* (voir fig. 4.16).

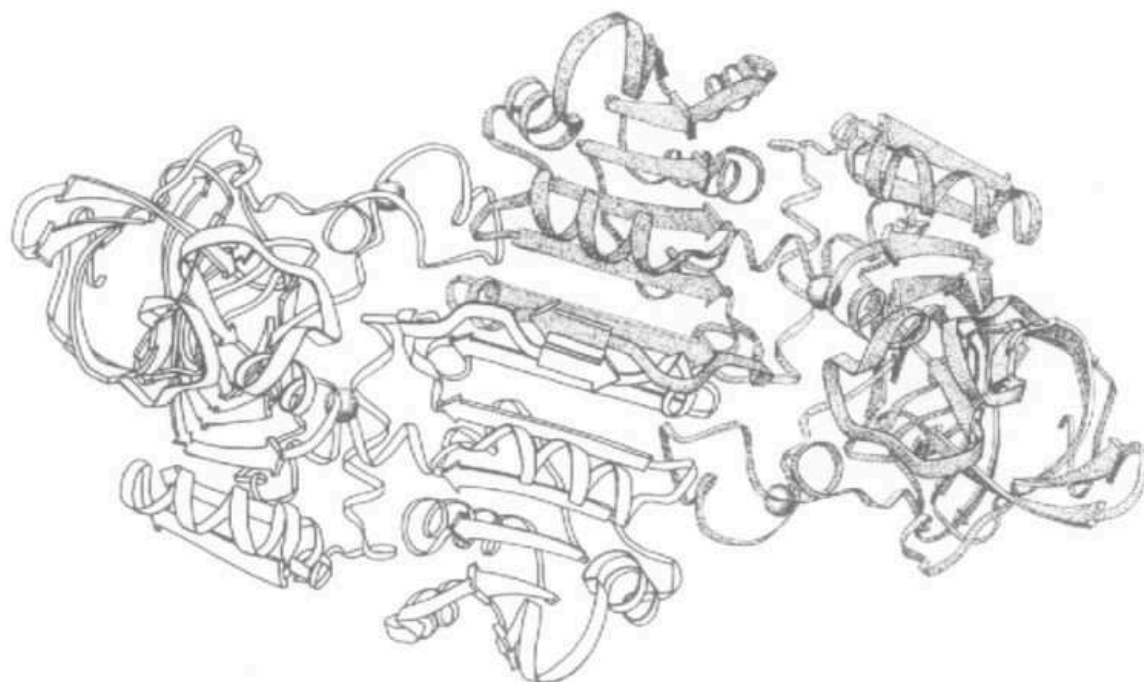


Fig. 4.16, molécule alcool déshydrogénase (ADH) du foie du cheval, dessin de Furugren (1981).

Il s'agit de la molécule appelée alcool déshydrogénase (ADH), une enzyme présente dans le foie et notamment celui du cheval comme le nom en anglais indique : *Horse Liver Alcohol Dehydrogenase* (LADHase). Composée par deux sub-unités équivalentes, d'où le nom dimère, que l'on peut distinguer aisément en regardant la partie en haut à droite grisée

⁴¹⁴ Cette fois-ci le nom de Furugren est bien cité dans la légende de l'illustration. Voir : EKLUND, Hans, SAMAMA, Jean-Pierre, WALLÉN, Leif, BRÄNDÉN, Carl-Ivar, ÅKESON, Åke et JONES, T.Alwyn. Structure of a triclinic ternary complex of horse liver alcohol dehydrogenase at 2.9 Å resolution. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Mars 1981, Vol. 146, n° 4, p. 561-587. [Consulté le 21 mai 2020]. DOI 10.1016/0022-2836(81)90047-4. Fig.2, p. 569. Ce même dessin apparaît aussi dans un autre article : CEDERGREN-ZEPPEZAUER, Eila, SAMAMA, Jean Pierre et EKLUND, Hans. Crystal structure determinations of coenzyme analog and substrate complexes of liver alcohol dehydrogenase: binding of 1,4,5,6-tetrahydronicotinamide adenine dinucleotide and trans-4-(N,N-dimethylamino)cinnamaldehyde to the enzyme. *Biochemistry* [en ligne]. Septembre 1982, Vol. 21, n° 20, p. 4895-4908. [Consulté le 2 juin 2020]. DOI 10.1021/bi00263a011, fig. 1, p.4897. Ici aussi le nom de Furugren est cité dans la légende de l'illustration.

symétrique à la partie en bas à gauche. Il s'agit d'un dessin plus élaboré par rapport à la plupart de ceux que nous avons vus jusqu'à présent, parce qu'il rend compte d'une structure moléculaire plus complexe, plus variée et plus étendue. Pourtant les motifs à la base demeurent les mêmes que ceux que nous avons déjà rencontrés dans le *dessin source* de 1975 (fig. 4.10.b)⁴¹⁵. Nous les repérons dans le ruban qui compose toute la structure, dans sa façon de s'enrouler en hélice alpha à plusieurs endroits, dans sa manière de devenir une flèche allongée pour indiquer les feuillet bêta et encore dans la configuration, à l'apparence moins ordonnée, des traits censés relier les sous-structures alpha et bêta.

Pourrait-on imaginer que les caractéristiques morphologiques à la base des compositions graphiques de Furugren et notamment du *dessin source* (1975) et de celui que l'on vient d'examiner (1981), soient les mêmes que ceux que nous retrouvons dans les visualisations que les scientifiques utilisent aujourd'hui dans les programmes d'ordinateur ou dans les sites Internet qui proposent ce service ? La question est hardie mais de taille car il s'agirait d'affirmer qu'à partir des dessins de Furugren les conditions nécessaires et suffisantes pour une visualisation des molécules sous la forme du modèle en ruban auraient été déjà actées, quelle que soit l'évolution ultérieure et le chemin que cette mise en image a pris dans les années suivantes pour arriver à nos jours.

Nous savons que le modèle en ruban offre aux biochimistes une visualisation tridimensionnelle de la structure de la protéine qui permet de déduire des propriétés spécifiques liées à la particularité de sa forme. Ainsi, l'aspect morphologique et l'aspect fonctionnel sont strictement associés, car le premier fournit les informations sur le second, et la position des sous-parties aussi bien que l'agencement de la structure demeurent indispensables pour une lecture correcte.

Prenant en compte le *Protein Data Bank (PDB)*, l'un des sites de référence de la biochimie⁴¹⁶, proposant un accès libre à ses immenses archives contenant plus de 160.000 formes tridimensionnelles de protéines, d'acides nucléiques et d'assemblages complexes, nous allons comparer le dessin de Furugren avec la même protéine visualisée selon le modèle en ruban employé aujourd'hui (fig. 4.17).

⁴¹⁵ À la page 185

⁴¹⁶ Site que l'on peut trouver à l'adresse internet : <http://www.rcsb.org>. [Consulté le 28 mai 2020].

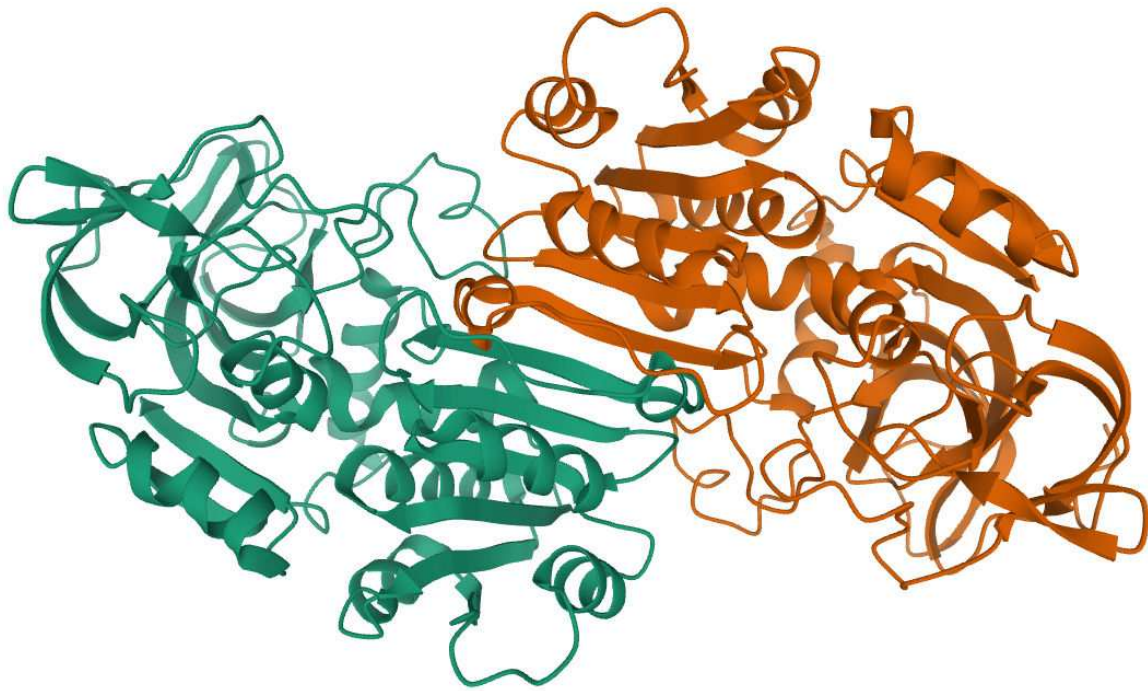


Fig. 4.17, molécule alcool déshydrogénase (ADH) du foie du cheval, visualisation d'après le site PDB (2020).

Comparant cette image⁴¹⁷ à celle de Furugren de 1981 (fig. 4.16), une forte similarité morphologique semble bien être présente dans la structure principale et dans les parties secondaires. Nous retrouvons les mêmes feuilletts bêta en forme de rectangle allongé dont une extrémité est en flèche, pour indiquer la direction de la chaîne polypeptidique, et les mêmes hélices alpha à forme torsadée, ces deux motifs respectant à peu près les proportions du dessin de 1981. Le ruban est présent aussi, même s'il est réduit à la forme d'une corde dans les parties reliant les sous-structures alpha et bêta. La structure générale paraît tout aussi similaire et, d'un point de vue fonctionnel, la position et la taille de ses sous-parties sont à peu près la même et que la symétrie des deux dimères (en rouge et en vert) aussi bien que l'agencement général correspondent à ceux du dessin de 1981.

⁴¹⁷ Pour obtenir cette visualisation nous avons introduit le nom de la molécule (*Horse Liver Alcohol Dehydrogenase*) dans le moteur de recherche du site PDB et parmi les résultats affichés nous avons choisi celui de la même taille de résolution (*2.9 Angstroms Resolution*) de la molécule représentée par Furugren. Ensuite nous avons supprimé de la visualisation les ligands en forme de bâtonnets et de ballons car ils n'étaient pas présents dans le dessin de 1981. L'image obtenue était en trois dimensions et pouvant la faire pivoter sur son axe, nous l'avons orientée à peu près dans la même direction que celle suivie par le dessin du chimiste suédois. Enfin nous avons téléchargé l'image directement du site et nous la reproduisons ici. Voir : <http://www.rcsb.org/3d-view/6ADH> [consulté le 28 mai 2020].

Bien que le laps de temps d'environ quarante ans qui sépare les deux figures soit considérable dans le monde de la science actuelle du fait des progrès technologiques et des connaissances très rapides et en évolution constante, la filiation de deux images semble claire et non accessoire et artificielle. De plus, en regardant les sources du site PDB concernant cette molécule, l'article⁴¹⁸ contenant le dessin de Furugren est cité, confirmant qu'après quatre décennies la visualisation était correcte⁴¹⁹ et fiable.

Certes, les moyens d'aujourd'hui permettent de visualiser en quelques clics la structure protéique sous tous ses angles, on peut en effet la faire pivoter, on est capable de la traverser d'un bout à l'autre et de zoomer sur toutes les parties qui nous intéressent⁴²⁰. Pourtant, la distance qui sépare les deux images ne semble pas aussi importante, ce qui accorde à Furugren le mérite d'avoir su élaborer avec les moyens réduits de son époque une visualisation tridimensionnelle morphologiquement et fonctionnellement très proche de celle d'aujourd'hui⁴²¹.

On pourrait objecter que si la protéine, objet du *dessin accompli* de Furugren de 1981, est similaire à celle que nous observons aujourd'hui dans des sites comme le PDB, la raison se trouve dans le même article faisant office de source et qui ne peut que fournir les mêmes données de base pour élaborer l'image de la molécule. L'objection doit être rejetée du fait que toutes les autres protéines, différentes des éléments secondaires par leur structure et par leur configuration spatiale, adoptent elles aussi le modèle en ruban présentant les mêmes caractères de base que le *dessin source* de 1975 et plus particulièrement que le *dessin accompli* de 1981, à savoir les proportions qui définissent les motifs des hélices alpha et des feuillets bêta, leur façon modulable de s'agencer dans l'espace et la structure générale à laquelle ils donnent forme. De plus, la révision des informations effectuée en 2017 par le site PDB⁴²² confirme le bien-

⁴¹⁸ EKLUND, Hans, SAMAMA, Jean-Pierre, WALLÉN, Leif, BRÄNDÉN, Carl-Ivar, ÅKESON, Åke et JONES, T. Alwyn. Structure of a triclinic ternary complex of horse liver alcohol dehydrogenase at 2.9 Å resolution. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Mars 1981, Vol. 146, n° 4, p. 561-587. [Consulté le 21 mai 2020]. DOI 10.1016/0022-2836(81)90047-4. Fig.2 p.569.

⁴¹⁹ Le site PDB, concernant la molécule alcool déshydrogénase (ADH) du foie de cheval, indique en plus que l'auteur qui a déposé les informations sur le site en 1984 est bien Eklund, un des auteurs de l'article contenant le *dessin accompli* de Furugren de 1981. Voir : https://www.wwpdb.org/pdb?id=pdb_00006adh [consulté le 28 mai 2020].

⁴²⁰ Le site PDB offre toutes ces possibilités de manipulation.

⁴²¹ Si l'on adoptait une autre voie pour la visualisation de la molécule de Furugren à partir d'un autre site, tout aussi connu par les biochimistes que le PDB, nous obtiendrions une image tout aussi similaire que celle du chimiste suédois de 1981. Voir *The National Center for Biotechnology Information*, consultable à l'adresse internet suivante : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> [consulté le 28 mai 2020].

⁴²² Voir la page du site PDB à l'adresse : https://www.wwpdb.org/pdb?id=pdb_00006adh [consulté le 28 mai 2020].

fondé de la similarité morphologique de l'image d'aujourd'hui avec celle de Furugren⁴²³, et prouve que le modèle en ruban est toujours d'actualité.

Dans un parcours qui a duré moins d'une dizaine d'années, de 1973 avec le premier dessin publié (*dessin d'origine*) jusqu'à celui de 1981 (*dessin accompli*), nous observons la naissance et la stabilisation des caractères essentiels du modèle en ruban. Nous allons comprendre dans le prochain paragraphe comment ce modèle peut se réclamer d'une véritable contribution artistique.

4.2.2 De l'intervention de l'artiste ou l'invention du modèle en ruban

Il nous a paru important de pousser plus loin la recherche de la véritable origine des dessins en ruban induits par leur aspect extérieur qui semble présenter un côté esthétique. Cette piste qui aurait pu se révéler fautive, nous a tout de même obligé à nous demander si ce modèle de représentation n'avait pas reçu l'apport d'un artiste lors de son élaboration initiale. L'idée que Richardson aurait pu s'inspirer directement de la xylographie d'Escher, hypothèse (forte) que nous avons considérée dans le paragraphe 4.1.2, allait justement dans cette direction et semblait cohérente avec cette impression d'*allure esthétique* que ce type de dessin peut faire émerger.

Il nous semble opportun de clarifier brièvement cette notion qui est souvent source d'ambiguïtés. Nous distinguons le côté artistique donc *créatif*, du côté esthétique relevant du *réceptif* d'une œuvre ou d'un produit de l'esprit qui, dans notre étude, prend dans la plupart des cas la forme d'un objet visuel. Le premier côté est assimilable à l'invention et à ses modalités qui déterminent la construction du produit en faisant appel aux ressources intellectuelles et aux conditions matérielles qui ont été mobilisées pour le générer. Il est généralement considéré comme propice à la connaissance d'une œuvre, et de son auteur, d'en élucider les précurseurs, les influences, la finalité pour pouvoir lui attribuer une valeur.

Dans le second volet, nous avons affaire à la réception d'une œuvre de l'esprit, qui peut aussi correspondre à l'avis de son auteur, mais qui, plus généralement, renvoie à l'ensemble des paramètres qu'une époque et une civilisation donnée mettent en place pour pouvoir la juger et la considérer comme un produit artistique. Or ces paramètres varient dans le temps et aussi à l'intérieur d'une même société jusqu'à dépendre de la sensibilité et de la connaissance de

⁴²³ Pour le processus de validation des données et des images fournies par le PDB voir : BERMAN, Helen M., WESTBROOK, John, FENG, Zukang, GILLILAND, Gary, BHAT, T. N., WEISSIG, Helge, SHINDYALOV, Ilya N. et BOURNE, Philip E. The Protein Data Bank. Nucleic Acids Research [en ligne]. Janvier 2000, Vol. 28, n° 1, p. 235-242. [Consulté le 25 novembre 2020]. DOI 10.1093/nar/28.1.235.

chaque individu, au point qu'aujourd'hui définir ce qui est art de ce qui ne l'est pas est un problème bien complexe à résoudre. Cependant, nous pouvons relever des phénomènes ou des manifestations esthétiques pour le cas spécifique des dessins en ruban dans la mesure où ils renvoient à une idée primaire de beauté conçue comme un plaisir, modéré mais perceptible, facile d'accès et immédiat, que l'on peut ressentir en regardant ces compositions.

Cette impression agréable est peut-être fondée sur la bonne proportion de ses formes et de ses composants, où les uns n'offusquent pas les autres, sur l'aspect familier du ruban et ses mouvements en spirale gracieusement exprimés, ou encore sur la disposition des figures qui semblent bouger librement et joliment dans l'espace. Impression qui acquiert de la force et plus de consistance grâce aussi à un contexte comme celui de la science où, sinon pour des raisons de vulgarisation, cet aspect est difficilement pris en compte ou promu en tant que moyen de persuasion. Unir l'instructif à l'agréable a été une modalité que nous avons trouvée chez Vésale mais jusqu'aux temps récents dans l'illustration scientifique non naturaliste et notamment celle qui concernent l'infiniment petit et l'infiniment grand, la priorité était donnée à la mise en images des données brutes, selon une observance, presque idéologique, la plus fidèle et la plus adhérente possible aux détections que l'instrument pouvait produire. Toutefois, aujourd'hui les manuels universitaires tout comme certaines expressions d'idéalisation ou d'abstraction de modèles, telles que celle en ruban, offrent un ancrage relevant de l'agréable qui est davantage mis en valeur⁴²⁴ pour véhiculer idées, notions et données. Nous reprendrons le fil de ce discours au prochain paragraphe pour souligner le trait d'union qu'il a pu conserver dans la diffusion du modèle en ruban⁴²⁵.

Dans le fait de procurer une sensation à regarder, cette allure esthétique ne saurait épuiser la richesse du sujet car c'est plutôt le côté artistique qui renferme l'invention et que nous allons mettre à l'épreuve de l'analyse. Avant tout autre discours, dans le cas des dessins de Furugren, l'apport artistique s'insère tout naturellement dans la conception de sa représentation scientifique du fait que le chimiste suédois a été, et est toujours un artiste. Né en 1942, sa formation a été axée sur l'histoire de l'art et les matières scientifiques depuis les années 60. En 1968, il est étudiant en classe préparatoire dans une école d'art à Stockholm et en 1969 il est accepté au Royal Institute of Art de la capitale suédoise où il s'exerce aux pratiques artistiques jusqu'au 1972. L'année précédente il commence une thèse en chimie, la poursuivant par la suite et l'obligeant ainsi à abandonner les études artistiques pour entamer

⁴²⁴ Ne serait-ce que pour susciter plus d'intérêt chez les étudiants, nous voyons aujourd'hui une préférence des auteurs et des éditeurs à apporter des illustrations plaisantes à leurs manuels universitaires. À titre d'exemple, voir comment les dessins d'Irving Geis, fameux artiste et illustrateur scientifique, sont aujourd'hui largement réutilisés, comme dans l'ouvrage : VOET, Donald, VOET, Judith G. et PRATT, Charlotte W. *Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level*. 4th ed. Hoboken, NJ : Wiley, 2013.

⁴²⁵ Voir paragraphe 4.2.3.

finalement une carrière de chercheur scientifique, qui le conduit à devenir professeur de chimie à l'*Uppsala Universitet*⁴²⁶.

C'est justement en 1973, un an après avoir quitté sa formation artistique, qu'il compose le premier dessin en ruban que nous avons examiné dans le paragraphe précédent⁴²⁷ (*dessin d'origine*) et deux ans après il produit le *dessin source*⁴²⁸ de 1975, deux compositions qui sont à la base de son style et qui culmineront avec le dessin plus élaboré et complet de 1981 (*dessin accompli*⁴²⁹). C'est donc dans les années qui ont suivi sa formation artistique que le modèle en ruban voit le jour et, se posant comme une des références possibles de la visualisation des protéines, il gagnera par la suite les faveurs des scientifiques afin de devenir un des modes de représentation les plus utilisés dans la biochimie. Nous nous sommes donc demandé comment ses dessins ont été conçus. En essayant de les examiner en adaptant une méthode d'analyse proche de l'histoire de l'art, nous allons tenter d'identifier les précurseurs, de dégager les influences et de saisir les finalités pour essayer de mesurer le degré d'innovation qu'ils apportent⁴³⁰.

D'après les ouvrages que nous avons consultés, dans la littérature scientifique de la fin des années 60 et du début des années 70, on ne voit pas d'illustrations similaires dans leur architecture globale aux dessins en ruban. Il y a des éléments qui schématisent des structures et adoptent des figures courantes dans le monde de la chimie, comme c'est le cas des hélices qui ont eu un grand succès lorsque Francis Crick et James Watson les ont adoptées en 1953 pour montrer la géométrie de l'ADN, ou des sphères et des bâtonnets pour indiquer respectivement les atomes et leurs liaisons, ou encore d'autres figures géométriques plutôt communes, telles que des cylindres ou des flèches, pour symboliser certaines propriétés inhérentes des protéines⁴³¹. Ces unités figurales simples jouaient le rôle d'un court alphabet réduit à l'essentiel, et étaient censées traduire des données expérimentales qui renvoyaient, du moins dans l'idéal, à la forme supposée de l'objet invisible, qui attirait tant les convoitises des scientifiques, sans pour autant dévoiler facilement ses secrets.

Les modèles susceptibles de nous informer sur les protéines et qui reviennent le plus souvent dans les articles scientifiques de ces années-là sont le modèle compact⁴³², le modèle à

⁴²⁶ Nous résumons les informations que Furugren nous a fournies. Voir annexe 2 Bo Furugren lignes 150-155.

⁴²⁷ Paragraphe 4.2.1, fig. 4.11, p. 186.

⁴²⁸ Paragraphe 4.2.1, fig. 4.10.b, p. 185.

⁴²⁹ Paragraphe 4.2.1, fig. 4.16, p. 190.

⁴³⁰ Dans ce paragraphe, nous nous inspirons librement du paragraphe « DE L'ABSOLU AU RELATIF » de l'article : GENIN. Christophe. Création absolue et Création relative. Labex CAP [en ligne]. 2013, WikiCréation, p. 1-12. Disponible à l'adresse : <https://wikicreation.fr/fr/articles/242>.

⁴³¹ Voir *infra* et fig. 4.18, p. 198.

⁴³² Que nous avons déjà rencontré dans la figure 4.2.b, p. 156, paragraphe 4.1.2.

bâtonnets⁴³³, et le modèle non dessiné mais en plastique de Kendrew, qui représentait la configuration tridimensionnelle des protéines en attachant à des baguettes verticales et parallèles des bâtonnets matérialisant les liaisons des atomes⁴³⁴.

C'est à ces exemples que Furugren, en tant que scientifique et artiste, devait se confronter. Si l'on suit la théorie de Suárez, précédemment examinée⁴³⁵, pour que les dessins du chimiste suédois puissent s'affirmer, il fallait qu'ils possèdent la *force*, à savoir la capacité à construire un mécanisme de visualisation apte à renvoyer efficacement à sa cible (la protéine), et qui permettent aussi un *raisonnement de substitution* conduisant les scientifiques à des inférences pertinentes sur l'objet représenté. Examinons alors les éléments qui l'ont conduit à élaborer ses visualisations.

Bien que Furugren soit une figure atypique dans le panorama scientifique, surtout dans les années 60-70, en raison de sa double formation artistique et scientifique, il n'était pas le seul artiste à opérer dans le domaine de la science. Le duo composé par le scientifique Dickerson et par l'illustrateur-artiste Irving Geis avait publié un ouvrage⁴³⁶ en 1969, devenu une référence dans la biochimie notamment par sa large utilisation d'images, qui condensaient les connaissances de l'époque et facilitaient la compréhension des phénomènes encore partiellement inconnus de la biochimie par des visualisations idéalisées. Dans ce livre, nous trouvons bien sûr le modèle compact, celui de Kendrew dans sa variante appelée *en saucisse* (*sausage* en anglais) et celui en bâtonnets, mais aussi les prémices des illustrations de Geis⁴³⁷ qui seront par la suite amplement employées dans les manuels universitaires en raison de leur clarté et de leur efficacité dans le rendu des propriétés des molécules et dans la configuration spatiale des microstructures des protéines. Nous les avons employées nous-même pour notre étude dans les figures 4.3.a, pour indiquer les hélices alpha, et 4.3.b pour indiquer le feuillet bêta⁴³⁸.

Cet ouvrage de 1969 renferme aussi une autre qualité importante pour notre étude : les éléments fondamentaux qui seront à la base des compositions en ruban de Furugren. Si en effet les hélices alpha avaient été depuis longtemps utilisées en tant que motif pour visualiser l'enchaînement des molécules, comme l'ADN, une autre figure, et des plus banales, fournit

⁴³³ Le modèle en bâtonnets est visible dans les liaisons atomiques qui composent les figures 4.3.a et 4.3.b, p. 157, paragraphe 4.1.2.

⁴³⁴ Voir *infra* et fig. 4.19.a et 4.19.b, p. 200.

⁴³⁵ Voir théorie inférentielle de Suárez in chapitre 3, paragraphe 3.3.

⁴³⁶ DICKERSON, Richard Earl et GEIS, Irving. *The structure and action of proteins*. New York : Harper & Row, 1969. [Consulté le 23 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://archive.org/details/structureactiono0000unse>

⁴³⁷ Voir à titre d'exemple les figures de la p.33 de DICKERSON, *op.cit.*, qui subiront une évolution et un affinement que l'on peut distinguer dans les figures 4.3.a et 4.3.b que nous avons reproduites dans le paragraphe 4.1.2. Pour avoir un aperçu des illustrations de Geis, voir le site internet de ses archives à l'adresse : <https://pdb101.rcsb.org/sci-art/geis-archive/gallery-by-name> [consulté le 4 juin 2020].

⁴³⁸ P. 157, paragraphe 4.1.2

l'idée pour visualiser les feuilletts bêta : la figure des flèches. C'est en effet ce petit rectangle allongé et culminant d'un des deux côtés sur une pointe en forme de flèche qui va servir conjointement à l'hélice pour la composition du modèle en ruban.

Dans la figure ⁴³⁹ 4.18 nous voyons apparaître ces flèches, sur la gauche en torsion et nommées par des lettres de l'alphabet grec, au centre avec des hélices alpha à l'époque représentées par des cylindres et sur la droite avec une extension de la chaîne de la protéine pour indiquer le site actif ⁴⁴⁰.

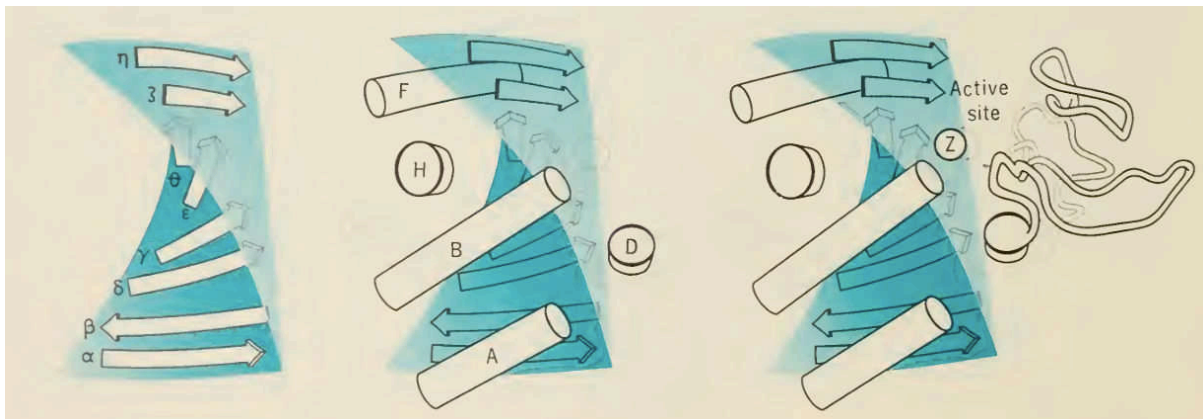


Fig. 4.18, flèches indiquant les composants des feuilletts bêta et cylindres renvoyant aux hélices alpha. dessins par Irving Geis in *The structure and action of proteins*, 1969.

À partir de ce motif en forme de flèche et en lui associant les hélices alpha torsadées, nous obtenons les deux composants fondamentaux des dessins de Furugren. Pourtant la distance avec ses compositions finales semble encore très grande par rapport à ces sources. Pour mieux cerner leur genèse nous devons les relier à leur fonction : que voulait représenter l'auteur ? D'où partait-il pour élaborer son dessin ? Quelle était sa finalité ?

D'après ses réponses à une série de questions que nous lui avons adressées, en 1973, date du *dessin d'origine*⁴⁴¹, des programmes d'ordinateur commençaient à peine à faire leur apparition pour dessiner des configurations de la protéine appelées image en stéréo. Cette paire

⁴³⁹ Cette figure reproduit celle paraissant in DICKERSON, *op.cit.*, p.88.

⁴⁴⁰ L'influence de Geis pour le motif des flèches nous a été confirmé par Furugren. De plus, pour nous l'indiquer de façon claire il nous a envoyé la même image que nous reproduisons dans la fig. 4.18. Voir Annexe 2 Bo Furugren fig. AF2 et lignes 220-221.

⁴⁴¹ C'est seulement quand les scientifiques ont été capables de mesurer les coordonnées de certains composants (α -carbon) dans la structure de la molécule que le programme d'ordinateur a pu fournir des images stéréo. Dès que l'équipe de Furugren a été en mesure de trouver ces coordonnées pour la molécule objet du *dessin d'origine*, le scientifique suédois a pu retoucher et affiner la disposition de la structure sur la base des images stéréo. Voir Annexes 2 Bo Furugren, lignes 107-111.

d'images consistait à produire le même objet sous un angle légèrement différent, équivalent à la distance de nos yeux, afin de donner l'idée d'une profondeur ou d'un objet tridimensionnel. Reproduire une double image en stéréo permettait au chimiste entraîné de mieux cerner la profondeur de l'objet visualisé et donc de mieux capter ses propriétés⁴⁴². C'est en suivant ces images que Furugren pouvait trouver les indications aptes à constituer la structure de la protéine (voir fig. 4.18).

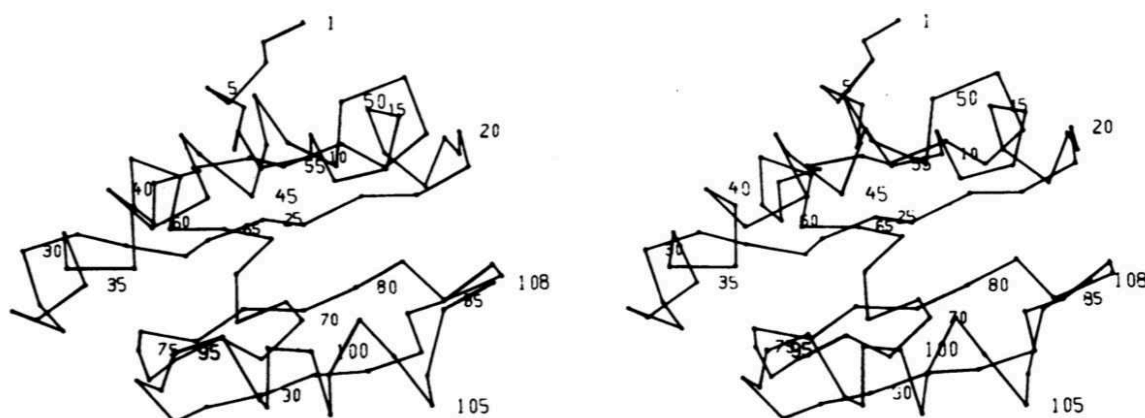


Figure 4.18 bis, images stéréo élaborées par ordinateur servant de modèle pour la configuration spatiale de la protéine du *dessin source* de 1975 de Furugren.

À titre d'exemple, nous observons dans la figure ci-dessus les deux images stéréo parues dans l'article⁴⁴³ qui contenait le *dessin source* de 1975⁴⁴⁴. Elles fournissent les informations nécessaires afin que le parcours du ruban de Furugren puisse construire avec exactitude et précision la structure globale de la protéine. Dans le modèle en ruban la ligne continue est substituée par le ruban, qui suivra le même parcours à partir du début en haut en correspondance du numéro 1 (le premier acide aminé) que dans le *dessin source* et deviendra l'écriture NH₂, pour terminer avec le numéro 108 en bas à droite (le dernier acide aminé de la séquence) prenant l'écriture COOH dans le *dessin source*. Dans ces deux illustrations qui diffèrent légèrement par l'angle de vue, on peut remarquer qu'en haut et en bas, la ligne assume de courts mouvements ondulatoires le long de son parcours horizontal formant de petits zigzags, dont l'apparence est similaire à ceux d'un cardiogramme. Ces ondulations qui indiquent les

⁴⁴² Voir : VOET, Donald et VOET, Judith G., Biochimie. De Boeck Supérieur. Trad. par DOMENJOUR, L., 2016, *Appendice Observation d'images en stéréo*, p. 271.

⁴⁴³ Figure 2, p.2306 in : HOLMGREN, Arne, SODERBERG, Bengt-Olof, EKLUND, Hans et BRANDEN, Carl-Ivar. Three-Dimensional Structure of Escherichia coli Thioredoxin-S2 to 2.8 angstrom Resolution. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America [en ligne]. National Academy of Sciences, 1975, Vol. 72, n° 6, p. 2305-2309. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/64698. JSTOR.

⁴⁴⁴ Voir fig. 4.10.b, p.185 ou fig. 4.5.a, p. 165.

replissements localisés de la structure de la protéine seront traduites dans les dessins en ruban par les hélices alpha, et les lignes plus droites et légèrement en diagonal par rapport à l'axe horizontal de la structure assumeront la forme des feuillets bêta en forme de flèche⁴⁴⁵.

Ce procédé destiné à devenir une référence dans la construction de la structure des protéines suivant le modèle en ruban, faisait cependant encore défaut à l'époque de la conception du tout premier *dessin d'origine* (1973)⁴⁴⁶, conduisant le chimiste suédois à se baser surtout sur le modèle de Kendrew que nous reproduisons dans la figure 4.19.a.

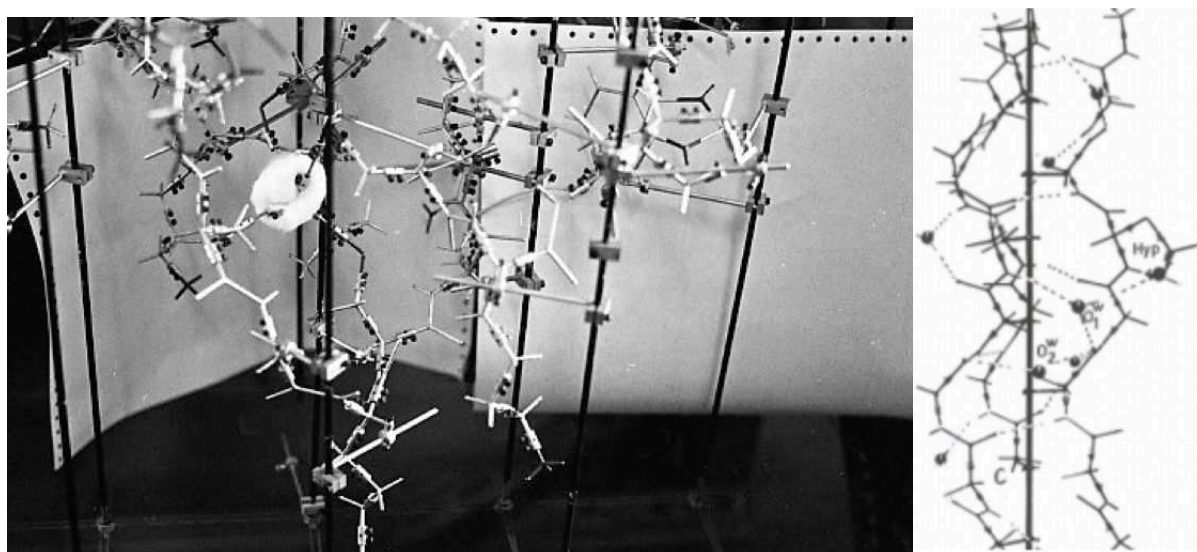


Fig. 4.19.a (à gauche), photographie du modèle de Kendrew en 3D en plastique. Fig. 4.19.b (à droite), image issue du modèle de Kendrew représentant le squelette d'une molécule.

Ce modèle avait l'avantage de traduire les résultats provenant de la diffraction des rayons X, laquelle était susceptible de mettre en évidence la densité des électrons de la molécule. Même si ce procédé s'avérait long et laborieux, il permettait tout de même de reconstruire le squelette de la protéine et les liens entre atomes, comme on le voit dans la figure 4.19.b⁴⁴⁷.

Bien que ces images aujourd'hui désuètes montrent un passé désormais révolu, au début des années 70 elles représentaient et fournissaient des données fiables sur lesquelles les biochimistes bâtissaient, pas à pas, les connaissances des molécules. Pour mieux les visualiser,

⁴⁴⁵ Les lignes en zigzag des images stéréo nous conduisent à mieux comprendre l'élaboration du dessin de 1974 in fig. 4.13, p. 187, paragraphe 4.2.1, qui semble mieux mettre en relief leur géométrie par rapport au dessin en ruban ordinaire qui finalement s'imposera et dans le style du chimiste suédois (*dessin source* et *dessin accompli*) et plus généralement dans la visualisation actuelle des protéines.

⁴⁴⁶ Fig. 4.11, p. 186, paragraphe 4.2.1.

⁴⁴⁷ Les deux figures proviennent des documents que Furugren nous a envoyés et qui ont réellement été utilisées comme source d'information pour composer son premier dessin de 1973 (le *dessin d'origine*), voir Annexe 2 Bo Furugren, pièce jointe 1 The Kendrew models.

Furugren nous dit qu'il avait tenté plusieurs essais en 1972 et peut-être avant, jusqu'à ce qu'un de ses dessins soit retenu pour la publication de 1973⁴⁴⁸.

Une dernière image, dont nous allons discuter l'importance, nous sera toutefois utile pour évaluer l'impact des sources et mieux comprendre et mesurer la portée de l'innovation des dessins en ruban de l'auteur suédois. En 1971⁴⁴⁹ paraît une illustration qui contient deux images que nous reproduisons dans les fig. 4.20.a et 4.20.b.

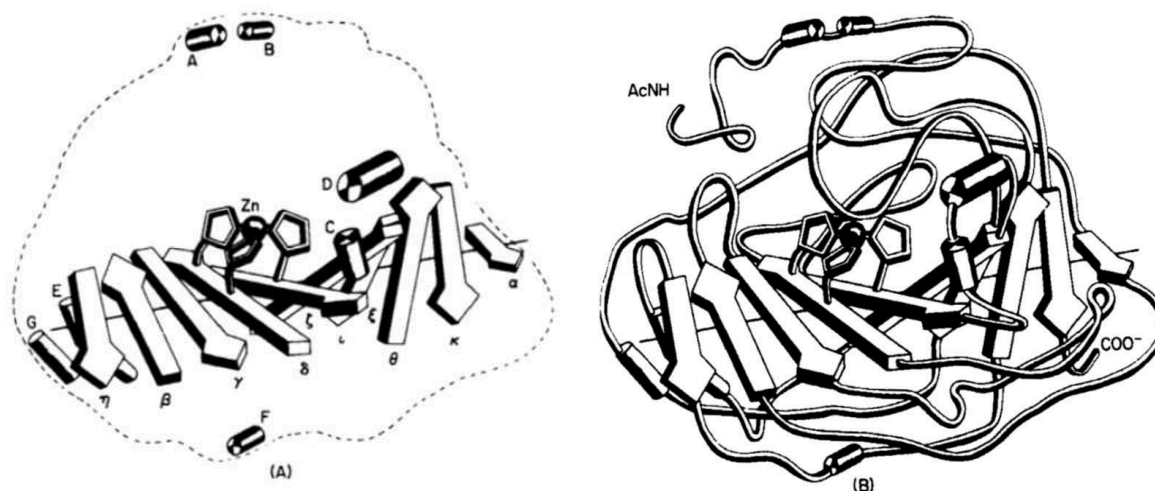


Fig. 4.20.a (à gauche) flèches indiquant les sous-structures bêta et cylindres indiquant les sous-structures alpha et fig. 4.20.b (à droite), représentation de la structure générale de l'enzyme anhydrase carbonique.

Les deux figures ci-dessus représentent la même enzyme (anhydrase carbonique). Celle de gauche met en évidence une série de rectangles en forme de flèche le long d'une ligne horizontale légèrement inclinée vers le haut si l'on applique une lecture de gauche à droite. De plus, des cylindres de tailles différentes font leur apparition, dispersés autour de la série des flèches, et deux ou trois éléments géométriques, assumant presque une forme de clé avec anneau pentagonal, se concentrent au centre de l'image. L'aspect, les proportions et même la profondeur des rectangles, ici plus accentuée, nous renvoient aux dessins d'Irving Geis (fig. 4.18). La similarité est nette dans la façon de nommer par lettres grecques les feuilletts bêta

⁴⁴⁸ Voir : Annexe 2 Bo Furugren, pièce jointe 1, deuxième page.

⁴⁴⁹ LINDSKOG, S., HENDERSON, L.E., KANNAN, K.K., LILJAS, A., NYMAN, P.O. et STRANDBERG, B. 21 Carbonic Anhydrase. Dans: *The Enzymes*. Vol. 5 [en ligne]. [S. l.]: Elsevier, 1971, p. 587-665. [Consulté le 23 mai 2020]. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60104-3. Fig. 1, p.610.

Le même dessin reproduit dans la fig. 4.20.b est apparu aussi in : LILJAS, A., KANNAN, K. K., BERGSTÉN, P.-C., WAARA, I., FRIDBERG, K., STRANDBERG, B., CARLBOM, U., JÄRUP, L., LÖVGREN, S. et PETEF, M. Crystal Structure of Human Carbonic Anhydrase C. *Nature New Biology* [en ligne]. Février 1972, Vol. 235, n° 57, p. 131-137. [Consulté le 27 mai 2020]. DOI 10.1038/newbio235131a0.

(premier dessin à gauche) et par lettres latines les cylindres qui représentent les hélices alpha (dessin au centre). Cette ressemblance ne saurait rester au stade d'une pure impression car un des auteurs de l'article, le chimiste Anders Liljas, nous a confirmé⁴⁵⁰ que l'inspiration du dessin est directement liée au livre de Dickerson et Geis de 1969. L'image de droite (fig. 4.20.b) apporte deux éléments supplémentaires qui définissent la structure générale de l'enzyme : un cordon ou fil qui relie un par un tous les composants de la figure de gauche et deux petites écritures qui indiquent le début de la chaîne de la protéine (AcNH) et la fin (COO⁻).

Une interrogation émerge : d'où ce dessin, qui semble pouvoir représenter un précurseur des dessins en ruban, provient-il et comment a-t-il été élaboré ? Liljas nous a livré quelques informations à ce sujet⁴⁵¹. Cette illustration ne naît pas de la plume d'un dessinateur qui l'aurait conçue par ses moyens intellectuels capables de mettre en image des connaissances et des mesures expérimentales, mais elle est plutôt le produit d'un modèle en trois dimensions, et plus précisément d'une maquette en métal, construite d'ailleurs pour l'anniversaire d'un des auteurs de l'article, le chimiste Strandberg, qui a été photographiée et, à partir de ces clichés, dessinée pour être reproduite. Liljas nous raconte comment il a guidé la construction de la maquette en faisant passer une tige par les flèches diversement inclinées, que nous apercevons dans la ligne horizontale légèrement oblique, et en raccordant les composants par un épais fil de cuivre.

Bien qu'il ne faille rien enlever à la créativité d'une telle construction, elle n'est tout de même pas le produit de la pensée d'un dessinateur qui conçoit un modèle apte à mettre dans une image les propriétés et les connaissances sur la structure d'une protéine. Nous nous sommes demandé si cette maquette a pu influencer Furugren. Il était d'ailleurs au courant du dessin parce qu'il travaillait avec l'équipe de Liljas tout en faisant partie d'une autre équipe dans la même université d'Uppsala, et les contacts aussi bien que les échanges entre les deux avaient eu lieu⁴⁵².

Furugren pourtant ne semble pas enclin à y voir un effet direct sur ses dessins⁴⁵³. Certains éléments pourtant nous laisseraient le penser : comme les flèches qui apparaissent dans le *dessin d'origine* de 1973 (fig. 4.11, p. 179), dans le *dessin source* de 1975 (fig. 4.10.b, p. 177 et fig. 4.5.a p. 158) et dans *dessin accompli* de 1981 (fig. 4.16, p. 183), de conformation similaire, même si une analyse plus attentive semblerait plutôt les attribuer à une influence de Geis (fig. 4.18 à gauche) ; ou comme le cordon qui réunit les composants fondamentaux, les microstructures de la molécule. Cependant chez Furugren le cordon acquiert la forme plus

⁴⁵⁰ Voir Annexe 2 Bo Furugren, pièce jointe 2 Liljas.

⁴⁵¹ *Ibid.*

⁴⁵² Voir Annexe 2 Bo Furugren, lignes 68-72.

⁴⁵³ *Id.*, ligne 93.

souple et inventive du ruban, conférant ainsi à ses compositions plus de souplesse et une force dynamique à la structure qui s'avère mieux adaptée au rendu de la configuration spatiale tridimensionnelle. On pourrait aussi apercevoir une autre influence directe dans la disposition de l'ensemble qui relie les microstructures particulières (hélice alpha, feuillets bêta et éléments de raccord), mais cette interprétation paraît biaisée du peu de figures similaires que nous retrouvons avant les dessins de Furugren, ce qui nous conduirait à voir dans l'image de Liljas un précurseur potentiel.

Même si ce n'est pas une possibilité interprétative à écarter, l'influence du dessin de Liljas paraît diminuée en fonction de trois caractères majeurs constituant les compositions de Furugren : le premier que l'on pourrait définir comme la *cohérence globale* de la composition, consiste à adapter la forme des éléments constitutifs afin de les rendre compatibles entre eux en formant un tout qui s'harmonise avec les parties distinctives. Voici donc le ruban qui fait son apparition en tant qu'élément de cohésion de toute l'organisation de la structure : se déroulant dans l'espace pour s'identifier à la chaîne de la protéine, il abandonne la forme de cylindre pour assumer un mouvement torsadé afin d'indiquer l'hélice alpha. Même la flèche plus géométrique s'allonge et s'adapte dans les mêmes proportions pour s'insérer dans la structure dynamique de la composition (voir le *dessin source* fig. 4.5.a p. 158).

Le deuxième caractère est la *clarté de lecture*, et s'exprime par une apparente légèreté de la structure qui semble suspendue dans l'air, prête à tourner et à révéler l'intérieur et ses secrets à l'œil avisé d'un biochimiste. Elle permet un accès plus facile aux informations de la protéine car elle ne *subit* pas les contraintes de l'espace où elle se situe, comme cela se produit dans le dessin de Liljas qui laisse transparaître la lourdeur des objets et le poids de la gravité, mais au contraire elle le domine, elle le reconstitue pour le soumettre à ses exigences de lisibilité et de précision.

Le troisième caractère se fonde sur l'*adaptabilité* et contribuera à la diffusion et l'affirmation des dessins en ruban. À l'époque, il s'agissait de construire un système de représentation suffisamment souple et modulable pour accueillir toutes les variantes des protéines que les détecteurs des instruments de plus en plus perfectionnés mettaient en lumière. Un système fondé sur des figures de base connues et faciles à reproduire (hélices, flèches et ruban), tout en étant pertinentes pour montrer les propriétés de la structure protéique, ce qui semble réussir à ces dessins. En effet, en les regardant de près, on pourrait reconnaître qu'elles sont simples, presque élémentaires, et qu'elles n'ont rien de véritablement innovant. Mais une observation plus attentive, surtout plus étendue le long des années où les trois dessins majeurs de Furugren s'affinent (1973 ; 1975 et 1981), ces mêmes figures constituent les lettres d'un

alphabet qui traduit à la fois en images les composants fondamentaux et leur agencement pour visualiser les structures très variées des protéines.

Un système de représentation élémentaire à la base mais qui assimile les caractéristiques que nous venons d'exposer et qui ont contribué à son succès. En ce sens, il constitue une rupture par rapport aux représentations précédentes car le modèle en ruban introduit par Furugren fait date dans la mesure où on peut remarquer un avant et un après, un modèle qui a commencé à un moment et dont l'extension dure encore aujourd'hui.

Son innovation est redevable aux modèles précédents, comme celui de Geis et sans doute celui de Liljas, mais l'ensemble de ses caractères et le tout qu'ils forment apparaissent moins comme une variation des modèles existants à l'époque que comme une forme plus inédite et originale. La combinaison des motifs issus du mouvement du ruban n'apparaît pas dans d'autres articles et publications auparavant et semble ainsi apporter un changement majeur dans la visualisation de la structure des protéines. De surcroît, surtout à partir du *dessin source* de 1975, la construction du modèle en ruban se stabilise par des formes désormais établies, capables de systématiser dans un modèle cohérent et fonctionnel les informations sur les protéines et leurs détections.

Tout comme le style d'un artiste risquerait d'être oublié s'il ne trouvait pas un milieu capable de l'apprécier et de le mettre en valeur, les chimistes de l'université d'Uppsala ont probablement compris le potentiel des dessins de Furugren dans leur aptitude à fournir une image immédiatement accessible et simplifiée de la structure de la protéine et dans la capacité fonctionnelle d'en déduire certaines propriétés. Il y avait une *prise de risque* dans ses dessins, due au côté imaginaire qui détermine une idéalisation de la représentation scientifique, et qu'il fallait assumer en vue d'une publication. Les auteurs Bränden, Holmgren, Eklund et d'autres ont su finalement tirer profit du modèle en ruban, en l'utilisant amplement dans leurs publications, quelquefois en indiquant qui en était l'auteur, d'autres fois en l'omettant. En tout cas, c'est grâce à ces articles de l'époque que ce modèle a pu faire ses preuves et servir de source à d'autres scientifiques pour arriver aux programmes d'ordinateur qui feront leur apparition dans les années 80 et 90.

Une question peut se poser tout naturellement : le chimiste Furugren en étant aussi artiste, a-t-il été influencé par des sources artistiques précises ? C'est une question qui était aussi à l'origine de notre enquête sur les sources de Richardson dans la section précédente de ce chapitre. La réponse est difficile à donner. Malgré nos sollicitations pour obtenir des indications même sommaires, le chimiste suédois n'a pas su identifier des sources artistiques

spécifiques⁴⁵⁴. Ce n'est d'ailleurs pas son rôle de le faire car c'est plutôt aux critiques et aux historiens de les établir. Pour notre part, la tâche s'avère complexe car nous sommes devant un type d'image qui relève non seulement du monde scientifique et de ses modèles, mais son architecture schématique et fonctionnelle ne nous laisse pas entrevoir de références distinctes à des constructions visuelles appartenant au milieu artistique.

On pourrait tout de même conduire un raisonnement qui établit des similarités avec des œuvres artistiques antérieures à ses dessins, mais cela relèverait davantage d'une construction artificielle menée *a posteriori* plutôt qu'une recherche de véritables sources qui ont, preuve à l'appui, influencé le chimiste suédois. Nous avons tenté de lui soumettre la seule idée qui nous est parue raisonnable mais qui reste une conjecture. Elle se construit autour d'une possible parenté des formes présentes dans d'autres types de compositions comme le petit détail du mode d'écriture présent surtout dans le *dessin source* de 1975 qui se manifeste dans une forme étirée notamment dans la série des quatre lettres COOH, placée en bas à droite (voir fig. 4.10.b, p. 177 et fig. 4.5.a, p. 158). Bien que les séries des lettres ne soient pas absentes des peintures anciennes⁴⁵⁵, celle de Furugren semble s'approcher davantage de celles qui paraissent dans les bandes dessinées et qui s'adaptent facilement par leur graphie à l'espace qui doit les contenir (la bulle) ou à l'effet qu'elles doivent produire (comme les onomatopées *BOOM* ou *BANG*). Il nous est paru possible de lui soumettre une telle comparaison à la recherche d'une confirmation, mais pour le chimiste suédois, bien qu'elle ne soit pas à exclure puisqu'il était lecteur de bandes dessinées dans les années 50-80, il lui semble toutefois difficile d'admettre complètement une telle analogie⁴⁵⁶. D'autres comparaisons afin de trouver d'autres véritables sources demeurent tout aussi difficiles à établir.

Cela dit, son allure esthétique qui se dérobe à d'éventuelles sources artistiques est tout de même présente et on serait tenté de dire qu'elle se manifeste par une certaine finesse d'exécution, par une légèreté de la structure qui semble flotter dans l'espace, par une sorte d'harmonie dérivant du rapport bien proportionné entre ses parties, mais quoi qu'il en soit elle demeure plaisante à la vue. Aujourd'hui encore, bien qu'elle soit vêtue de diverses couleurs et construite par ordinateur, elle ne semble pas perdre de son élégance originelle.

⁴⁵⁴ Voir : Annexe 2 Bo Furugren, lignes 177-206

⁴⁵⁵ Voir à titre d'exemple *L'Annonciation avec sainte Marguerite et saint Ansanus* de Simone Martini et Lippo Memmi de 1333 conservé au Musée des Offices à Florence.

⁴⁵⁶ Voir : Annexe 2 Bo Furugren, lignes 177-206.

4.2.3 La diffusion des dessins en ruban

Nous avons noté que le nom de Furugren a généralement été oublié par la littérature scientifique voyant plutôt en Richardson l'auteur des tout premiers dessins en ruban (paragraphe 4.2.1). Pourtant nous avons attribué la paternité de ce modèle à l'auteur suédois en indiquant qu'il a servi de source aux illustrations de la biochimiste américaine.

C'est justement en 1981 que Richardson fait paraître la publication⁴⁵⁷ qui, comme nous l'avons déjà observé, produit une ample variété de dessins en ruban pour mettre en image un grand nombre de protéines⁴⁵⁸. On pourrait émettre l'hypothèse que, le succès de cet article a été tel qu'il a pu influencer même le chimiste suédois qui, la même année, voyait son *dessin accompli* publié⁴⁵⁹. Pourtant, lors d'un examen plus détaillé, cette hypothèse doit être rejetée car le manuscrit des chimistes d'Uppsala⁴⁶⁰ a été reçu par la revue *avant* la date de publication de Richardson et, plus important, les dessins de Furugren montraient un style déjà consolidé, fruit d'un travail d'au moins huit ans, alors que ceux de Richardson venaient de paraître pour la première fois.

On peut constater que le travail de la biochimiste américaine sur la taxonomie a contribué grandement à la diffusion du modèle en ruban au point de faire oublier le chimiste artiste suédois. Nous le remarquons déjà la même année, lorsqu'une autre publication⁴⁶¹ traitant du repliement de la structure des protéines, paraît en citant la biochimiste américaine et en montrant ses dessins en ruban, entamant ainsi une longue série d'oublis concernant la production de Furugren.

Dans son article, Richardson mène en effet un travail remarquable donnant une forme (en ruban) à beaucoup de protéines contribuant ainsi à adapter un modèle, qui ne comptait que peu d'exemples, à une plus vaste étendue de spécimens. Elle a donc fait évoluer un système pour qu'il puisse s'imposer comme référence et déterminer son succès. La biochimiste américaine a aussi un autre mérite qu'il faut lui reconnaître. Son penchant pour l'art, que nous avons déjà remarqué dans son article examiné dans la première section de ce chapitre, se

⁴⁵⁷ RICHARDSON, Jane S. The Anatomy and Taxonomy of Protein Structure. Dans : ANFINSSEN, C.B., EDSALL, John T. et RICHARDS, Frederic M. (dir.), *Advances in Protein Chemistry*. Vol. 34 [en ligne]. [S. l.] : Academic Press, 1 janvier 1981, p. 167-339. DOI 10.1016/S0065-3233(08)60520-3.

⁴⁵⁸ Il faut souligner que Richardson dans sa publication ne se limite pas uniquement à représenter le modèle en ruban, d'autres figures rappelant le modèle compact ou le modèle en bâtonnets apparaissent également.

⁴⁵⁹ EKLUND, Hans, SAMAMA, Jean-Pierre, WALLÉN, Leif, BRÄNDÉN, Carl-Ivar, ÅKESON, Åke et JONES, T. Alwyn. Structure of a triclinic ternary complex of horse liver alcohol dehydrogenase at 2.9 Å resolution. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Mars 1981, Vol. 146, n° 4, p. 561-587. [Consulté le 21 mai 2020]. DOI 10.1016/0022-2836(81)90047-4.

⁴⁶⁰ En première page de l'article on peut lire que le manuscrit a été reçu le 15 juillet 1980 et corrigé le 24 octobre de la même année, alors que la publication de Richardson date de janvier 1981.

⁴⁶¹ ROSSMANN, M G et ARGOS, P. Protein Folding. *Annual Review of Biochemistry* [en ligne]. Juin 1981, Vol. 50, n° 1, p. 497-532. [Consulté le 29 mai 2020]. DOI 10.1146/annurev.bi.50.070181.002433.

manifeste aussi dans ses dessins. Elle sait garder cette allure esthétique, qui accompagnait déjà les compositions de Furugren, en apportant par moments une touche personnelle et originale comme dans la figure 4.21.a⁴⁶² et 4.21.b⁴⁶³.

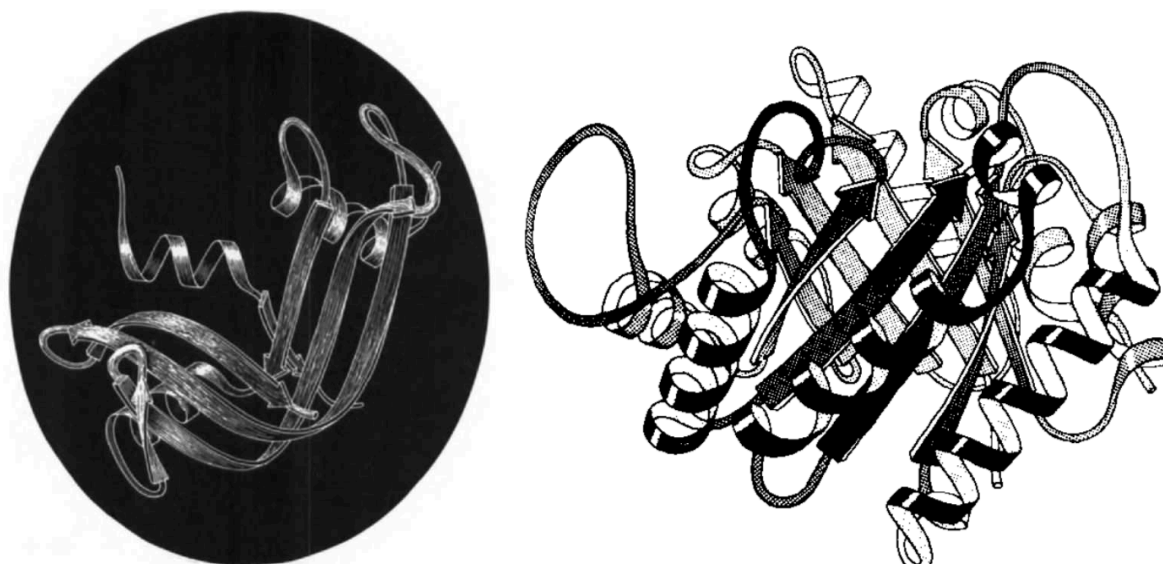


Fig. 4.21.a (à gauche) modèle en ruban illustrant la molécule ribonuclease S paraissant dans l'article de Richardson de 1981 et fig. 4.21.b (à droite), modèle en ruban de la molécule Triose-phosphate isomérase par Richardson (1981).

Les deux illustrations exposées ci-dessus paraissent dans son article de 1981. Celle de gauche affiche même une certaine élégance et recherche un propos esthétique qui tend à fournir un aspect plaisant à l'image. On peut le remarquer par le fond noir, inhabituel dans ce genre d'illustrations destinées à la communauté des chercheurs, et par les reflets de lumière qui accentuent les formes gracieuses des courbes et des mouvements de ses figures. De manière similaire nous pouvons interpréter l'image de droite : au lieu d'utiliser le noir dans le fond, elle l'affiche sur le ruban, jouant avec des teintes grisâtres pour mieux distinguer certaines parties internes de la structure et les mouvements sur les bordures externes.

Dans les deux cas, l'aspect esthétique est souligné par la *gratuité* des procédés d'exécution que nous venons de décrire et nous pouvons les déduire par soustraction : n'ajoutant rien aux informations sur la structure de la protéine ni à sa visibilité, le fond et les

⁴⁶² Nous reproduisons la figure 1 de l'article RICHARDSON, *op.cit.*, p. 168.

⁴⁶³ Ce dessin possède exactement la même structure que celui que nous avons examiné de la fig. 4.5.b paragraphe 4.1.2 et il apparaît dans le même article RICHARDSON, *op.cit.*, p.291, fig. d, mais nous avons reproduit ici une copie de meilleure qualité paraissant in ROSSMANN, M. G. et ARGOS, P., *op.cit.*, p. 510, fig. 9.

jeux de lumière demeurent non essentiels, et sont par conséquent des effets recherchés pour embellir les deux images. Celle de gauche est d'ailleurs affichée en première page après le sommaire de l'article, comme une sorte d'emblème en guise de présentation.

C'est un procédé inhabituel pour un article scientifique, normalement bien plus axé à observer des règles où l'image revêt le strict nécessaire complément d'information pour appuyer le contenu du texte écrit. Cet usage esthétique, qui accompagne des images scientifiques, était déjà présent dans l'illustration naturaliste⁴⁶⁴ mais demeurait absent dans des domaines de l'invisible, où la précision et concision des informations visuelles paraissaient être un canon indispensable et non négociable de l'illustration. Il a probablement vu le jour dans les années soixante par des illustrateurs comme Irving Geis dont nous avons déjà fait mention⁴⁶⁵.

Le fait d'introduire des éléments relevant du beau, dans le sens du plaisant et de l'agréable, devait évoquer une idée d'inutilité, voire de tromperie pouvant conduire à de mauvaises informations visuelles, qui étaient donc priées de rester dans un domaine distinct de la science, comme celui de l'art plus enclin à une spéculation sur les idées et les goûts, en tout cas moins orthodoxe dans sa recherche épistémique. Cette méfiance qui a longtemps subsisté dans le milieu scientifique apparaît aujourd'hui comme le volet obsolète d'une attitude qui tend actuellement à intégrer en son sein des visualisations provenant de la main habile et inventive des artistes. À l'époque de Geis et de Furugren, puis à celle de Richardson, le fait que ce mouvement favorable à des idées nouvelles n'était pas encore ancré dans les mentalités du milieu de la science, suggère que les images de la biochimiste pouvaient avoir provoqué une surprise, voire un débat parmi ses pairs pour ses choix esthétiques⁴⁶⁶.

Le concept de fidélité à la réalité traduit en image par une observance stricte des données instrumentales a demeuré longtemps dans le monde scientifique. Il ne sera donc pas vain de souligner le privilège dont Furugren a bénéficié dans le milieu suédois d'Uppsala lorsque ses collègues ont su apprécier et tirer profit de la qualité de ses idéalizations appliquées à la structure de la protéine.

⁴⁶⁴ Voir paragraphe 2.1.8, chapitre 2.

⁴⁶⁵ Voir paragraphe 4.2.2.

⁴⁶⁶ On peut interpréter ainsi les propos de Key, lorsqu'elle rapporte qu' « En 1981, Jane Richardson a publié ses dessins pour la première fois dans la revue *Advances in Protein Chemistry*. Les scientifiques ont immédiatement commencé à les utiliser et certains ont même débattu avec elle de la façon dont elle avait représenté une molécule particulière, ouvrant ainsi une nouvelle ère de débat sur l'interprétation scientifique. » Nous traduisons de l'anglais : « In 1981, Jane Richardson published her drawings for the first time in the journal *Advances in Protein Chemistry*. Scientists immediately started using them and some even argued with her about how she'd depicted a particular molecule, opening up a new era of debate about scientific interpretation. » In in KEY, Lindsay, Science's 'Mother of Ribbon Diagrams' celebrates 50 years at Duke. Dans : Duke Stories [en ligne]. 19 octobre 2018. [Consulté le 18 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://stories.duke.edu/sciences-mother-of-ribbon-diagrams-celebrates-50-years-at-duke>. Paragraphe : *Deciding what's important*.

Richardson, bien qu'elle n'ait pas appliqué à la plupart de ses dessins un effet d'agrément tel que celui examiné dans les deux images ci-dessus, a su toutefois conserver et par moments même amplifier cette allure esthétique initié par Furugren, jouant ainsi un rôle important, voire essentiel, non seulement dans la diffusion du modèle en ruban mais aussi dans la réception d'un aspect plaisant associé au côté fonctionnel.

Son penchant pour l'art à la recherche d'analogies, nous l'avons d'ailleurs déjà examiné dans la première section de ce chapitre, soulignant la manière dont la biochimiste américaine a été capable depuis ses premiers articles de proposer des rapprochements avec des figures artistiques, tels que des vases grecs et leurs méandres⁴⁶⁷ même dans des articles destinés à la communauté scientifique. Au long de sa carrière, elle a aussi joué un rôle notable dans l'explication des modèles de protéine et tout particulièrement dans celui en ruban⁴⁶⁸, facilitant ainsi l'association entre son nom et celui du modèle.

Quelques années après la parution des articles avec les dessins de Furugren dans les années 70 et de Richardson au début des années 80, les premiers programmes pour ordinateur font leur apparition simplifiant le travail des chercheurs dans l'élaboration et la visualisation des structures des protéines. Pourtant au milieu des années 80, le choix pour l'adoption systématique du modèle en ruban n'était pas encore acté et les programmeurs offraient divers modes, parfois mélangés, pour décrire les protéines comme celui de Geis, de Liljas et de Furugren que nous avons vus dans le paragraphe précédent⁴⁶⁹.

C'est à partir des années 90 que le modèle en ruban semble se répandre et être adopté plus systématiquement, du moins si l'on observe la diffusion du programme Molscrip que son auteur nous décrit dans un article⁴⁷⁰ où il en montre l'utilité. Bien que ce programme propose divers types de représentations des molécules, il est intéressant de noter que, dans le même

⁴⁶⁷ Voir paragraphe 4.1.3.

⁴⁶⁸ À titre d'exemple voir : RICHARDSON, Jane S. Schematic drawings of protein structures. Dans : *Methods in Enzymology*. Vol. 115 [en ligne]. [S. l.] : Elsevier, 1985, p. 359-380. [Consulté le 30 mai 2020]. DOI 10.1016/0076-6879(85)15026-3.

⁴⁶⁹ L'article de Lesk et al. que nous citons dans cette note de bas de page en est l'exemple car on y trouve des images stéréo montrant divers types de visualisations, certaines s'inspirant des dessins de Geis pour le modèle de Kendrew en forme de saucisse (fig. 1, p.383), d'autres plus similaires à celui de Liljas (fig. 3b, p.384), d'autres encore rappelant le modèle en ruban (fig. 4, p. 385). De plus, dans le corpus du texte on peut lire de l'utilité de l'idéalisation (l'auteur l'appelle *abstraction* en anglais) et, chose rare, le nom de Furugren : « The complexities of large structures have demanded an evolution of other representations, including abstractions. These include the schematic diagrams used first by A. Rossmann, A. Liljas, and B. Furugren, in which cylinders represent α -helices and arrows represent strands of β -sheet, and related representations which have been applied extensively by J. Richardson. Questions of the gross folding pattern, or topology, of a macromolecule are better served by these more abstract representations. » p. 382, in : LESK, Arthur M. et HARDMAN, Karl D. Computer-generated pictures of proteins. Dans : *Methods in Enzymology*. Vol. 115 [en ligne]. [S. l.] : Elsevier, 1985, p. 381-390. [Consulté le 31 mai 2020]. DOI 10.1016/0076-6879(85)15027-5.

⁴⁷⁰ KRAULIS, P. J., MOLSCRIPT: a program to produce both detailed and schematic plots of protein structures. *Journal of Applied Crystallography* [en ligne]. Octobre 1991, Vol. 24, n° 5, p. 946-950. [Consulté le 31 mai 2020]. DOI 10.1107/S0021889891004399.

article, une place privilégiée et majoritaire est donnée aux illustrations du modèle en ruban et, partant de l'analyse de leurs formes, il semble bien que l'auteur ait suivi Richardson et non Furugren comme source, ce que l'on peut remarquer dans les images ci-dessous.

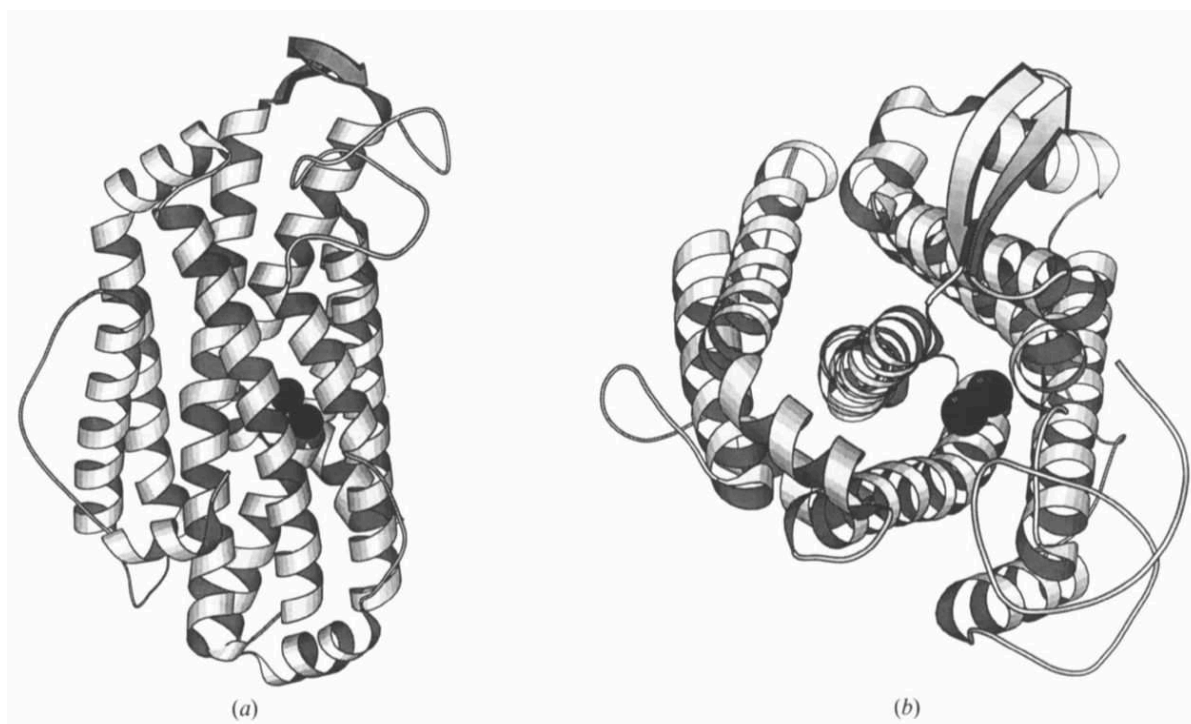


Fig.4.22.a (à droite) et fig. 4.22.b (à gauche) programme d'ordinateur Molscript représentant la molécule ribonucléotide réductase sous deux angles différents (90°) suivant le modèle en ruban.

Les figures 4.22.a et 4.22.b⁴⁷¹ illustrent la même molécule en faisant varier l'angle de 90° . La forme plus épaisse du ruban, son mouvement plus rigide comme s'il devait s'insérer dans un cylindre, nous rappellent davantage les dessins de la biochimiste américaine que ceux de l'auteur suédois. Nous pouvons le remarquer plus aisément en observant les figures 4.23.a et 4.23.b⁴⁷².

⁴⁷¹ Les deux illustrations proviennent de l'article : KRAULIS, *op.cit.*, fig. 2a et fig. 2b, p. 948.

⁴⁷² Les deux illustrations proviennent de l'article : RICHARDSON, Jane S., *The Anatomy and Taxonomy of Protein Structure*, *op.cit.*, fig. 72 p. 260 et fig. 95b p. 298.

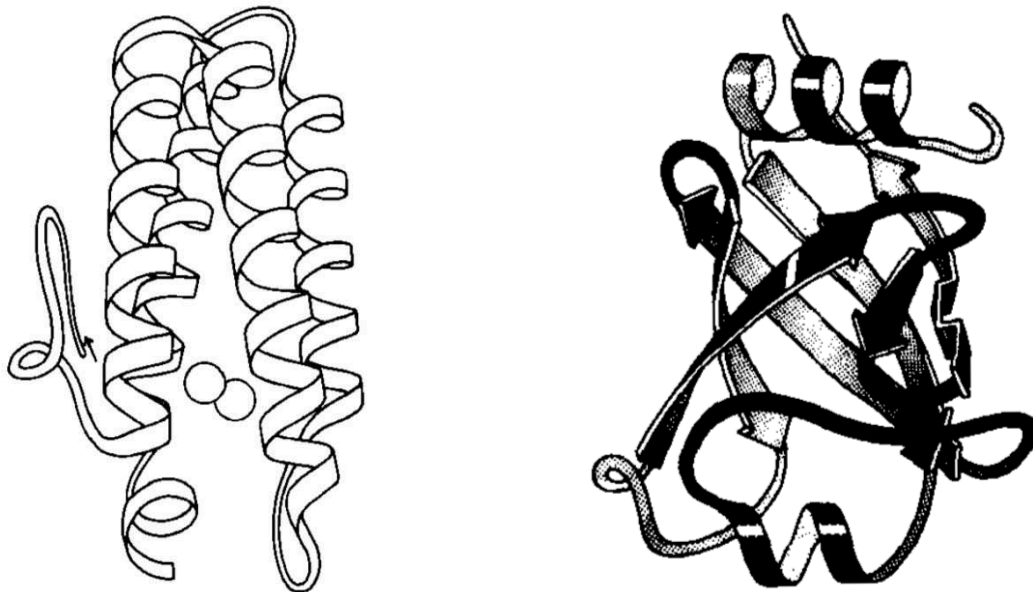


Figure 4.23.a (à gauche) protéine de la myohémerythrine et 4.23.b. (à droite) enzyme de la papaïne, les deux illustrations paraissent dans l'article de Richardson (1981).

Parmi les deux figures ci-dessus, celle de gauche n'est pas uniquement similaire à la figure 4.22.a par la structure générale, bien qu'il s'agisse d'une molécule différente, mais aussi par la configuration torsadée des hélices alpha et l'épaisseur du petit cordon qui les lie. Il se peut que le programmeur Per Kraulis ait décidé d'insérer les effets du noir et blanc (fig. 4.22.a et fig. 4.22.b) déjà introduits dans les dessins de Richardson que nous avons observés au début du paragraphe et qui sont aussi visibles dans la figure de droite (fig. 4.23.b).

Bien que la conformation spatiale de la molécule illustrée dans la fig. 4.22.a de Kraulis puise les informations sur sa structure dans un autre article où ne sont pas présents de véritables dessins en ruban⁴⁷³, dans sa bibliographie nous voyons cité le célèbre article de Richardson de 1981, ce qui semble confirmer la filiation des dessins de l'auteure américaine. Cependant, le nom de Furugren y est présent aussi en tant que cosignataire d'un article sur les enzymes⁴⁷⁴ où apparaissent les dessins que nous avons déjà rencontrés (figures 4.12, 4.13 et 4.14, p. 180-181) et qui ont pu apparaître, aux yeux du programmeur, comme moins sûrs et moins bien définis que ceux, comme les *dessins d'origine, source et accompli*⁴⁷⁵, que nous avons examinés plus

⁴⁷³ NORDLUND, Pär, SJÖBERG, Britt-Marie et EKLUND, Hans. Three-dimensional structure of the free radical protein of ribonucleotide reductase. *Nature* [en ligne]. Juin 1990, Vol. 345, n° 6276, p. 593-598. [Consulté le 31 mai 2020]. DOI 10.1038/345593a0

⁴⁷⁴ BRÄNDÉN, Carl-Ivar, JÜRNVALL, Hans, EKLUND, Hans et FURUGREN, Bo. 3 Alcohol Dehydrogenases. Dans : *The Enzymes*. Vol. 11 [en ligne]. [S. l.] : Elsevier, 1975, p. 103-190. [Consulté le 2 juin 2020]. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60211-5

⁴⁷⁵ Parus dans d'autres articles que Kraulis ne cite pas (voir paragraphe 4.2.1).

en détail dans le paragraphe 4.2.1. Il n'est donc pas étonnant de constater que pour le programmeur influence de Furugren n'ait pas été si prégnante⁴⁷⁶.

Dans les années postérieures d'autres programmes pour ordinateur tels que Ribbons et surtout Pymol se sont succédés jusqu'à remplacer Molscript, et ont fini par évoluer vers des sites qui aujourd'hui proposent directement la mise en image des protéines. Malgré le fait que notre étude ne puisse se consacrer entièrement à l'assimilation des motifs en ruban dans les programmes pour ordinateur⁴⁷⁷ car ce n'est pas notre objet, nous constatons que ce que nous avons défini comme étant une allure esthétique depuis les dessins du chimiste suédois s'est maintenue. Elle est probablement passée par les dessins de Richardson pour aboutir aujourd'hui dans des visualisations qui gardent une légèreté, un mode d'accès facile et plaisant, une certaine gaieté, accentuées par les couleurs vives et souvent arc-en-ciel qui sont affichées⁴⁷⁸.

Nous pourrions émettre l'hypothèse que cet aspect agréable a pu contribuer à l'affirmation de ce modèle mais nous entrerions dans un terrain périlleux et sans confirmation, compte tenu surtout du fait que, pour un scientifique, ce qui doit primer est la fiabilité des données et des déductions qu'il peut tirer d'une image. Et c'est bien pour cette raison que, nous le soulignons, l'apport d'une éducation mixte entre art et science, a su mettre en image une intuition qui prenait la forme d'un ruban, des flèches et des hélices - rien de plus simple en apparence - susceptibles d'introduire un modèle qui, depuis presque cinquante ans a acquis un statut de référence incontournable dans le monde de la biochimie.

La facilité de transposer la structure interne de n'importe quel type de protéine dans ces formes élémentaires en une composition lisible et détaillée a certainement donné un avantage de taille au succès de ce modèle. Cependant, il ne serait pas anodin d'évoquer que tout être humain, comme le scientifique, acquiert tout au long de sa vie un ensemble de valeurs tant visuelles qu'artistiques qui déterminent son mode de raisonnement, sa capacité à construire des liens entre formes et concepts, et qui sont aussi en mesure d'orienter ses goûts, ses préférences et ses résistances.

⁴⁷⁶ En ce sens, nous comprenons mieux la phrase de Kraulis quand il écrit : « I needed an image of a protein three-dimensional structure to illustrate a point in my thesis, and I wanted a schematic drawing of the kind pioneered by Bo Furugren and perfected by Jane Richardson ». S'il a effectivement vu uniquement les dessins de Furugren parus dans l'article sur les enzymes, il est compréhensible que ceux de Richardson lui aient semblé plus perfectionnés. In : KRAULIS, Per. MolScript: A story of success and failure. Dans : Civilisation [en ligne]. 3 novembre 2014. [Consulté le 31 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://kraulis.wordpress.com/2014/11/03/molscript-a-story-of-success-and-failure/>

⁴⁷⁷ Sur l'assimilation des dessins en ruban dans les programmes d'ordinateur, il faut néanmoins souligner que la très grande majorité des articles consultés suit une position similaire à celle de Kraulis, comme c'est le cas pour Flower (FLOWER, D.R. Improved ribbon-drawing programs. *Journal of Molecular Graphics* [en ligne]. Décembre 1991, Vol. 9, n° 4, p. 257-258. [Consulté le 20 octobre 2020]. DOI 10.1016/0263-7855(91)80021-Q), ou ignore carrément l'apport de Furugren comme c'est le cas pour Martinez et al. (MARTINEZ, Xavier. et al., *Molecular Graphics: Bridging Structural Biologists and Computer Scientists*, *op. cit.*).

⁴⁷⁸ Les couleurs sont employées dans la visualisation pour indiquer les structures secondaires ou les diverses séquences de la chaîne aminée. Choix qui accentue l'aspect plaisant de la représentation.

Il nous semble donc difficile d'écarter a priori la possibilité que l'aspect plaisant d'un modèle ne fournisse aucun élément susceptible d'entrer dans l'élaboration de la pensée, dans une référence ou un lien qui peuvent influencer un jugement, une inférence, une analyse ou une simple spéculation. Ne serait-ce que par l'éducation qui nous met en contact avec d'autres modèles, littéraires, visuels, musicaux et bien d'autres, nous donnons une forme écrite, imagée ou même musicale à des concepts, des idées et des émotions. Ainsi, bien qu'une étude cognitive serait la réponse probablement la plus adéquate à des telles suppositions, il n'en demeure pas moins que prendre en compte la possibilité que l'aspect esthétique ait pu accompagner et contribuer à la diffusion d'un modèle n'est pas à écarter. Si d'ailleurs nous considérons que la formation d'une discipline acquiert sa forme plus complète et stable dans des manuels universitaires où l'usage de représentations scientifiques travaillées par des illustrateurs artistes est de plus en plus fréquent, nous sommes amenés à penser que ces images peuvent elles aussi servir à orienter des choix, activer des préférences et définir des oppositions, construire des pensées, des analogies et d'autres modes de représentation.

Furugren a su inaugurer un modèle scientifique qui, destiné à ses pairs, est devenu courant aussi dans l'éducation et la formation universitaire pour aboutir à une des visualisations les plus employées dans la microbiologie. Elle permet de synthétiser des connaissances, de leur donner une forme qui produit des inférences. Nous allons donc utiliser la construction du scientifique artiste suédois à l'épreuve des concepts élaborés tout au long de notre étude.

4.2.4 Le modèle en ruban à l'épreuve des théories exposées

La conception et l'affirmation du modèle en ruban dans le secteur de la biochimie mettent en évidence plusieurs caractéristiques que nous allons, à présent, tenter de préciser et de vérifier. Dans le paragraphe 4.2.2, il a été question de montrer l'origine et la genèse des dessins en ruban. Plus particulièrement, nous avons essayé de détailler les étapes et de déterminer les diverses influences assimilées par l'auteur et qui l'ont conduit à construire cette représentation des protéines. D'un côté, les diverses images provenant de la science, notamment celles d'Irving Geis, ont contribué à fournir les éléments de base de sa composition ; de l'autre côté, le registre visuel de l'artiste chimiste Furugren a dû jouer un rôle tout aussi essentiel, mais plus masqué, dans la synthèse et l'accord des diverses parties dans un tout cohérent et réussi.

Si le premier côté a été plus facile à élucider, le second recèle encore des secrets. Cependant il ne pourrait nous empêcher d'établir une correspondance avec le concept de

Goodman lié à la filiation des versions antécédentes et d'approximation d'une image par rapport à la réalité. Le philosophe américain déplace la réflexion d'une vision qui fait dériver un modèle *directement* du monde, devenant ainsi un reflet de sa structure intime, pour l'orienter vers une optique qui se concentre davantage sur la description que ce modèle peut en faire, avec toutes ses limites (approximations) et ses qualités (caractérisations). Ainsi l'attention est portée au fait que c'est bien au modèle de construire le monde, et non l'inverse, selon des critères de correction et de conventions que les diverses disciplines assument.

L'exemple du modèle en ruban répond à des critères de correction qui se réfèrent à la recherche expérimentale et plus précisément aux données instrumentales provenant de méthodes de détection, notamment des appareils de microscopie. Il semblerait bien que puisque ces données dérivent directement de la « réalité » à l'échelle microscopique, elles définissent ainsi une image qui soit la reproduction fidèle de ce monde. Nous avons toutefois déjà examiné les faiblesses d'une telle perspective en raison du fait que l'interprétation des données dépend toujours d'une théorie⁴⁷⁹, et que celle-ci est toujours assujettie aux connaissances de son époque⁴⁸⁰.

Bien que les informations instrumentales demeurent essentielles, elles ne sont pas pour autant suffisantes à la composition de l'image. Elles ont un rôle déterminant dans la vérification du modèle, mais à l'origine de la construction des dessins en ruban nous avons vu que les influences d'autres images ont été aussi importantes, voire plus décisives, dans la définition de ses formes basiques. Les flèches d'Irving Geis, le motif géométrisant d'une torsade, sans doute le modèle de Liljas et sûrement celui de Kendrew, ont été les références *nécessaires* qui ont permis à Furugren de concevoir et élaborer une composition alternative apte à s'imposer avec force et pertinence⁴⁸¹.

La nécessité de se référer à des précurseurs révèle le phénomène d'interdépendance qui régit tout type d'évolution des modèles et des théories qui y sont attachées. Ce constat trouve confirmation dans les propos de Goodman lorsqu'il souligne que chaque version du monde, à défaut de pouvoir se confronter au monde *en soi*, ne peut que se référer aux versions qui l'ont précédée, même si elle présente des moyens expressifs spécifiques et des apports théoriques originaux⁴⁸².

C'est justement à propos de la manière singulière d'assimiler les traits distinctifs de ses prédécesseurs que nous nous sommes demandé comment un artiste figuratif, tel que Furugren, a pu construire un objet qui ne relève d'aucune forme présente dans la nature ni susceptible

⁴⁷⁹ Voir chapitre 1, paragraphe 1.1.2.

⁴⁸⁰ Voir chapitre 1, paragraphe 1.1.3.

⁴⁸¹ Nous reviendrons sur Suárez à p. 220-221.

⁴⁸² Voir p. 52.

d'être « vue » au microscope, d'autant plus dans les années 70-80. Nous nous sommes plus précisément interrogé sur le rapport entre une pratique artistique qui consiste à mettre en image des objets concrets, que l'on peut facilement identifier et dont les figures sont facilement reconnaissables sur un support papier ou sur une toile, et une composition comme le dessin en ruban qui ne possède pas d'équivalent observable dans le monde naturel. Le concept d'abstraction pourra probablement nous aider à élaborer une réponse.

Chakravartty reprend l'idée de Goodman selon laquelle une représentation, pour exprimer son contenu de vérité, doit être comprise en termes de correspondance entre les théories et les faits. Pour que cette correspondance se réalise, il est indispensable qu'elle soit correctement assimilée aux conventions de la représentation qui, dans le domaine scientifique, se rapportent à l'abstraction et à l'idéalisation⁴⁸³. Pour simplifier à l'extrême l'explication de ces deux concepts, on pourrait dire qu'ils consistent en deux procédés systématiquement employés qui manifestent le décalage qui sépare l'objet réel de l'objet représenté. Ils révèlent ainsi les limites de tout type de représentation et les conditions d'approximation par rapport à son contenu de vérité.

L'abstraction consiste en un procédé qui sélectionne seulement une partie des facteurs potentiellement pertinents pour la compréhension d'un objet ou l'explication de ses propriétés. Il s'agit d'une description considérée généralement comme correcte malgré le fait qu'elle n'apporte pas *toutes* les caractéristiques réelles de l'objet représenté. Lors de l'analyse du dessin d'une plante de Léonard de Vinci⁴⁸⁴, nous avons avancé l'idée que l'abstraction fonctionne comme un *principe régulateur* capable d'ordonner et hiérarchiser les informations essentielles afin de mettre en image et synthétiser les caractères fondamentaux de l'objet. Il en ressort une figure prototypique, une sorte de matrice, capable à la fois de conférer une identité à l'objet, nous permettant ainsi de le reconnaître, et à la fois apte à accueillir diverses variations (comme l'angle de visualisation, les couleurs, les tonalités de lumières, etc.) qui ne changent pas l'essentiel de son contenu.

Les traits distinctifs qui constituent la figure témoignent de l'habileté de l'artiste et nous l'apprécions en fonction de la facilité, voire de la désinvolture, avec laquelle il est en mesure de nous donner proprement et efficacement l'idée qu'il veut nous communiquer. Il peut s'agir d'une plante comme dans le cas de Léonard de Vinci, d'un sujet abstrait contemporain ou d'une molécule, le talent de l'auteur se mesure (aussi) à sa capacité à choisir les *bons ingrédients* aptes à provoquer une réaction de notre intelligence qui saisit immédiatement l'objet, l'explore,

⁴⁸³ Voir paragraphe 2.1.1.

⁴⁸⁴ Voir paragraphe 2.1.2.

le complète et tend à l'appréhender pleinement. L'œuvre d'un artiste convoque ainsi deux aspects strictement liés entre eux : l'un, qui est la faculté de savoir synthétiser les éléments à mettre en image ; l'autre, qui est la capacité à les transmettre produisant un effet convaincant. Un dessinateur capable de faire une synthèse et de ne pas savoir la communiquer resterait incompris, celui qui serait en mesure de faire l'inverse aurait peu de talent.

Furugren est un artiste qui s'est consacré en particulier à l'illustration des animaux. Il a également rédigé un manuel d'apprentissage des dessins de chiens et de chats⁴⁸⁵. Parcourant de la gauche vers la droite la lecture de deux images qui apparaissent dans cet ouvrage (fig. 4.24.a et fig. 4.24.b), nous suivons l'exercice nécessaire à construire la forme du chat en partant du croquis pour arriver à la figure plus achevée de l'animal.



Fig. 4.24.a (à gauche) croquis du chat et fig. 4.24.b (à droite) dessin achevé, par Bo Furugren 2005.

Pour comprendre le processus de construction des dessins en ruban, nous devons faire le parcours inverse : partir de la figure achevée du chat, qui correspond à l'image de la molécule définie par l'ensemble des informations que le scientifique visualise dans son esprit, pour arriver à son croquis, c'est-à-dire à sa forme essentielle dépourvue de tout élément accessoire. Celle-ci (fig. 4.24.a) se compose de lignes simples qui font office d'échafaudages et de motifs élémentaires, comme des ovales ou des courbures, qui deviennent des repères pour fixer la structure. Furugren a probablement opéré le même processus de synthèse que celui que nous voyons dans ses dessins d'animaux, hiérarchisant et ordonnant dans un registre visuel les informations qui deviennent des repères pour une appréhension immédiate. En effet, le croquis semble faire intervenir trois facteurs principaux qui se combinent : la *facilité d'exécution*, à

⁴⁸⁵ FURUGREN, Bo. Teckna hund och katt. Stockholm : Natur och kultur/Fakta, 2005. Les deux images des fig. 4.24.a et 4.24.b sont issues de la p. 36.

savoir la capacité à restituer la figure du chat par quelques traits de crayon avec une adresse naturelle et ne donnant aucune impression d'effort ; la *clarté de lecture*, qui consiste à rendre intelligible et évident l'objet de la représentation ; la *simplification du rendu* qui, comme nous l'avons vu, est gouvernée par le processus d'abstraction apte à sélectionner ce qui est essentiel.

Ces trois caractères reviennent dans les dessins des molécules du chimiste suédois et semblent trouver confirmation sur le choix qui l'a conduit à utiliser le motif en ruban. Aux questions suivantes⁴⁸⁶ : « Pourquoi avez-vous utilisé des motifs en forme de ruban ? De quelle manière ces formes se sont-elles révélées appropriées pour décrire la structure et les fonctions d'une protéine ? » Furugren nous a répondu⁴⁸⁷ :

J'ai utilisé une forme en ruban parce qu'elle rend facile le dessin en trois dimensions [a]. Les plis et les courbes de la chaîne polypeptidique apparaîtront clairement [b]. La structure d'une protéine étant très complexe et contenant un très grand nombre d'atomes, il est nécessaire de la simplifier de manière assez radicale pour certains objectifs [c]. Il est important pour la compréhension de la structure de connaître la conformation de la chaîne polypeptidique. Cette chaîne est l'épine dorsale de la structure [d].

Le point [a] semble bien correspondre à la facilité d'exécution dans la mesure où la forme du ruban rend aisément la structure tridimensionnelle de la figure. Le point [b] relève de la clarté de lecture puisque le même motif conduit à saisir immédiatement la chaîne polypeptidique et à rendre compréhensibles ses mouvements et sa configuration dans l'espace. Le point [c] indique la nécessité d'un processus d'abstraction pour simplifier la grande complexité de la structure protéique, laquelle, réduite à son squelette (point [d]), permet la compréhension des propriétés de la protéine.

L'abstraction nous donne donc une clé de lecture qui nous rend plus accessible le processus conduisant un artiste figuratif comme Furugren à élaborer une composition capable d'accueillir en son sein les informations nécessaires et suffisantes pour « observer » l'intérieur de sa structure.

Ses dessins qui produisent un modèle, révèlent aussi une autre qualité importante : ils permettent d'assimiler *sa vision* de l'objet représenté. Ils nous font accéder en effet à son imaginaire, son monde intelligible devient le nôtre, d'une certaine manière nous regardons à travers ses yeux. L'objet de sa représentation ne se limite pas à laisser une trace de son activité de dessinateur, à mémoriser et à analyser la richesse des aspects du monde microscopique, mais il nous apprend à raisonner par de nouvelles structures qui fonctionnent comme un langage

⁴⁸⁶ Voir annexe 2 Bo Furugren, lignes 122-130. Nous traduisons de l'anglais tous les extraits des échanges avec Furugren paraissant dans l'annexe.

⁴⁸⁷ Nous ajoutons de petites lettres pour rendre plus faciles les références aux déductions qui vont suivre.

visuel apte à s'activer notamment quand on veut traduire en image la forme interne des molécules. Les scientifiques qui ont suivi sa voie et ont assimilé son style, ont appris à *raisonner* et à *voir* comme lui, c'est-à-dire à utiliser un vocabulaire des formes, un ordre de rapport dans l'espace, bref un modèle que l'on peut qualifier de *mental*, qui provient de son imaginaire. En ce sens, les compositions de Furugren et le modèle qui s'en suit, répondent à la même logique qui permet de s'approprier les éléments internes d'une représentation pour construire des liaisons et des correspondances avec le monde externe, comme nous l'avons examiné pour le tableau de Matisse⁴⁸⁸.

Aujourd'hui encore, nous pouvons relever la sélection qui a conduit au processus d'abstraction dans les images provenant du modèle en ruban sur les sites internet qui offrent les services de mise en image des protéines, comme le *Protein Data Bank* (PDB) que nous avons utilisé pour montrer la même molécule que celle que Furugren avait dessinée en 1981⁴⁸⁹. Ces sites permettent aussi de superposer divers types de visualisations de la même protéine, mettant ainsi en relief certains composants ou certaines propriétés, comme les liens hydrogènes que Furugren avait décidé d'omettre dans ses dessins en ruban.

Si l'abstraction réduit les caractéristiques de la représentation par sélection et omission, la seconde convention que Chakravartty prend en considération est l'idéalisation⁴⁹⁰. Elle consiste à appliquer un processus de déformation, de distorsion et de simplification à l'objet de la représentation scientifique tel qu'il serait impossible de le retrouver dans la réalité. Si l'abstraction garde encore un ancrage dans la réalité par le fait de montrer fidèlement certaines de ses caractéristiques, l'idéalisation franchit ce pas pour déduire et établir une liaison avec un monde plus *fictif* mais tout aussi pertinent pour la science. Les dessins en ruban de Furugren, relèvent-ils de cette forme de convention ?

En examinant les motifs qui la composent, on ne pourrait qu'y répondre de manière affirmative. Lors de la synthèse d'une protéine, la chaîne des acides aminés se replie très rapidement sur elle-même pour garder cette configuration dans l'espace et pouvoir exécuter ses fonctions. Les dessins en ruban *re-construisent* leur structure interne en forme dépliée et ce qui apparaît comme leur squelette n'est que le déroulement de la chaîne qui assume par endroits certaines formes traduites en images par les motifs des hélices alpha et feuilletts bêta. Ceux-ci n'assument que conventionnellement la forme de torsades et de flèches pointues dans une direction car, par rapport à la réalité microscopique de la protéine, ces motifs géométriques ne

⁴⁸⁸ Voir paragraphe 2.2.3 et en particulier p. 94.

⁴⁸⁹ Voir paragraphe 4.2.1 et en particulier fig. 4.17, p. 192.

⁴⁹⁰ Voir paragraphe 2.1.1 et 2.2.1

sont que des formes idéalisées. De même le ruban, en tant qu'élément unificateur de la structure, ne repose que sur le choix opéré par Furugren, dans les années 70, de doter la représentation d'un instrument visuel souple et adapté pour contenir toutes les configurations possibles des protéines, et que les études expérimentales ultérieures allaient mettre en lumière.

Par l'idéalisation, nous pouvons ainsi relever comment le côté imaginaire de Furugren d'abord mais aussi de ses précurseurs comme Irving Geis et d'autres, a joué un rôle essentiel dans l'élaboration d'un modèle qui s'est imposé comme une référence dans le monde de la science. De plus, comme Chakravarty l'a mis en évidence, les deux conventions cohabitent généralement dans une même représentation scientifique et on peut en effet le remarquer aussi dans le modèle en ruban, depuis la version de Furugren jusqu'aux exemples plus variés des temps actuels.

En pénétrant un peu plus dans le système de représentation du modèle en ruban, nous remarquons qu'il ne se limite pas à fournir des indications sur la forme de la structure interne de la protéine. Il constitue une construction de l'esprit qui forme un corps unique, cohérent et pourvu d'un ensemble d'éléments et de relations internes qui autorisent des énoncés spécifiques rendant compte des propriétés spécifiques des molécules représentées.

À proprement parler et suivant une approche réaliste de l'image en tant qu'adhésion stricte à l'image perçue, les figures des dessins de Furugren ne montrent pas des protéines. Ces petits objets du monde invisible ne peuvent pas être observés et ne peuvent donc pas instituer une forme de référence *naturelle*. Même si on arrivait à les « voir » par des instruments très sophistiqués, ils se présenteraient comme des corps enroulés sur eux-mêmes donnant difficilement accès à leur structure interne. Pourtant les protéines existent bien et les diverses techniques de détection sont à même de nous apporter des informations détaillées sur elles.

L'opération de mise en image ne reflète pas la forme de la molécule en question, opération qui se révèle impossible à faire, mais elle agit suivant la *représentation-en*⁴⁹¹, c'est-à-dire qu'elle transforme les données instrumentales *en* quelque chose d'autre et, en l'occurrence, en un dessin en forme de ruban. Ainsi, nous suggérerait Hughes⁴⁹², cette nouvelle représentation nous invite à penser la structure des protéines en termes de ruban, qui se fige en une série des motifs en forme de flèches et hélices, pouvant expliquer les propriétés de la molécule.

Ce modèle secondaire, par rapport à sa cible primaire, est pourvu d'une sorte de vie propre qui consiste en une dynamique interne dont les effets peuvent être soumis à examen. Il

⁴⁹¹ Voir paragraphe 3.2, en particulier p. 117.

⁴⁹² *ibid.*

permet de formuler des hypothèses, il peut conduire à des déductions, il autorise des anticipations sur le comportement de la cible (la protéine). De plus, en véhiculant des connaissances selon des critères établis et selon des symboles acquis, il rend efficace le partage de savoir dans la communauté scientifique en stabilisant un objet invisible dans une forme précise et acceptée.

Le modèle inauguré par Furugren semble donc répondre au système DDI (dénotation, démonstration et interprétation) de Hughes. Trois éléments renforcent cette idée :

- 1) le modèle s'applique en tant que sujet secondaire à un objet réel (sujet primaire) qui, bien qu'issu du monde microscopique, existe en tant qu'entité détectable ;
- 2) grâce à sa dynamique interne, il permet de déduire une série d'informations et de prédire des faits sur le sujet primaire qui sont soumis, dans le domaine de la microbiologie, à une vérification expérimentale ;
- 3) il conduit à interpréter ces données dans le cadre d'une théorie plus générale sur le fonctionnement des protéines et sur leur rapport à d'autres molécules pouvant intervenir dans leur comportement.

Le système de Hughes a le mérite de mettre en lumière l'importance du *raisonnement de substitution* auquel un modèle scientifique conduit et qui est assimilé aussi dans la théorie de Suárez. L'auteur espagnol met en avant le rôle de l'agent en tant qu'utilisateur compétent qui peut évaluer la valeur d'une source (le modèle) visant sa cible (l'objet ou le référent extérieur qui doit être représenté). Dans le cas de Furugren, le consensus autour de l'efficacité et la pertinence de ses dessins en ruban s'est formé empruntant un chemin similaire à celui qui, dans le passé, a conduit à maintes reprises une œuvre d'art à s'affirmer dans le panorama culturel. Voyons en quoi consiste ce parallèle.

Le premier agent compétent est l'auteur des dessins lui-même qui possède les connaissances pour établir une liaison stricte et pertinente entre le sujet représenté et son référent extérieur. Son idée est suivie de l'apport d'un cercle des *connaisseurs*, à savoir d'autres agents compétents, qui soutiennent son idée en adoptant sa mise en image. Dans le cas de Furugren, on doit se référer à ses collègues chimistes d'Uppsala, dans le cas d'un peintre on pourrait parler de ses mécènes ou de ses estimateurs. Ensuite, le consensus s'élargit par d'autres publications qui adoptent les dessins de Furugren et d'autres chimistes qui assimilent son style afin de produire un modèle renvoyant systématiquement au même référent extérieur (la structure des protéines). C'est l'affirmation d'un style et d'une conception nouvelle d'un auteur qui, dans le monde artistique, constituerait un modèle de représentation s'imposant auprès d'autres artistes.

Ainsi l'association entre les dessins en ruban et la structure de la protéine s'impose dans le monde scientifique comme une référence, se fixant dans les usages et définissant un standard qui est maintenu et perfectionné dans le temps. Désormais assimilée, la capacité que le modèle possède de conduire un agent compétent à sa cible que Suárez appelle la *force*⁴⁹³, est suivie de la seconde caractéristique irréductible d'une représentation : sa capacité à formuler un raisonnement de substitution. Ce dernier se compose des inférences que des agents informés et compétents sont susceptibles de déduire au sujet de la cible à partir de la source. Nous avons déjà examiné comment le modèle en ruban permet de déduire les propriétés des protéines à partir de leur forme dépliée idéalement dans l'espace tridimensionnel. Le fait qu'il soit encore aujourd'hui une référence dans le monde de la biochimie semble prouver son efficacité. Par conséquent, les deux propriétés qui s'identifient à la *force* et à la *capacité inférentielle* du modèle en ruban sont conformes aux conditions requises de la théorie de la représentation de Suárez.

Nous avons traité le sujet de l'objectivation à l'aide de la lecture que Dondero applique à l'image scientifique⁴⁹⁴. Bien que la chercheuse italienne déduise son système à partir des images du monde astronomique, il relève toujours de la construction d'une image du monde invisible et nous l'avons ainsi comparé à notre cas. En revanche, nous serons sans doute un peu moins affirmatifs dans son application au modèle en ruban, en raison du fait que Furugren en tant qu'artiste chimiste représentait une exception dans la composition d'une équipe de recherche, notamment dans les années 70, ce qui a pu conditionner l'appréciation et l'acceptation de ses dessins.

Dondero définit quatre étapes dans la construction de l'image : la première est celle d'établir un référentiel, c'est-à-dire un système de coordonnées et de repères pour que l'image puisse être lue et comprise correctement par la communauté des scientifiques. Sur ce point Furugren applique seulement des écritures pour indiquer les divers segments de la structure protéique, tels que $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$ etc. pour les hélices alpha et $\beta 1$, $\beta 2$, $\beta 3$, etc. pour les feuilletts bêta. Il ajoute aussi la notation du début de la chaîne des acides aminés (NH_2) et de fin (COOH)⁴⁹⁵. Les indications restantes, comme agrandissement microscopique, font généralement partie du texte dans lequel l'explication de la protéine est détaillée.

La deuxième étape est une recherche d'indices et consiste à mettre en forme des hypothèses. Considérée comme une phase de questionnements elle conduit à la formation d'une

⁴⁹³ Voir paragraphe 3.3, p. 125.

⁴⁹⁴ Paragraphe 3.4.

⁴⁹⁵ Comme nous pouvons le voir dans la figure 4.5.a, p. 165.

série de *traces* d'un phénomène, ou d'un objet, qui seront à développer pour constituer un cas concret et visualisable. La troisième étape s'applique à une stabilisation progressive des formes sur la base des indices précédemment conçus. Sur ces deux points, la démarche de Furugren apparaît moins en adéquation, sauf si l'on estime que « les moments multiples des tests qui visent à négocier et stabiliser des formes visuelles plus ou moins définitives d'un objet scientifique⁴⁹⁶ » correspondent aux divers dessins que le scientifique a produit au cours des années 70 et qui ont finalement abouti à une forme stable du modèle en ruban. En revanche, s'il est question d'élucider la gestation du dessin en ruban, la composition de Furugren ne semble pas se constituer par tentatives ou par des tests successifs qui aboutissent par la suite à une configuration plus stable. Elle ne semble pas non plus le fruit d'une négociation avec d'autres collègues chimistes qui auraient pu discuter et orienter les choix de construction du dessin⁴⁹⁷. Le chimiste suédois nous dit au sujet de son premier dessin :

Quand on m'a confié la tâche de faire un dessin simplifié d'après le modèle de Kendrew, j'ai eu les mains libres. Le chef d'équipe Brändén savait que j'étais un artiste en plus d'être un chimiste, donc nous n'avons pas discuté. Je l'ai tenu informé de l'avancement de mon travail. C'est tout. Lui et le reste du groupe étaient très satisfaits. Ils ont obtenu une image simple et claire⁴⁹⁸.

Par conséquent, ses propos ne semblent pas indiquer une démarche négociée avec d'autres ni un cheminement par phases successives. Il se peut que les toutes premières ébauches qui ont conduit au premier dessin reflètent une série de stades intermédiaires, mais nous n'avons pas d'information à ce sujet.

Enfin, la quatrième étape possède le rôle de la reconnaissance de l'image, visant à constituer son objet en tant que totalité stabilisée susceptible d'être reconnue par la communauté des scientifiques. Ce cheminement trouve confirmation dans les propos cités ci-dessus, mais aussi dans l'acceptation progressive que les dessins du Furugren ont connue paraissant dans les articles de ses collègues et exerçant une influence considérable sur les figures de Richardson en 1981.

Si toutes les étapes dans la formation d'une image scientifique ne sont pas confirmées dans le cas spécifique du modèle en ruban, Dondero voit juste quand elle estime que l'image permet à l'objet (cible) d'être objectivé. Elle affirme notamment que « l'image scientifique est censée manifester ce qu'il est impensable de percevoir dans le monde de la vie quotidienne, ce

⁴⁹⁶ DONDERO, Maria Giulia. *Sémiotique de l'image scientifique*. Signata [en ligne]. Décembre 2010, n° 1, p. 111-175. [Consulté le 18 mars 2020]. DOI 10.4000/signata.291, p.121.

⁴⁹⁷ Sauf peut-être pour la composition de Liljas, mais là encore on ne peut pas parler d'une intervention directe mais d'un dessin qui pourrait l'avoir influencé.

⁴⁹⁸ Voir : Annexe 2 Bo Furugren, lignes 93-98.

qu'on ne connaît pas avant son façonnement en image⁴⁹⁹ », même si dans notre cas il semble moins être le produit d'une négociation que le produit d'une acceptation. En effet, Furugren semble introduire dans le monde de la microbiologie une image qui *fonctionne*, c'est-à-dire qu'elle possède déjà les caractéristiques nécessaires pour pouvoir s'imposer. Son évolution dans le temps n'a pas changé ses caractéristiques essentielles. Celles-ci ont été reprises dans les dessins de Richardson et sont arrivées, sans doute par le biais de ses articles, à la visualisation des programmes d'ordinateur et des sites Internet aujourd'hui disponibles.

Comme nous l'avons vu dans cette deuxième partie du chapitre, qui a retracé les origines, l'idéation et l'évolution du dessin en ruban, ces représentations parviennent à synthétiser et à idéaliser les données instrumentales dans un modèle apte à les accueillir et à les rendre efficacement en image. Nous sommes confrontés à une image scientifique qui n'est pas une micrographie, à savoir une transposition fidèle des données de l'instrument microscopique, telle que nous l'avons examinée en citant Mercier dans le chapitre précédent⁵⁰⁰. Pourtant elle aussi demande des codes pour être lue et interprétée correctement. À la vue d'une telle image, un microbiologiste sait saisir rapidement les caractéristiques de la molécule visualisée. Les codes tendent à faire converger l'*intentio auctoris* et l'*intentio lectoris* conduisant à restreindre au maximum les possibilités de l'*intentio operis*. Le processus d'objectivation trouve sa forme et sa manifestation la plus concrète dans l'établissement et l'assimilation de ces codes. Pourtant, le mérite de Furugren consiste à avoir créé une *rupture*, introduisant dans le panorama scientifique une nouvelle représentation qui s'est nourrie de motifs précédemment conçus. Elle en a toutefois construit de nouveaux par l'introduction du ruban et par son agencement inédit. Cette nouvelle configuration a demandé un temps d'adaptation et de compréhension afin de constituer un nouveau registre de codes, acceptés et répandus dans la communauté scientifique. Il est pertinent de rappeler que cette rupture a été opérée par un chimiste qui est aussi artiste.

L'art peut suggérer en effet la construction de nouveaux codes. L'article de Richardson, qui nous a occupé dans la première partie de ce chapitre⁵⁰¹, nous a conduit à relever que l'utilisation d'images artistiques aide la compréhension des processus que la recherche scientifique s'efforce de mettre en lumière. De plus, le biochimiste a montré comment certains motifs, très similaires à ceux qui sont par la suite devenus des codes dans l'illustration scientifique, avaient été déjà trouvés dans le passé par des artistes, tels que les méandres, la

⁴⁹⁹ DONDERO, *op.cit.*, p.118.

⁵⁰⁰ Paragraphe 3.6 *Les codes*.

⁵⁰¹ Voir paragraphes 4.1.2 - 4.1.5.

forme torsadée d'Escher, plusieurs points de vue à la manière de Picasso et même le mode de repliement de l'origami.

Cette suggestion pourrait conduire à une idée selon laquelle les artistes ont plus que d'autres la capacité d'inventer de nouveaux codes adaptables, ou non, à l'imagerie scientifique. Cette dernière a la propension à limiter à l'essentiel le nombre et le type de codifications utilisées afin de conserver des modes de lecture les plus consolidés et universels possibles. Pourtant nous allons examiner comment le monde artistique a tendance aujourd'hui non seulement à assimiler certains sujets scientifiques, mais aussi à proposer de nouveaux codes, de nouveaux motifs et une nouvelle imagerie visuelle aptes à stimuler sinon à influencer la recherche scientifique.

PARTIE 2 : DE L'ART À LA SCIENCE

Chapitre 5 : L'esthétisation de l'imagerie scientifique

5.1 La vue d'artiste

Aujourd'hui on trouve souvent un type d'illustration facilement reconnaissable à la mention *vue d'artiste* qui peut se situer à la frontière entre image scientifique et artistique. Paraissant dans de nombreuses revues ou sites Internet, notamment de vulgarisation scientifique, son statut se situe dans une dimension ambiguë du fait qu'elle apporte des informations fournies par des scientifiques mais dont la mise en image laisse s'exprimer l'imagination du dessinateur. Cette ambiguïté permet à son auteur – l'illustrateur – d'entrer en contact avec les scientifiques, de recueillir auprès d'eux les renseignements, les hypothèses, même celles qui pourraient davantage appartenir plus à la fiction, ou au désir d'une invention technologique et futuriste, qu'à une véritable recherche scientifique⁵⁰². D'un autre côté, l'imagination de l'illustrateur, suivant à des degrés différents les indications des chercheurs ou des journalistes scientifiques, donne lieu à l'élaboration d'un univers idéalisé mais crédible, là où le regard des instruments de la science ne peut pas accéder ou ne peut apporter une confirmation claire et sans équivoque à l'objet exposé dans l'image.

Cette construction de l'esprit de l'illustrateur scientifique n'adhère donc pas, du moins pas entièrement, à une image documentaire ou technique visant à illustrer avec exactitude un objet, ou à un processus ou une découverte en guise de preuve, selon les critères scientifiques strictement vérifiables. Elle conserve tout de même des caractères formels et d'apparence qui incitent l'observateur à croire que ce qu'il voit pourrait correspondre à une possibilité vraisemblable (fig. 5.1), quelquefois elle le conduit à penser que l'image est issue d'une observation instrumentale (fig. 5.2), d'autres fois elle relève d'une simple spéculation du monde de la science (fig. 5.3)⁵⁰³.

⁵⁰² À titre d'exemple, voir le site Internet de l'illustrateur scientifique Christophe Martin à la section Technologie : <https://www.illustration-scientifique.com/illustrations/technologie/> [consulté le 24 juin 2020].

⁵⁰³ Ces trois illustrations sont reproduites à partir du site de l'illustrateur scientifique Christophe Martin à l'adresse : <https://www.illustration-scientifique.com/illustrations/espace/> [consulté le 24 juin 2020].



Figure 5.1, *Formation de la planète gazeuse Jupiter* par Christophe Martin.



Figure 5.2, *Exoplanète planète noire*, par Christophe Martin.



Figure 5.3, *Super-Terre* par Christophe Martin.

Ces trois figures font bien état d'objets célestes qui ne peuvent pas être observés : en raison de leur état primitif et éloigné dans le temps (Jupiter lors de sa formation dans la fig. 5.1) ; du fait que les détections nous conduisent à penser qu'ils existent mais la distance dans l'espace nous empêche de les regarder directement avec des télescopes (l'exoplanète dans la fig. 5.2) ; ou parce qu'elles appartiennent à une supposition que l'on met librement en image (une super-Terre dans la fig. 5.3).

Ayant généralement pour destination la vulgarisation scientifique, la vue d'artiste se présente sous des formes accessibles et compréhensibles. On pourrait la relier à un genre *figuratif* dans la mesure où les figures et les motifs affichés sont immédiatement reconnaissables et renvoient distinctement à des formes qui sont communément connues. C'est plutôt l'agencement de ces motifs ou la présentation originale de leurs formes qui fournissent la vision de l'objet nouveau que la vue d'artiste est destinée à illustrer.

Elle a l'ambition d'être assimilable à l'illustration scientifique du fait qu'elle s'approprie le contenu, à savoir une déduction, une hypothèse ou des données scientifiques, et la fonction, qui consiste à les rendre accessibles et compréhensibles en les mettant en image ; elle est le produit d'un illustrateur, qui se consacre en priorité aux matières scientifiques, et son travail est souvent fait à la main ou par des outils informatiques qui transfèrent sa capacité à

dessiner en image. Si l'on admet qu'elle puisse être incorporée à l'illustration scientifique par son contenu, par ses moyens d'expression et par sa fonction, elle se retrouve dans divers domaines, tels que la médecine, la botanique, la zoologie, la chimie, la biologie et aussi le secteur technologique. Ce faisant, elle peut perdre sa mention « vue d'artiste » qui d'ailleurs n'apparaît pas régulièrement dans les revues ou les ouvrages consacrés à la science. Elle garde en effet son apport visuel à un texte scientifique, généralement de vulgarisation mais pas toujours, dans une échelle d'intentions plutôt étendue qui se compose de modèles tels que nous les avons vus pour les manuels de médecine⁵⁰⁴ et de microbiologie⁵⁰⁵, ou relevant d'une construction hypothétique (fig. 5.1 et fig. 5.2), ou bien plus conjecturale quand l'artiste illustrateur s'est librement inspiré des images scientifiques (fig. 5.3).

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le réservoir d'images auquel la vue d'artiste se rattache n'est pas étanche et à destination unique. On pourrait en effet se laisser facilement convaincre que ce genre d'illustration n'est destiné qu'à la vulgarisation et par conséquent qu'il ne peut qu'informer et séduire un public hétérogène de non spécialistes. Cependant, si l'on se réfère à notre chapitre précédent et notamment au paragraphe 4.2.2, nous ne pouvons que constater que cette opinion repose sur des bases peu solides. La vue d'artiste n'est pas une *invention* récente, sa mention peut l'être mais pas son genre qui, comme on vient de le décrire, présente un fort apport imaginaire non confirmé par des prises de vues instrumentales directes du même objet (télescopiques ou microscopiques). Les illustrations d'Irving Geis, paraissant dans l'ouvrage de 1969⁵⁰⁶, sont assimilables à la vue d'artiste d'aujourd'hui, car elles présentent les mêmes caractères relevant de l'imaginaire et qui ont la faculté d'évoquer la forme d'objets non détectables de l'infiniment petit. Aux images de cet illustrateur américain non seulement se sont référés des chimistes tels que Furugren et Liljas pour construire un modèle de protéine fiable et scientifiquement recevable, mais ils ont aussi assimilé certains motifs dérivant directement de ses figures pour mettre en image les données que les instruments fournissaient sur la structure de la protéine. Par conséquent, nous pouvons établir que s'il y a eu un précurseur du modèle en ruban fondé par Furugren, il est bien identifiable en la personne de l'illustrateur scientifique Irving Geis. On constate alors comment l'apport de l'imagination concrétisé par les vues d'artistes ou les illustrations scientifiques, qui pourrait être perçu dans le monde de la science comme rêveur ou fantaisiste, recèle au contraire une contribution importante apportée à la mise en image des modèles destinés à la communauté des scientifiques.

⁵⁰⁴ Voir fig. 2C, p. 67, paragraphe 2.1.4.

⁵⁰⁵ Voir fig. 4.18, p.198, d'Irving Geis, mais aussi les figures 4.3.a et 4.3.b, p. 157, du même auteur.

⁵⁰⁶ DICKERSON, Richard Earl et GEIS, Irving. The structure and action of proteins. New York : Harper & Row, 1969.

Le domaine où les vues d'artiste semblent le mieux toucher l'imaginaire collectif et trouver ainsi un large succès artistique demeure celui de l'astronomie. D'un point de vue de la construction formelle, ces images réunissent un ensemble de variantes techniques qui se situent dans un intervalle allant de la composition uniquement par dessin, à la main ou numérique, jusqu'à la frontière de l'image photographique retouchée. Cette dernière perd la mention « vue d'artiste » puisque le rôle de l'imagination joue un rôle mineur par rapport à la construction de l'image par dessin du fait que l'élaboration de l'image se fait normalement par recombinaison de diverses photographies. Ainsi, elle ambitionne de faire partie de la création photographique et ses auteurs se font appeler plus photographes qu'artistes ou illustrateurs⁵⁰⁷.

De l'autre côté de la photographie retouchée, la qualité technique du dessin apparaît quelquefois tellement efficace dans son effet de réalisme que l'observateur a tendance à la considérer comme une photographie provenant d'un instrument scientifique plutôt que de la main d'un dessinateur (voir fig. 5.2). À ce propos, Bernard Darras met en évidence le fait que la mention *vue d'artiste* est apposée par les éditeurs et les scientifiques sur les documents visuels afin de « contrecarrer l'illusion du réel » et pour signaler « que telle image aux apparences photographiques n'a pas été produite par un appareil photographique envoyé dans l'espace mais qu'elle est une vue imaginée et produite sur terre à partir de diverses sources d'information scientifiques et des habiletés illusionnistes du graphiste⁵⁰⁸ ». En ce sens, cette mention acquiert une valeur contractuelle⁵⁰⁹ qui vise à différencier l'effet de réalisme⁵¹⁰ habilement construit par un artiste avec la notion de réalisme couramment admise, à savoir une transposition fidèle et objective des données par le biais d'un instrument scientifique⁵¹¹.

⁵⁰⁷ Benson, à propos des images paraissant dans l'exposition *Otherworlds*, écrit : « Although clearly the result of a sustained scientific-technical effort, Otherworlds positions that legacy as belonging to culture - to the arts and, specifically, to photography. » Nous traduisons : « Bien qu'il soit clairement le résultat d'un effort scientifique et technique soutenu, Otherworlds positionne cet héritage comme appartenant à la culture - aux arts et, plus particulièrement, à la photographie. », BENSON, Michael. *Otherworlds: visions of our solar system*. New York : Abrams, 2017, p. 9. Pour les images de Benson voir *infra*.

⁵⁰⁸ Bernard Darras, « Étude sémiotique de la "vue d'artiste" dans l'illustration scientifique », in BEYAERT-GESLIN, Anne et DONDERO, Maria Giulia (éd.), 2014. *Arts et sciences: Approches sémiotiques et philosophiques des images*. Liège : Presses Universitaires de Liège. Cultures Sensibles, p.38

⁵⁰⁹ Darras précise que : « Ces images partiellement imaginées sont composées de telle sorte qu'elles présentent au lecteur tous les qualia du réalisme photographique, or ce sont précisément ces aspects photo-réalistes qui trompent l'esprit du lecteur qui conduisent les scientifiques et leurs éditeurs à les "dénoncer" en les renvoyant à la sphère artistique, c'est-à-dire au monde des images montées, non indicielles ou faussement indicielles, vraisemblables et belles mais manipulées. » *ibid*.

⁵¹⁰ Le long de notre étude nous avons déjà traité l'effet de réalisme. A cet égard on peut le comparer aux artistes hyperréalistes mentionnés dans le paragraphe 1.2.3, p. 49, et au fait qu'il soit plutôt le produit d'une convention que d'un apport plus précis d'information, voir paragraphe 3.1, en particulier p. 112.

⁵¹¹ Cf. paragraphe 1.1.2.

5.2 L'image photographique astronomique retouchée

Nous avons souligné comment la vue d'artiste peut obtenir des effets similaires à ceux d'une prise photographique, au point de risquer de tromper le lecteur, et fait par conséquent souvent recours à une mention qui met en évidence la liberté créative et d'interprétation personnelle de l'auteur. On peut remarquer que beaucoup d'images, cette fois-ci provenant des photographies prises par des instruments tels que des satellites envoyés dans l'espace ou des télescopes sur Terre, font l'objet eux aussi d'une opération de modification, d'élaboration et changement visuel de l'image.

Maria Giulia Dondero montre qu'une image astronomique acquiert et stabilise son identité par un processus de superposition et d'intégration de diverses détectations qui confluent dans une seule image finale :

Les images en astrophysique visent à sommer, superposer, intégrer — phagocyter presque — les traces, bref à réduire l'hétérogénéité des captations dans une seule image [...] Tout se passe comme si les images partielles visaient à compacter dans l'image finale ce qui dans l'univers est dispersé — puisqu'il s'agit de construire des simulacres de cohésion de ce qui en réalité est diffus dans le temps et dans l'espace. L'image finale est toujours celle qui a assimilé toutes les mesures : c'est dire que le point d'arrivée de l'iconographie astronomique est l'homogénéisation des traces⁵¹².

Dans ce type d'images, on peut voir que l'objet représenté est souvent très coloré, mais ces couleurs ne correspondent pas à celles que l'objet possède selon notre vision, comme si nous pouvions les percevoir en étant idéalement en face de lui et à la bonne distance. Elles correspondent chacune à des détectations dans un intervalle du spectre électromagnétique spécifique (fig. 5.3.H).

⁵¹² Maria Giulia Dondero, « Sémiotique de l'image scientifique », *Signata* [En ligne], 1 | 2010, mis en ligne le 26 avril 2016, consulté le 19 janvier 2019. URL : <http://journals.openedition.org/signata/291> ; DOI : 10.4000/signata.291, p. 124.

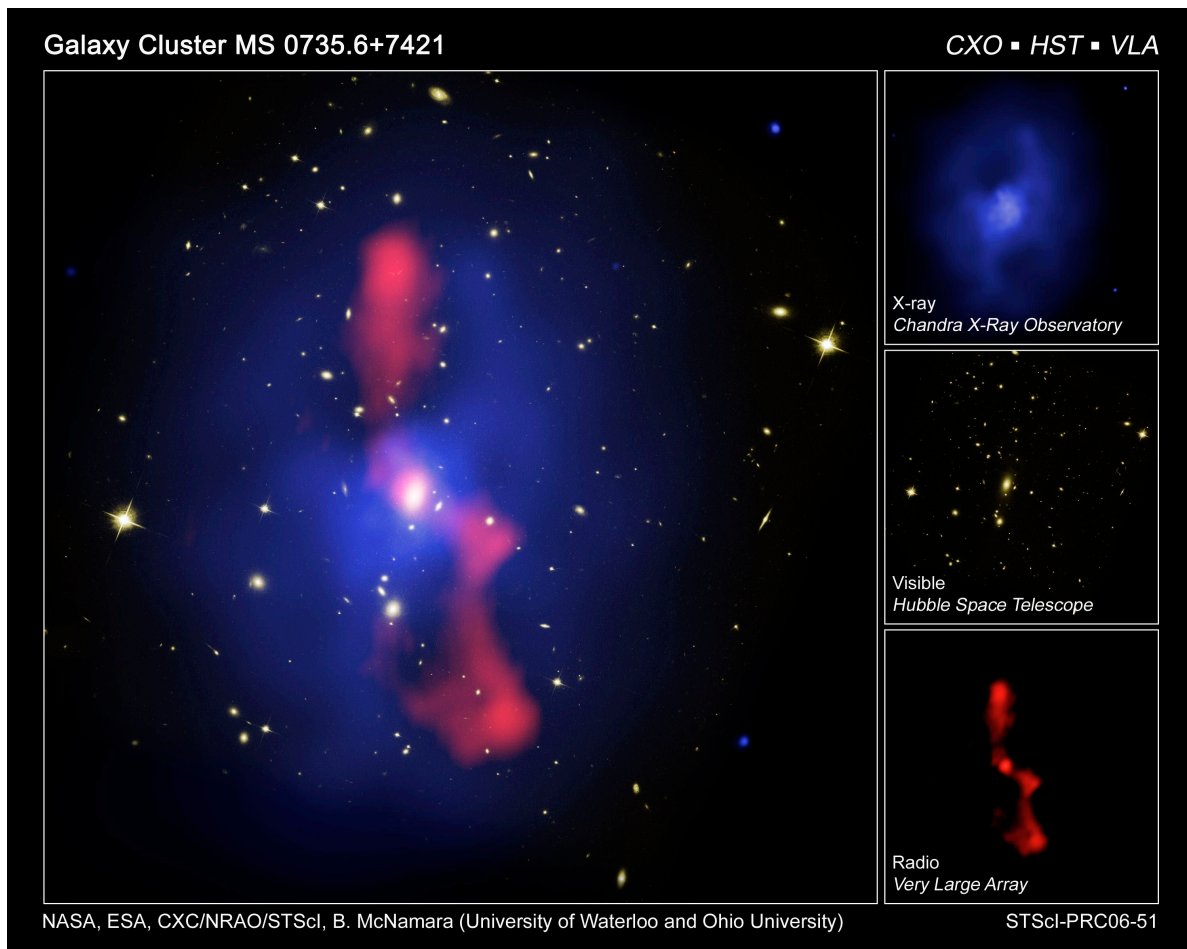


Figure 5.3.H, détection et recombinaison sous de longueurs d'onde différentes de l'amas de galaxies MS0735.6+7421, par l'*Hubble Space Telescope*, par l'observatoire à rayons X *Chandra* et par le radiotélescope *Very Large Array*.

Si l'on considère l'image citée par Dondero⁵¹³ paraissant sur le site du télescope Hubble, le processus de construction de l'objet astronomique est mis en évidence par une méthode qui consiste à superposer les images encadrées sur la droite. Chacune de ces trois images correspond à un type de détection spécifique : la couleur bleue correspond à l'intervalle des rayons X (en haut), la rouge aux ondes radio (en bas) et celle entre le blanc et le jaune à la lumière visible (au centre). Ces couleurs superposées contribuent à définir l'identité de l'objet astronomique. Ce processus est largement employé pour identifier les objets astronomiques tels qu'ils apparaissent dans des sites Internet comme ceux des Agences Spatiales Européenne (ESA) et Américaine (NASA) mais aussi dans des nombreuses revues de vulgarisation.

⁵¹³ Image que l'on peut consulter à l'adresse Internet suivante : <https://www.spacetelescope.org/images/opo0651a/> [consulté le 26 juillet 2020].

Ce n'est pas sans raison que la vue d'artiste et la photographie astronomique apparaissent l'une à côté de l'autre, se confondant presque, dans les pages Web de sites des agences spatiales les plus importantes comme l'ESA⁵¹⁴ et la NASA⁵¹⁵ ou des sites qui dépendent d'elles comme celui du télescope Hubble⁵¹⁶. La disposition des images et leur impact sur l'utilisateur qui s'aventure à visiter ces sites semblent l'emporter sur les détails de chacune qui, d'ailleurs, sont toujours indiqués dans la légende.

De prime abord, l'exactitude et la nécessité de préciser s'il s'agit d'une vraie photographie ou d'un dessin plus au moins arbitraire, passent en second plan devant le vaste répertoire d'images astronomiques exposées dans ces sites. Cette tendance est même soutenue activement par des équipes qui gèrent les sites en question, notamment celui de la NASA, puisqu'un service spécifique est dédié au téléchargement des captations brutes des objets astronomiques afin qu'elles soient retouchées selon le goût ou la sensibilité esthétique de chaque utilisateur. Une fois manipulées et colorisées, elles pourront faire l'objet d'une publication dans le même site pour qu'elles soient présentées et appréciées du public⁵¹⁷.

Cette convergence entre art et science, généralement reléguée à un aspect marginal ou inférieur de la valeur artistique, peut en revanche toucher et atteindre une qualité artistique reconnue par les musées et les institutions. Certaines institutions muséales, notamment anglo-saxonnes, n'hésitent pas à faire appel à des photographes ayant obtenu un certain succès dans les images astronomiques modifiées, et leur dédient des expositions entières ou achètent des œuvres qui relèvent de ce nouveau genre qui se popularise.

Le travail photographique de Michael Benson peut en être l'exemple. Les œuvres de cet américain né en 1962 ont fait partie de deux expositions dans des institutions muséales⁵¹⁸, telles que le Worcester Art Museum aux États-Unis⁵¹⁹ et The Natural History Museum⁵²⁰ à

⁵¹⁴ http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images [consulté le 26 juillet 2020].

⁵¹⁵ <https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/index.html> [consulté le 26 juillet 2020].

⁵¹⁶ Voir le site du télescope spatial Hubble : <https://hubblesite.org/resource-gallery/images>. Consulté le 22 octobre 2019.

⁵¹⁷ Voir à titre d'exemple le site de la NASA à l'adresse suivant : <https://solarsystem.nasa.gov/news/273/where-to-find-mission-raw-images/>, [consulté le 22 Octobre 2019], où on peut lire dans la légende de l'image retouchée paraissant sur la page web : « NASA's Juno spacecraft was a little more than one Earth diameter from Jupiter when it captured this mind-bending, color-enhanced view of the planet's tumultuous atmosphere. Citizen scientists Gerald Eichstädt and Seán Doran processed this image using data from the JunoCam imager. Image credits: Enhanced image by Sean Doran (CC BY-NC-SA) based on images provided courtesy of NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS ».

⁵¹⁸ Pour voir une liste plus complète de ses expositions, se référer au site Internet personnel du photographe à l'adresse : <http://michael-benson.com> [consulté le 22 juin 2020]. Il est intéressant de noter que la Fondazione Cini à Venise, institution qui propose généralement des œuvres d'art contemporain, lui ait consacré aussi une exposition en 2009.

⁵¹⁹ Dont le titre est *Jeppson Idea Lab: Michael Benson*, réalisée du janvier au juin 2014 au Worcester Art Museum dans la ville de Worcester dans l'État de Massachusetts. Des informations sur l'exposition sont disponibles à l'adresse : <https://www.worcesterart.org/exhibitions/jeppson-idealab-michael-benson-carina-nebula/> [consulté le 22 juin 2020].

⁵²⁰ Dont le titre est *The art of Otherworlds* du 22 janvier 2016 au 15 mai 2016. Des informations sont disponibles

Londres. Le thème astronomique est dominant dans la production photographique de Benson dont nous allons examiner un exemple pour introduire la notion esthétique de merveilleux.

La photographie reproduite dans la figure 5.4 offre au spectateur une vue sur un objet céleste qui correspond à la Nébuleuse de la Carène⁵²¹, d'où le nom scientifique *Carina Nebula*⁵²².



Figure 5.4 *Carina Nebula*, image recomposée par Michael Benson, c-print (2008).

Un détail intéressant fourni par le musée nous renseigne sur la méthode d'élaboration aussi bien que sur son origine. L'indication sur la fiche de l'œuvre nous dit en effet que l'auteur est *double* : le photographe Michael Benson et le *Jet Propulsion Laboratory*⁵²³. Ce dernier est un laboratoire dépendant de l'Agence Spatiale Américaine (NASA) hébergeant un site Internet avec un grand nombre des photographies, provenant de détections des télescopes et sondes voyageant dans l'espace. Ces images souvent *brutes* (*raw images* en anglais), c'est-à-dire non

à l'adresse : <https://www.nhm.ac.uk/discover/michael-benson-the-art-of-otherworlds.html> [consulté le 22 juin 2020].

⁵²¹ Appelé aussi Grande nébuleuse de la Carène et classifiée en tant qu'objet astronomique sous le nom NGC 3372. Pour toutes les images photographiques et les micrographies qui vont suivre nous gardons le titre originel, généralement en anglais.

⁵²² Nous reproduisons l'image paraissant sur le site du Worcester Art Museum à l'adresse : <https://www.worcesterart.org/exhibitions/jepson-idealab-michael-benson-carina-nebula/> [consulté le 25 juillet 2020], dont la légende nous renseigne sur l'orient et l'élaboration de la photographie : « Carina Nebula Hubble Space Telescope, March and July 2005, and European Southern Observatory 2.2 meter telescope, La Silla, Chile, 1999, 2000, 2001, 2003. Image created by Michael Benson in 2008 by combining data from the NASA-ESA Hubble Space Telescope and from the European Southern Observatory 2.2 meter telescope, La Silla, Chile. Chromogenic print ». Nous indiquerons c-print pour le processus d'impression chromogénique.

⁵²³ Destiné à construire des robots et de la technologie utilisés pour les missions spatiales, ce laboratoire gère aussi un site internet où des activités de vulgarisation et d'information sont proposées : <https://www.jpl.nasa.gov> [consulté le 8 octobre 2019].

filtrées et relevant de la détection directe de l'instrument astronomique, sont difficilement lisibles pour un non spécialiste.

La technique utilisée par Benson consiste à élaborer ces images brutes, quelquefois composées par des dizaines des clichés qui montrent différentes *prises de vues* du même objet, pour les combiner et les retoucher afin de construire une seule image définitive⁵²⁴. La composition qui en ressort ne perd pas son caractère informatif puisque le sujet renvoie à un objet effectivement présent dans l'espace et dont l'on peut tirer certains renseignements quant à la forme, aux différents composants comme les étoiles ou les masses de gaz, et leur disposition dans l'espace⁵²⁵.

Cependant, l'aspect documentaire de l'objet astronomique cède la place à un effet plus esthétisant : les couleurs vives acquièrent des connotations plus émotives, les contrastes s'intensifient, les formes tendent à s'affranchir de l'objet céleste et à dialoguer entre elles pour évoquer *quelque chose d'autre*⁵²⁶, tel qu'un corps ou des nouvelles figures qui font surface ou la silhouette d'un objet inédit. L'image assume ainsi une connotation plus picturale et moins proche de sa fonction première illustrative. Elle suscite un vif étonnement par un sujet qui devient étrange et extraordinaire, qui provoque une surprise par son caractère énigmatique et qui inspire l'admiration par son aspect prodigieux⁵²⁷. Elle nous projette dans un espace autre, ou dans un monde non hostile qui semble pouvoir s'associer à d'autres formes issues de notre imaginaire. Pourtant cet effet, qui peut s'associer au merveilleux, trouve une plus stricte correspondance avec un autre type de photographie que nous allons examiner : la micrographie.

5.3 De l'image astronomique à la micrographie : le merveilleux

La tendance à construire des effets de contraste dus à des teintes accentuées, presque brillantes, et aux formes qui semblent réclamer une autonomie et vouloir se délivrer de l'aspect documentaire premier de l'image, se manifeste aussi dans le monde de l'infiniment petit : la micrographie. La photographie scientifique, qui met en scène les corps de petites créatures biologiques comme des animaux marins ou terrestres, des végétaux, ou plus généralement des micro-organismes, semble pouvoir revêtir elle aussi la dimension du merveilleux. Elle se précise dans des figures qui présentent des silhouettes plus gracieuses ou plaisantes à la vue et

⁵²⁴ Pour une description plus détaillée de la technique de Benson, voir : BENSON, Michael. *Otherworlds: visions of our solar system*. New York : Abrams, 2017, p. 156-157.

⁵²⁵ Dondero fait remarquer qu'une image fruit d'un processus de ce type et destinée à la vulgarisation n'a plus d'utilité pour l'élaboration d'autres recherches scientifiques. Voir Dondero *op.cit.* p.122-123 et paragraphe 3.4.

⁵²⁶ Voir *infra* paragraphe 5.7.

⁵²⁷ Nous examinerons plus en détail les photographies de Benson dans les paragraphes 5.6 et 5.7.

dont l'aspect étonnant et la combinaison des couleurs provoquent un effet de surprise (voir fig. 5.5.a) ou de placide harmonie (voir fig. 5.5.b).

Ces traits caractérisent une esthétique relevant d'une beauté facilement accessible, largement admise et compréhensible tant dans la découverte des formes nouvelles que dans l'originalité du sujet qui les caractérise. Dans ces micrographies, il n'y a pas de véritable et profonde remise en discussion des codes et des habitudes visuels qui composent notre perception du monde. Il n'y a pas non plus de *chocs émotifs* susceptibles de bouleverser nos convictions enracinées, nos conceptions ou nos valeurs socialement reconnues, comme ce serait le cas pour des photographies de Robert Mapplethorpe ou de Diane Arbus. Naturellement, le genre de photographie issu d'observations microscopiques, n'a pas pour but de bouleverser nos attentes ou les bases de nos jugements personnels.

Elles sont pourtant susceptibles de provoquer un effet singulier : à l'exploration de l'univers microscopique, elles associent un sens du merveilleux qui, à la différence de l'œuvre de Benson, se manifeste aussi par l'évocation d'une dimension féerique qui semble pouvoir surgir des régions cachées du monde invisible. Insolites, excentriques, voire bizarres ou drôles, les formes qui habitent le microcosme sont en effet plus étranges les unes que les autres : à partir des formes aux allures de têtes qui tournent l'une à côté de l'autre, habillées de carapaces pointues pour figurer des spécimens de pollen⁵²⁸ (fig. 5.5.a) ; en passant par les sinueuses et délicates formes de l'hydre⁵²⁹ (fig. 5.5.b), un petit animal marin, qui semble faire onduler ses tentacules dans le vide ; pour arriver à un ver parasite⁵³⁰ (fig. 5.6.a) qui, dans le milieu d'où il surgit, s'apparente plus à une émoticône représentant un smiley qu'à une bestiole menaçante, suscitant ainsi un sens d'amusement, presque parodique.

⁵²⁸ Les images que nous présentons proviennent toutes d'un des concours de micrographie le plus célèbre dans le secteur : The Nikon Small World Competition. Celle-ci en particulier, que nous reproduisons, se trouve à l'adresse : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2018-photomicrography-competition/dandelion-pollen> [consulté le 23 juin 2020].

⁵²⁹ Voir : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2019-photomicrography-competition/hydra> [consulté le 23 juin 2020].

⁵³⁰ Voir : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2018-photomicrography-competition/ascaris-lumbricoides-parasitic-roundworm> [consulté le 23 juin 2020].

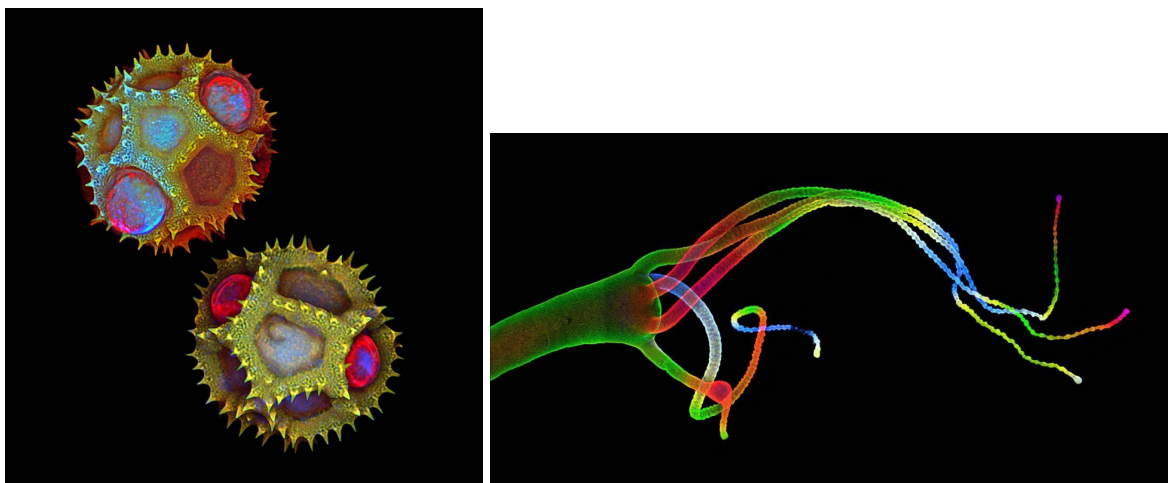


Figure 5.5.a (à gauche), *Dandelion pollen* micrographie par Dr. Tagide de Carvalho (2018).
Figure 5.5.b (à droite), *Hydra* micrographie par Dr. Tong Zhang et Dr. Uri Manor (2019).

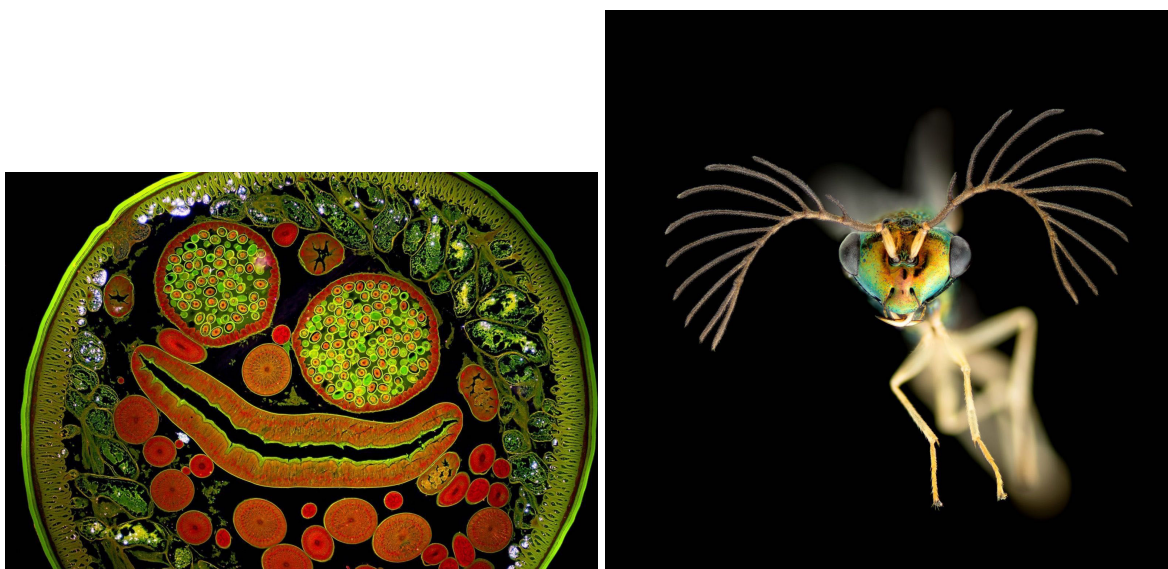


Figure 5.6.a (à gauche), *Ascaris lumbricoides* micrographie par Massimo Brizzi (2018). Figure 5.6.b (à droite), *Male wasp from Fiji* micrographie par James Dorey (2018).

Grâce à leur forme insolite et surprenante, les entités qui peuplent le microcosme s'apparentent à des créatures surnaturelles plongées dans une nuit profonde, suggérée par le fond noir de la photographie, et dans une atmosphère ouatée, constituant ainsi un univers qui semble posséder ses propres lois et vivre dans une dimension autre, bien éloignée de la nôtre. Si aux impressions d'étonnement et de dépaysement, nous admettons la fracture, bien qu'apparente, entre notre monde et le microcosme, en raison de l'étrangeté presque irréelle qui s'impose par ces organismes et leurs formes, nous pouvons donc associer à ce genre de photographie (micrographie) la notion de merveilleux⁵³¹. Elle se construit sur un effet que l'image produit

⁵³¹ Bien que traditionnellement ancrée dans le domaine littéraire, nous interprétons la notion de merveilleux

sur l'observateur et s'inscrit dans la dimension de l'expérience esthétique. Ses limites peuvent se situer à la frontière d'une autre notion basée sur l'effet esthétique : celle du fantastique. Celle-ci partage avec la première la surprise mais, comme le dit Jacques Goimard, quand « l'étonnement devient rupture et débouche sur le non-sens, l'horreur de l'inauthentique et le vertige de l'étrangeté ; la merveille n'est plus tentante mais choquante, et l'on aboutit au fantastique⁵³² ». Il est probable que la plupart des micrographies élaborées par des scientifiques à des fins esthétiques, ne dépassent pas la frontière du merveilleux pour accéder au fantastique⁵³³. Même si quelquefois des micrographies, comme celle de la figure 5.6.b⁵³⁴, peuvent se situer à la limite entre les deux registres, l'impression de curiosité et de sympathie à l'égard de sa forme singulière la rattrape pour la reconduire dans le royaume plus rassurant et accessible du merveilleux.

La plupart des photographies du microcosme que l'on rencontre dans des revues de vulgarisation scientifique et dans des concours de micrographies sont généralement l'œuvre de scientifiques. Il s'agit dans la plupart des cas de biochimistes et chimistes, qui opèrent dans les laboratoires en utilisant le matériel technique mis à leur disposition pour mener des recherches sur des sujets spécifiques. Si l'on suit le témoignage que le biochimiste Bonazzi nous a livré, deux tendances semblent se profiler lors de la construction de ces images : l'une est le fruit d'une rencontre hasardeuse et l'autre est produit d'une visée strictement esthétique⁵³⁵.

Le premier cas se déroule lors d'une opération de recherche ordinaire qui requiert beaucoup d'images prises par microscope afin d'examiner et d'illustrer, éventuellement pour un article scientifique, l'objet d'étude considéré. Le but premier dans ce genre d'opération n'est pas esthétique mais sert à fournir une base d'appui à la visualisation d'un phénomène que le biochimiste veut illustrer. Lors de cette investigation, l'utilisation des réactifs de coloration est souvent nécessaire afin d'identifier et mieux observer les processus ou l'état particulier du spécimen que l'on veut mettre en évidence. Parmi les nombreuses photographies de cet objet

comme un effet qui relève de l'expérience esthétique et qui peut donc être associé à la réception d'une œuvre photographique. Pour une définition plus précise de merveilleux voir : Jacques GOIMARD, « MERVEILLEUX », Encyclopædia Universalis [en ligne]. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/merveilleux/> [consulté le 26 octobre 2019].

⁵³² *Ibid.* Nous reviendrons sur le fantastique en traitant l'œuvre de Corbasson, p. 275, chapitre 6, paragraphe 6.2.

⁵³³ Nous avons examiné toutes les images paraissant sur le site Internet du concours Nikon de 1975 à 2019 : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/photomicrography-competition> ; les images du concours biennal The Royal Microscopical Society d'Oxford en Angleterre depuis 2008 jusqu'au 2019 : <https://www.rms.org.uk/discover-engage/competitions-awards/rms-scientific-imaging-competition.html> ; et le 2019 Microscopy Today Micrograph Awards in : Microscopy Today [en ligne]. Septembre 2019, Vol. 27, n° 05, p. 12-15. [Consulté le 26 juillet 2020]. DOI 10.1017/S1551929519000853 consultable à l'adresse : <https://www.cambridge.org/core/journals/microscopy-today/article/2019-microscopy-today-micrograph-awards/40086BCEA16D48E6F60997B6E278979A/core-reader#>.

⁵³⁴ Il s'agit d'une guêpe mâle de Fidji. Voir : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2018-photomicrography-competition/male-wasp-from-fiji> [consulté le 23 juin 2020].

⁵³⁵ Voir Annexe I Matteo Bonazzi, en particulier lignes 86-135.

modifié et colorié, quelques-unes sont susceptibles d'être captées par une *attention esthétique* du chercheur. Il peut y repérer en effet ce qui le conduit à rapprocher l'objet de la micrographie d'un sujet dont émane une forme de beauté. Bonazzi nous décrit cette expérience en ces termes :

En prenant beaucoup de photos, c'est clair qu'on peut arriver par hasard sur celle-ci, comme cela m'est arrivé sur cette fameuse photo que tu as vue⁵³⁶. Je ne l'ai pas fait exprès mais à force de prendre des photos un jour sous un microscope, je suis tombé sur cette cellule et j'ai dit : oh mon Dieu comme c'est beau ! Et donc on prend la photo, en sachant qu'on la garde de côté, et on se dit qu'en plus de faire partie d'un article scientifique, on peut aussi l'utiliser pour des concours [de photographie]⁵³⁷.

Dans le milieu de l'édition scientifique, notamment en microbiologie, il n'est pas rare qu'une revue demande au chercheur si, au-delà des micrographies servant à illustrer son propos dans le contenu de l'article qui y paraîtra, il ne possède pas une photo qui lui semble *belle* pour être en couverture du même numéro⁵³⁸. Dans ce cas, le but est plus esthétique que scientifique et s'approche davantage d'une intention qui attire le regard et capte l'attention du lecteur.

Dans le but de participer à un concours de photographie, ou pour paraître sur la couverture d'une revue, ou encore pour le simple plaisir, une seconde tendance se dessine dans le milieu de la micrographie : celle qui recherche volontairement un effet esthétique. Le procédé ne naît plus d'un hasard auquel l'œil attentif du microbiologiste prête attention. Il se concrétise par la mise en œuvre des instruments et des solutions techniques détournés de leur but scientifique. Il sert donc d'outil pour réaliser une *intention* artistique qui demeure reliée à l'effet esthétique qu'elle veut produire.

À quel genre de beauté ces scientifiques, biologistes et chimistes, font-ils référence ? D'après Bonazzi ce qui conduit à un idéal de beauté dans la microscopie semble se définir par la symétrie et par la géométrie qui peuvent émerger des nanostructures mises en évidence par les microscopes électroniques ou de la composition de certains organes biologiques comme l'œil d'une mouche agrandie⁵³⁹, ou comme dans l'organisation interne d'un coquillage tel un

⁵³⁶ Il s'agit d'une micrographie qui a été primée dans le concours The Nikon Small World Competition et que l'on peut trouver à l'adresse : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2008-photomicrography-competition/listeria-monocytogenes-polymerizing-host-cell-actin-into-comet-tails> [consulté le 25 juin 2020]. Nous la reproduisons à la fin de l'annexe 1 Matteo Bonazzi.

⁵³⁷ Nous traduisons de l'italien : « prendendo tante fotografie è chiaro che puoi capitare per caso su quella, come è successo a me su quella famosa fotografia che hai visto tu , non l'ho fatta io apposta ma a forza di prendere fotografie un giorno al microscopio sono cascato su questa cellula e ho detto : madonna ma questa è bellissima ! e quindi prendi la foto sapendo che quella la tieni da parte e dici che oltre a fare parte di un articolo scientifico può anche essere usata per concorsi » *id.*, lignes 99-104.

⁵³⁸ Bonazzi nous dit : « Ce que font beaucoup de journaux, tous les journaux scientifiques quand on publie un article, ils nous demandent toujours si on a une photo particulière que l'on veut soumettre au journal pour faire la couverture de ce numéro de la revue par exemple, donc je pense que tous ceux qui ont notre travail ont toujours un œil là-dessus. » Nous traduisons de l'italien les lignes 104-104, Annexe 1 Matteo Bonazzi.

⁵³⁹ Lignes 71-84 et 222-251.

nautile. Cependant, à côté de ces motifs, la surprise et la stupéfaction affleurent devant l'étrangeté et parfois la perfection que les formes de la nature à une échelle microscopique ont le pouvoir de manifester. Bonazzi nous dit :

Je pense à la beauté, dans le sens où elle montre combien la nature peut, malgré tout, faire des choses incroyables. Si on pense aux flocons de neige, aux choses qu'on ne voit pas, à la symétrie des coquilles de nautile, quand on les coupe en deux, c'est-à-dire que toute la géométrie est là. Dans le cas de cette photo⁵⁴⁰, il n'y a pas de géométrie, mais il y a un sens esthétique de la beauté de ces choses, même si nous ne les voyons pas, même si quelqu'un dit peut-être qu'une cellule est laide. Mais quand on les regarde comme ça, elles peuvent être belles. Oui, dans mon cas quand je vois ces photos qui me frappent, etc. [Je dis] regardez la nature comment elle arrive à faire des choses qui sont spectaculaires à voir⁵⁴¹.

Cette stupéfaction, cet état de fort étonnement et de surprise, nous l'avons associé au merveilleux par la nature étrange et non terrifiante des formes que les micrographies à des fins esthétiques parviennent à montrer. Mais la beauté dont Bonazzi parle peut être rattachée à la réflexion d'Emmanuel Kant sur la beauté de la nature. Dans le paragraphe 16 de sa *Critique de la faculté de juger*⁵⁴², le philosophe allemand se penche sur la différence entre beauté libre (*pulchritudo vaga*) et beauté adhérente (*pulchritudo adhaerens*). La première, privée d'un concept précis auquel se référer, se suffit en soi et quand elle s'applique à un objet naturel, telle qu'une fleur par exemple, ne tient pas compte de sa destination pour un jugement esthétique, comme ce serait le cas si l'on pensait que la fleur est un organe de fécondation de la plante⁵⁴³. De la même manière, nous pouvons appliquer cette beauté libre aux créatures que les micrographies nous permettent de découvrir, à leurs formes et à leurs couleurs dans leur aspect d'ensemble, ce qui nous éloigne de leur fonction naturelle première. Ces petits animaux et végétaux sont bien présents dans la nature et les instruments scientifiques que la technologie nous met à disposition nous permettent de les observer et les découvrir.

Par contre, la beauté adhérente ne se réfère plus à la seule forme qui peut susciter un jugement esthétique, elle se compare plutôt à un idéal de perfection que l'objet vise. Ainsi,

⁵⁴⁰ Il s'agit de la même micrographie que l'on peut observer à la fin de l'annexe 1 Matteo Bonazzi.

⁵⁴¹ Nous traduisons : « penso bellezza, nel senso dimostri quanto la natura possa comunque fare delle cose che sono incredibili. Se pensi ai fiocchi di neve, le cose che tu non vedi, la simmetria delle conchiglie nautilo, quando le tagli in due, cioè tutta la geometria è la. Nel caso di quella foto lì [...] non c'è geometria ma c'è un senso estetico di come possano essere belle anche queste cose anche se non le vediamo, anche se qualcuno magari dice una cellula che schifo ! poi invece, viste così, possono essere belle. Sì, nel mio caso quando vedo queste foto che mi colpiscono ecc. [dico] guarda la natura come cavolo riesce comunque a fare delle cose che sono spettacolari da vedere. » *Id.*, lignes 227-236.

⁵⁴² KANT, Emmanuel, *Critique de la faculté de juger*. [1790], ed. consultée par RENAUT, Alain Paris : Flammarion, 2015 [1995], p. 208-211.

⁵⁴³ Dans cette forme de beauté Kant inclut aussi des dessins, des encadrements ou des motifs qui ne renvoient pas à des objets reconnaissables tels que les dessins à la grecque ou les rinceaux.

nous explique Kant, une figure humaine, un visage ou un monument « supposent un concept de la fin qui détermine ce que la chose doit être⁵⁴⁴ ». À la satisfaction esthétique qui concerne la forme s'ajoute la satisfaction intellectuelle qui se fixe sur des règles dont l'adhésion plus ou moins stricte influence l'appréciation. Ainsi, on serait prêt à établir qu'une église est belle si elle adhère à des critères (règles) qui sont considérés comme beaux, et ces mêmes critères ne seraient pas adéquats à d'autres types d'édifices pour les rendre plaisants. Dans l'analyse des micrographies, nous ne pouvons pas parler de *règles* précises pouvant conduire à un jugement esthétique appréciable selon une beauté adhérente, mais nous avons identifié des régularités qui semblent revenir constamment dans ce genre d'images comme l'utilisation des couleurs vives et brillantes, des contrastes de tons prononcés et des formes remarquables par leur étrangeté et leur excentricité. De plus, nous avons associé à ces caractères l'effet du merveilleux que les micrographies examinées semblent pouvoir suggérer. Répondant à ces propriétés, les images scientifiques du monde microscopique ont trouvé une voie, et sans doute un *genre*, pour pouvoir susciter l'appréciation esthétique.

Dans la micrographie à des fins esthétiques, au lieu de s'opposer, les deux types de beauté énoncés par Kant semblent pouvoir converger dans un seul jugement qui assimile l'appréciation de la beauté naturelle à l'appréciation par des propriétés qui, bien qu'elles ne tendent pas à pas un idéal de perfection établi, constituent une forme de beauté aujourd'hui reconnaissable et déterminée.

5.4 Emprunts dans la micrographie

Les micrographies à des fins esthétiques, semblent faire prévaloir les sujets qui évoquent la vie du microcosme biologique, comme les petites créatures qui peuplent notre corps (bactéries, champignons et virus) ou le monde marin et terrestre. Cependant une autre source alimente d'autres compositions où les formes de la vie biologique se font moins manifestes : il s'agit de pousser l'exploration à l'intérieur du monde des matériaux et des substances biologiques, de pénétrer au cœur même de la matière et dans les composants qui constituent les tissus biologiques ou bien les minéraux, à des échelles microscopiques quelquefois plus profondes et complexes.

⁵⁴⁴ Kant *op. cit.*, p. 209.

Ces nouvelles images peuvent partager le sens du merveilleux par l'évocation d'atmosphères féeriques (fig. 5.7)⁵⁴⁵ et par la présence de petites créatures imaginaires qui semblent provenir d'un autre monde (fig. 5.8)⁵⁴⁶.



Figure 5.7, *Pyromorphite (mineral)* micrographie par Dr. Emilio Carabjal Márquez (2017).



Figure 5.8, *Nsutite and Cacoxenite (minerals)* micrographie par Dr. Emilio Carabjal Márquez (2017).

⁵⁴⁵ Nous reproduisons l'image paraissant sur le site de *The Nikon Small World Competition* à l'adresse : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2017-photomicrography-competition/pyromorphite-mineral> [consulté le 26 juin 2020].

⁵⁴⁶ Nous reproduisons l'image paraissant sur le site de *The Nikon Small World Competition* à l'adresse : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2017-photomicrography-competition/nsutite-and-cacoxenite-minerals> [consulté le 26 juin 2020].

L'habileté de l'auteur de ces deux micrographies consiste à rendre avec une authenticité et une force de conviction remarquable des objets qui semblent irréels ou du moins sortis d'un univers qui n'est pas le nôtre. Cette *distance* entre le monde représenté et l'idée du monde réel que nous possédons, ce *renvoi* à des entités fabuleuses, imaginaires, illusives ou étranges, cet effet d'étonnement voire d'admiration vis-à-vis de l'extraordinaire, se retrouve dans des mouvements artistiques notamment à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle. Dans le domaine de la peinture, le merveilleux peut se superposer au mystérieux, à l'onirique, à l'occulte, au mystique, au fantastique comme nous pouvons le remarquer dans l'œuvre de divers peintres notamment à partir du symbolisme.

C'est sans doute le cas de František Kupka avant qu'il devienne non figuratif et lorsqu'il suit encore le mouvement symboliste dans son œuvre : *Les nénuphars*⁵⁴⁷ (1900), où apparaît un côté magique, révélateur du mystère de la vie et à la fois évocateur d'une atmosphère onirique. Dans une position similaire, avant qu'il passe à la non-figuration, se trouve aussi Vassily Kandinsky avec sa gravure *Nuit de Lune*⁵⁴⁸ (1907), où il met en scène une figure qui prend la forme d'un monstre marin sur un lac jaunâtre irradié par la couleur de la lune, au pied d'un rocher surmonté par un village. Dans cette composition, la dimension féerique est bien manifeste et elle s'allie à la figure du monstre à la forme d'un dragon mais qui n'inspire pas un sentiment de terreur et de choc, ou une remise en doute de la réalité, comme le fantastique induirait à penser et à ressentir, et qui serait plutôt mis en image par un tableau comme *Le Cauchemar* de Johann Heinrich Füssli (1781)⁵⁴⁹ ou la *Grande forêt*⁵⁵⁰ (1864) d'Arthur Grottger.

Sur le plan des éléments susceptibles de rappeler les formes des micrographies citées, il serait plus pertinent de se diriger vers des peintres tels que Gustave Moreau et Odilon Redon. Dans les œuvres de deux peintres se manifeste l'idée d'investir les nombreux objets présents dans leurs compositions d'un sens caché, mystérieux et occulte, quelquefois surnaturel. Les figures telles que les fleurs, des corps, des visages ou des créatures variées ne semblent pas en mesure d'épuiser la signification que le thème traité dans le tableau semble suggérer. Elles se prêtent en revanche à une recherche constante d'un sens autre, qui transcende la matière et le

⁵⁴⁷ Estampe conservée au Centre Pompidou, l'ancien titre est *Commencement de la vie* et on peut la consulter dans le site du musée à l'adresse : <https://www.centrepompidou.fr/cpv/resource/cX4MXRM/rEEj4n> [consulté le 26 juillet 2020].

⁵⁴⁸ Conservé à La galerie d'État Tretyakov, à Moscou. On peut consulter l'œuvre à l'adresse : <https://artchive.ru/fr/wassilykandinsky/works/212403~Moonlight> [consulté le 28 juin 2020].

⁵⁴⁹ Conservé au Detroit Institute of Arts. Le tableau est reproduit à l'adresse : <https://www.dia.org/art/collection/object/nightmare-45573> [consulté le 28 juin 2020].

⁵⁵⁰ Ce dessin de l'artiste polonais Arthur Grottger (1837-1867) et faisant partie du cycle *Lituanie* est conservé au musée Narodowe à Cracovie en Pologne. On peut voir l'image sur le site Internet : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Lit1_Puszcza.jpg [consulté le 26 juillet 2020].

réel pour aller vers une autre dimension. C'est le cas en particulier dans l'œuvre de Redon où la grande variété des figures que sa production picturale et graphique met en lumière se situe dans la construction de motifs et de créatures proches de celles que les micrographies montrent. Par exemple on pourrait citer la figure paraissant dans *Le Cyclope* (1914)⁵⁵¹, où la tête du monstre qui surgit de derrière les reliefs rappelle les formes des petites créatures, peut-être végétales, qui semblent nous scruter dans la figure 5.8. Mais les figures du peintre français sont toujours à la frontière du merveilleux, le dépassant souvent, pour entrer dans le fantastique, au point de faire dire à Mallarmé à propos de la figure de *Têtard* (1883)⁵⁵² : « Je ne connais pas un dessin qui communique tant de peur intellectuelle et de sympathie affreuse⁵⁵³. »

Les créatures qui peuplent l'imaginaire, les légendes et les croyances des artistes sont très anciennes car on peut les trouver déjà dans les peintures médiévales et dans les enluminures des manuscrits tels que le *Bestiaire d'Amour*⁵⁵⁴ (1330-1350) de Richard de Fournival ou l'*Apocalypsis cum figuris*⁵⁵⁵ (1275-1300) d'un auteur inconnu. Elles ont servi à constituer un univers fabuleux et à le transmettre par leurs figures étranges, par leurs mondes merveilleux ou menaçants, par les histoires énigmatiques, comme on peut les retrouver encore dans les tableaux de Jérôme Bosch. Bien que l'univers médiéval conserve une fascination encore vive, que l'on redécouvre dans des éditions récentes en fac-similé des manuscrits médiévaux et dans des recueils de leurs enluminures, une récupération de l'imaginaire ancien se réalise de manière encore plus poussée dans les films, les bandes dessinées et les dessins animés.

Parmi ces trois genres, un exemple semble mieux correspondre aux micrographies jusqu'ici considérées : il s'agit de l'univers construit par le Studio Ghibli et surtout par l'un de ses principaux collaborateurs : Hayao Miyazaki. Avec cet auteur, nous sommes d'emblée face à une tradition japonaise, avec ses mythes et ses légendes, avec ses figures étranges et fabuleuses. Les atmosphères présentes dans ses œuvres semblent bien reconstruire les mondes merveilleux que nous retrouvons dans les micrographies. Tel est le cas de ses films

⁵⁵¹ Conservé à The Kröller-Müller Museum, à Otterlo, Pays-Bas. Voir la reproduction sur le site du musée à l'adresse : <https://krollermuller.nl/en/odilon-redon-the-cyclops-1> [consulté le 29 juin 2020].

⁵⁵² Qui devrait correspondre à la *Chimère (Monstre fantastique)*, voir l'image dans le site du The Kröller-Müller Museum à l'adresse : <https://krollermuller.nl/en/odilon-redon-chimera-fantastic-monster> [consulté le 29 juin 2020].

⁵⁵³ BOUISSET, Maïten, « ODILON REDON. PRINCE DU RÊVE (exposition) », Encyclopædia Universalis [en ligne] : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/odilon-redon-prince-du-reve-exposition/> [consulté le 28 juin 2020].

⁵⁵⁴ Plusieurs enlumineurs ont pris part à la décoration de ce manuscrit. Pour une notice détaillée voir le département d'Archives et Manuscrit de la Bibliothèque Nationale de France à adresse Internet : <https://archivesetmanuscrits.bnf.fr/ark:/12148/cc784976> [consulté le 29 juin 2020].

⁵⁵⁵ *Id.*, à l'adresse Internet : <https://archivesetmanuscrits.bnf.fr/ark:/12148/cc75164x> [consulté le 29 juin 2020].

d'animations *Nausicaä de la Vallée du vent* (1984), dont nous montrons deux photogrammes (fig. 5.9.F et fig. 5.10.F)⁵⁵⁶, et *Le Voyage de Chihiro* (2001).



Fig. 5.9, film d'animation *Nausicaä de la Vallée du vent* par Miyazaki, 4 min. 33 sec.



Fig. 5.10, film d'animation *Nausicaä de la Vallée du vent* par Miyazaki, 50 min. 23 sec.

⁵⁵⁶ Extraites du film : MIYAZAKI, Hayao, *Nausicaä de la Vallée du vent*. [DVD]. Japon : Buena Vista International (France), 1984. 1h51 min.

La convergence entre les productions de l'auteur japonais et les micrographies que nous avons exposées ne doit pas être saisie dans les histoires que ses films ont vocation à raconter, tels que les désastres écologiques, les mondes post-apocalyptiques ou dystopiques. Il est plutôt question de trouver une similarité sur le plan visuel dans la dimension suspendue et magique qui émerge de certaines scènes ou dans la reconstitution d'un milieu sauvage envoûtant et enchanteur. Les animaux extravagants, les minéraux qui acquièrent un aspect presque surnaturel, la faune et la flore dans leurs formes surprenantes et insolites qui possèdent des pouvoirs magiques, suggèrent l'existence d'un monde caché et extraordinaire.

Compte tenu de la précision de certains détails que présentent les créatures de ses films, il n'est pas à exclure que le réalisateur japonais ait étudié la conformation des organismes à l'échelle visible et microscopique faisant aussi référence aux connaissances scientifiques provenant des études biologiques. À l'inverse, compte tenu de la notoriété de ses films et de l'efficacité de ses solutions plastiques, il ne serait pas invraisemblable de considérer que les inventions du réalisateur japonais ont pu fournir une référence aux microscopistes dans l'élaboration des atmosphères ou dans la sélection des créatures et des objets de leurs images à des fins esthétiques.

Dans un deuxième cas de figure que nous allons aborder, nous examinons comment les sujets des micrographies semblent redevables à certains thèmes qu'ils sont en mesure d'évoquer. Dans ce cas, la visée de l'image n'est plus d'exhiber les créatures du monde microscopique, leur étrangeté ou leur nature presque invraisemblable, mais elle consiste à étonner l'observateur par le motif qui semblerait issu d'une œuvre picturale. La qualité esthétique de l'image se mesure ainsi sur la correspondance plus ou moins claire entre les figures qu'elle exhibe et l'idée que nous possédons du contenu auquel elles voudraient renvoyer. Devant ce genre d'images, en effet, nous sommes conduits à associer immédiatement l'idée d'un paysage connu, d'un sujet notoire ou d'une référence artistique célèbre. La volonté des microscopistes paraît dans ce cas faire appel avec plus ou moins de maîtrise à des thèmes qui présupposent une connaissance diffuse et établie.

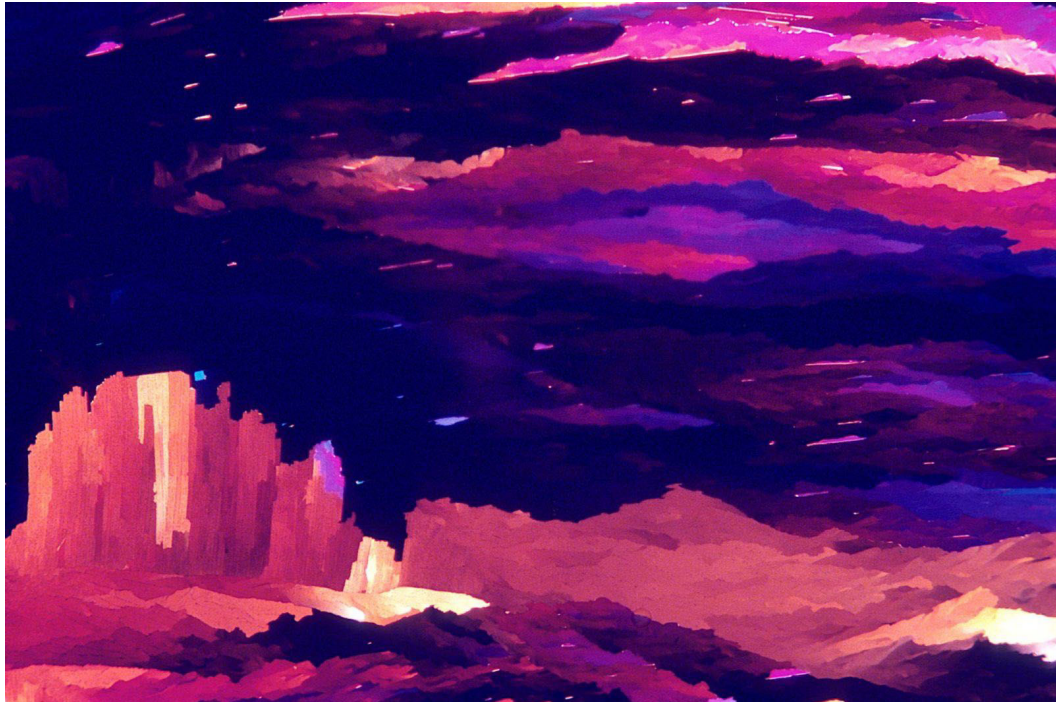


Figure 5.9, *Sulphonal crystal* micrographie par William A. Sokol (1977).

C'est le cas de la figure 5.9 dont l'appréciation de sa valeur est liée à l'idée d'un paysage auquel elle se reporte et duquel le jugement esthétique semble dépendre. Le paysage qui émerge de la micrographie est composé par deux niveaux : celui du haut où apparaissent à droite des nuages allongés et colorés et celui du bas où les formes renvoient à la structure en premier plan d'un terrain plus vallonné à droite, et édifié sur un rocher massif à gauche. Le fond sombre accentue la disposition de ces deux niveaux horizontaux, met en relief le sens de la profondeur et, par contraste, suggère quelques reflets de lumière qui se produisent plus bas. On pourrait évoquer un grand espace au milieu de l'Ouest américain avec ses buttes très caractéristiques ou des collines et des montagnes qui se disposent sous notre regard. Les figures ondulées ou contrastées, qui parviennent à s'afficher, rappellent la technique picturale ou celle à l'aquarelle composée par des touches légères et amples qui cadrent les espaces de couleur et les variations de tons. Pourtant, nous ne sommes qu'en face d'un cristal agrandi 40 fois et éclairé par une lumière polarisée⁵⁵⁷ mais l'habileté de l'auteur de la micrographie consiste à mettre en relief les caractéristiques thématiques et techniques qui pourraient appartenir à une peinture.

Une autre image se présente affichant la même vocation apte à suggérer un paysage, ou plutôt un thème, maintes fois reproduit dans les estampes ou dans les peintures (fig. 5.10).

⁵⁵⁷ Comme nous l'indique le site The Nikon Small World Competition d'où provient l'image, à l'adresse : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/1977-photomicrography-competition/sulphonal-crystal> [consulté le 26 juin 2020].

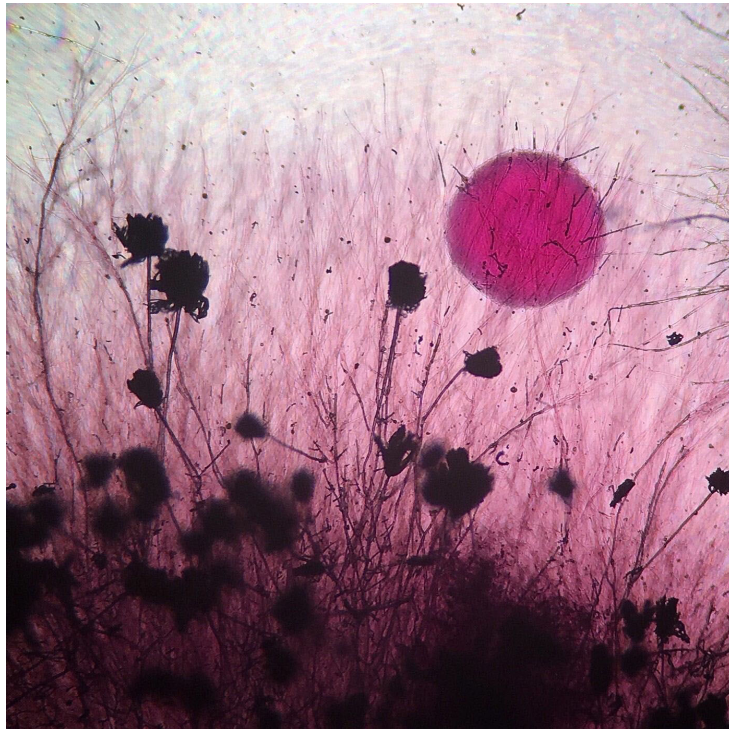


Figure 5.10, *Aspergillus flavus* (fungus) and yeast colony from soil micrographie par Tracy Scott (2017).

En examinant la figure reproduite ci-dessus, notre regard saisit rapidement des formes auxquelles nous sommes accoutumés, telles que des fleurs dans l'ombre au premier plan, peut-être des roses ou de simples arbustes, derrière lesquels une végétation plus dense se lève et couvre, comme un voile, un soleil naissant (ou mourant) qui diffuse une lumière pâle et sans éclat. C'est à ces formes connues et accessibles, à leur agencement dans l'espace, à leur proportion et à la délicatesse de leurs couleurs presque pastel, que s'applique immédiatement notre attention esthétique.

Dans un deuxième temps, la curiosité de savoir d'où cette image provient et à quoi fait référence tempère probablement notre enthousiasme en découvrant qu'il s'agit d'un fungus (*Aspergillus flavus*⁵⁵⁸). Même si, pour un non spécialiste, il n'apparaît pas clairement où est localisé le champignon dans l'image, ni comment il est fait. Sa forme d'origine acquiert une importance secondaire dans l'appréciation esthétique qui se concentre sur la première impression où l'image renvoie plutôt à des figures plus reconnaissables et susceptibles d'une

⁵⁵⁸ Comme l'indique le site ci-dessus cité d'où provient la reproduction de cette micrographie aussi : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2017-photomicrography-competition/aspergillus-flavus-fungus-and-yeast-colony-from-soil> [consulté le 26 juin 2020].

appréhension immédiate. En effet, si cette photographie était exposée, dans une galerie d'art par exemple, sans indiquer l'origine et le mode de construction, rien n'empêcherait de formuler un jugement à partir uniquement de ce qu'elle exhibe, à savoir l'ensemble des structures formelles qui composent l'image et contribuent à édifier un monde imaginaire, qui évoque des souvenirs ou suscitent une émotion, des pensées ou des références à d'autres œuvres d'art, permettant à l'observateur de vivre une expérience et de formuler un jugement esthétique.

L'une des qualités qui caractérise l'effet esthétique de ces micrographies consiste à faire passer leur sujet primaire – l'objet de la recherche scientifique – en sujet secondaire voire en *non sujet*. L'observation des structures internes du spécimen, ou de ses aspects extérieurs, n'a plus pour but de montrer ses propriétés ni d'ailleurs les caractères qui pourraient l'identifier. Le sujet acquiert plutôt un autre statut, celui d'un *moyen* par lequel des formes et des couleurs s'assemblent dans un tout qui constitue un nouvel ordre, un nouvel objet, susceptible d'un intérêt esthétique. Ce dernier peut conserver avec son objet premier une attache, un aspect visuel qui nous renvoie à son sujet d'origine, comme nous l'avons vu dans les quatre micrographies⁵⁵⁹ du paragraphe précédent, lorsque nous sommes encore en mesure de comprendre quelle est la créature ou quel est le corps de départ qui s'expose et qui s'exhibe, notamment dans la direction du merveilleux. D'autres fois, comme dans les deux images ci-dessus (fig. 5.9 et 5.10), ce lien est brisé en fonction d'un intérêt artistique qui conduit l'auteur à proposer un ensemble de rapports de formes et d'agencements des couleurs qui, une fois combinés, donnent lieu à une organisation plastique autonome.

Cette autonomie plastique n'est pas pour autant absolue et libre de toute attache. Elle est généralement tributaire d'une série de motifs ou des thèmes qui sont communément reconnaissables et admis dans la catégorie des sujets suscitant un intérêt esthétique, tels qu'un paysage ou une vue d'un petit coin de jardin. Si le merveilleux donnait encore le sens de l'exploration des mondes à diverses échelles de l'infiniment petit, la qualité esthétique de ces dernières images semble plus confinée dans son effet de renvoi à quelque chose qui est déjà admis et reconnu comme appartenant au domaine du beau. Le pouvoir de plonger l'observateur dans un monde microscopique étrange et extraordinaire, susceptible d'exister en dessous de la matière que nous percevons, apparaît donc ici moins efficace. Il cède la place à une disposition évocatrice qui suscite tout de même un étonnement dû au fait de faire penser qu'un objet de l'infiniment petit peut posséder une apparence ou des caractères formels que nous retrouvons dans la représentation de la nature à notre échelle.

⁵⁵⁹ Fig. 5.5.a, fig. 5.5.b, fig. 5.6.a et fig. 5.6.b., p. 236.

Un second type de référence participe à la constitution de la qualité esthétique des micrographies. Il ne s'agit plus de puiser dans le répertoire des vues de paysages, il est plutôt question d'établir un rapprochement avec des œuvres ou des thèmes spécifiques issus de l'imagerie artistiques consolidée et établie dans la littérature et la connaissance commune. Cette fois, le champ qui se prête le mieux à un rapprochement est celui de l'art contemporain. Par ses sujets non figuratifs, par ses formes géométriques et dégagées, par son intérêt aux proportions essentielles et à ses rapports harmonieux, cette branche de l'art établit un fort point de convergence avec le monde microscopique.

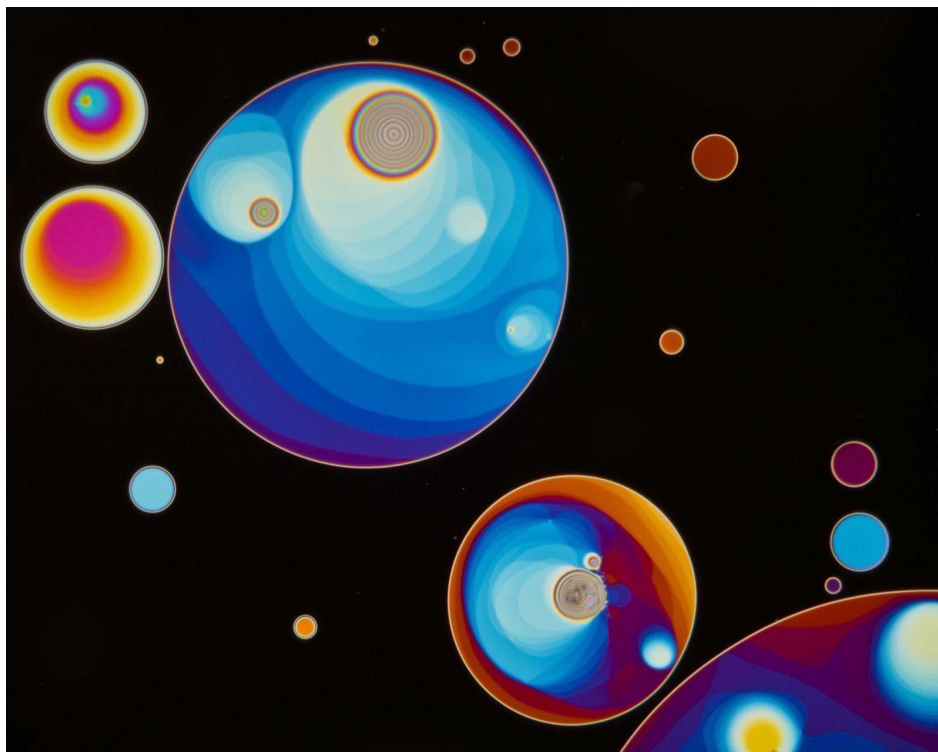


Figure 5.11, *Soap film* micrographie par Gerd Günther (2010).

Si nous examinons la figure 5.11⁵⁶⁰, il est difficile de ne pas prendre en compte le célèbre tableau de Kandinsky *Several Circles* de 1926⁵⁶¹. Les figures des cercles d'abord, leur taille et leur disposition, leur rapport par relation à la surface totale de l'image, les couleurs vives et complémentaires (violet et jaune ; orange et bleue dans cette image) nous conduisent à penser que le maître russe a servi de référence.

⁵⁶⁰ Nous la reproduisons d'après le site : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2010-photomicrography-competition/soap-film> [consulté le 27 juin 2020]

⁵⁶¹ Il est conservé au Solomon R. Guggenheim Museum de New York. On peut le visionner à l'adresse du musée : <https://www.guggenheim.org/artwork/1992> [consulté le 27 juin 2020].

Même si l'on admettait que le rapprochement n'était pas intentionnel de la part de l'auteur de la micrographie, le fait que cette image acquière une dimension esthétique présuppose que son sujet, ainsi présenté, a déjà un précédent qui appartient à la sphère artistique. Sans Kandinsky et de manière plus large sans la période de la non-figuration dont les autres grands peintres du passé ont inauguré la saison, tels que Klee, Mirò, Delaunay, Mondrian ou Malevitch, cette image aurait pu difficilement accéder à la sphère de l'appréciation esthétique⁵⁶². Elle aurait probablement inspiré de la curiosité chez les chercheurs, un amusement ou un sens d'étrangeté dans ses formes, mais elle n'aurait probablement pas emprunté le chemin d'un concours qui vise à récompenser une forme de beauté.

C'est précisément parce que les maîtres du passé ont posé les bases pour que ce genre de formes soient artistiques, et par conséquent entrent dans le domaine de l'esthétique, que nous pouvons aujourd'hui apprécier les qualités d'une telle image et d'autres qui s'inspirent, plus ou moins directement, aux compositions des peintres cités ci-dessus. Nous leur sommes redevables d'une éducation du goût ou des modèles qui font aujourd'hui partie de l'appréciation esthétique.

L'un de traits le plus importants de l'héritage visuel des maîtres du passé consiste à offrir au regard et à l'attention esthétique un répertoire des figures inédites (à l'époque) dans la mesure où leur aspect extérieur n'avait pas fait son apparition auparavant. Que cela soit dans l'agencement inhabituel des formes, dans le décloisonnement de nouveaux objets figuratifs ou non-figuratifs, dans un registre de couleurs inusitées, dans la construction d'un espace original ou dans une distribution variée et maîtrisée de ces divers caractères, ces innovations plastiques sont susceptibles de s'imprimer dans la mémoire collective et individuelle favorisant une éducation du regard et une appréhension esthétique.

Par leur art, les artistes du passé ont élaboré un inventaire des formes qui, au-delà de la fonction ou du contenu d'origine, peut continuer à exister et à vivre dans des domaines disparates, investis même par d'autres significations ou fonctions. À titre d'exemple on peut citer l'usage que la communication d'entreprise fait des images provenant d'une tradition picturale enracinée, tel que le pictogramme utilisé par une grande société des transports comme la RATP⁵⁶³ (voir fig. 5.12.a).

⁵⁶² Un discours similaire peut être appliqué à d'autres motifs ou thèmes qui, ancré dans notre tradition artistique, orientent le goût esthétique. Tel est le cas de Hans Hartung et de ses compositions définies par des traits obliques et colorées (*P1959-147* de 1959) qui peuvent servir de référence à une micrographie de Michael J. Stringer (*Pleurosigma - marine diatoms* de 2008) consultable à l'adresse : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2008-photomicrography-competition/pleurosigma-marine-diatoms> [consulté le 1 juillet 2020].

⁵⁶³ Régie Autonome des Transports Parisiens.



Figure 5.12.a (à gauche) pictogramme de la société RATP de Paris. Figure 5.12.b (à droite), *le Clown* par Paul Klee (1929).

Cette image puise dans le répertoire des motifs des grands peintres du passé comme Klee⁵⁶⁴ (voir fig. 5.12.b) ou Picasso⁵⁶⁵, d'où l'influence apparaît claire et sans lequel ce même symbole aurait été difficilement envisageable⁵⁶⁶. Il affiche un double visage, celui de gauche montré de profil en bleu qui couvre la moitié d'un autre visage en blanc, cette fois vu de face. Il peut s'agir d'un même visage vu selon deux perspectives différentes ou bien de deux visages différents qui se superposent. Dans un usage fonctionnel, que la communication d'entreprise vise, ce symbole permet d'identifier rapidement un service qui dans le cas spécifique est celui d'accueil et d'accompagnement des personnes handicapées mentales. Il transmet aussi des idées comme la bienveillance, par le sourire, et de soutien par la présence d'une autre personne (second visage) qui est censé aider la personne.

Dans un même principe de fonctionnement, nous avons vu comment la biochimiste Richardson a utilisé des motifs issus de l'œuvre de certains artistes pour expliquer des phénomènes relevant de l'invisible. En particulier, ce même motif d'un double visage issu cette

⁵⁶⁴ Voir Paul Klee, *le Clown* 1929, huile sur toile, collection privée. Pour une image de l'œuvre : https://www.1000museums.com/art_works/paul-klee-clown. [Consulté le 3 novembre 2019].

⁵⁶⁵ Voir *infra*.

⁵⁶⁶ Il s'agit du pictogramme S3A conçu par l'École d'art graphique d'Estienne. Il a été normalisé par l'UNAPEI. Pour son origine et son histoire voir : <https://www.unapei.org/article/le-s3a-symbole-daccessibilite-au-handicap-intellectuel/> [Consulté le 3 novembre 2019]. et <https://www.youtube.com/watch?v=vr9q4ytYjkb>. Consultés le 3 novembre 2019.

fois-ci d'un tableau de Picasso⁵⁶⁷, a été interprété par elle comme une double perspective par rapport à l'objet de la représentation, permettant d'illustrer des propriétés chimiques et communiquant ainsi la clé de lecture pour comprendre l'infographie.

Demeurant sur le plan artistique, une fois les fondations bâties, souvent au prix d'une méconnaissance, voire d'un mépris, pour avoir ouvert la voie à de nouvelles formes de représentation, les pionniers d'une nouvelle manière de représenter peuvent s'instituer comme *références* d'une tradition qui finalement s'établit dans le temps, légitimant ainsi toute affiliation à leurs motifs, compositions ou figures qui peuvent s'y rattacher.

Pourtant nous ne retiendrons pas le renvoi à un maître du passé en tant qu'élément qui peut (ou non) conférer une valeur artistique plus importante notamment aux micrographies que nous avons examinées. L'importance vient du fait que la *référence* montre à quel point les formes artistiques du passé sont assimilées et comment l'élaboration d'une image, notamment dans la microbiologie, a pu s'élaborer à partir d'une série de codes visuels déjà établis par la tradition artistique. Et même si la captation de l'image par l'instrument microscopique était le fruit d'un hasard, ce qui irait au-delà de la « volonté » de l'auteur, le fait de la proposer en tant qu'image susceptible d'un intérêt esthétique, provient d'un goût et d'une sensibilité déjà largement et collectivement établis, qui se manifeste aussi chez l'auteur de la photographie. En effet, dans le domaine de la microbiologie que nous avons examiné jusqu'à maintenant, la plupart des photographes sont composées par de chercheurs qui travaillent dans des laboratoires et dont l'intérêt premier est de mener à bien des investigations strictement scientifiques, comme vérifier de nouveaux produits ou matériaux, tester le fonctionnement de certains composants biologiques, observer des réactions biochimiques. Pourtant, leur attrait pour la beauté les conduit à produire des images qui unissent à la découverte du microcosme un effet de merveilleux, comme nous l'avons vu, par des codes visuels qui sont susceptibles d'orienter les choix artistiques des microscopistes. Naturellement, il ne s'agit pas d'affirmer que les micrographies prises en considération jusqu'à maintenant, et notamment celles qui se rapprochent le plus d'une structure formelle relevant de la non-figuration, ont comme but de reconstruire ou renvoyer volontairement et uniquement aux œuvres des artistes du passé.

Les figures que ces photographies produisent sont extrêmement variées dans leurs caractères figuratifs ou non figuratifs. Il s'agit en effet de capter un monde microscopique qui fait surface et *se rend visible* en amont, et d'effectuer une série de choix déterminés par les capacités et le goût du photographe en aval. Mais la bibliothèque des images qui est constituée en nous tous et qui s'est consolidée avec le temps et l'apport des œuvres des artistes, agit au

⁵⁶⁷ *Jeune fille au miroir* (1932) voir image 4.7.a, p. 174.

niveau individuel pour activer une sensibilité à la beauté, diriger le choix chromatique sur certaines gammes, privilégier des formes à d'autres, valoriser des prises de vues pour développer certaines compositions et agencements plutôt que d'autres. Cette bibliothèque d'images qui se constitue autour d'un répertoire qui nourrit notre imaginaire, s'alimente sûrement mais pas uniquement de l'expérience personnelle et délibérée et de la sélection consciente que nous faisons en fonction de notre goût ou de nos préférences individuelles. Elle dépasse toutefois ces limites par l'exposition constante et irrépessible à laquelle le flux des images nous soumet sans cesse et qui se renouvelle en permanence dépendant des modes, des nécessités de la communication, des arts, des médias et même des appareils technologiques que nous utilisons, notamment dans le mode de vie de la civilisation occidentale. Il serait difficile aujourd'hui de concevoir comment quelqu'un pourrait s'affranchir et ne pas être influencé par ce déluge de codes, de formes et de figures, qui requiert constamment notre attention, notre capacité à les décoder, à les comprendre, à les assimiler. Encore moins aisée serait l'idée de retrouver les passages, quelquefois très subtils et souvent hasardeux, à travers lesquels les images s'affirment et s'imposent auprès d'un public spécifique ou de la société tout entière. Même ceux qui, par choix ou par nécessité, vivent en marge de la société, tels qu'un sans domicile fixe ou un moine retiré dans l'isolement d'une cellule d'un monastère éloigné, y seraient également soumis ou exposés, même si, probablement, dans une moindre mesure.

En tout cas, nous remarquons comment les formes et les motifs du passé ont été intégrés dans l'imaginaire collectif, que cela soit à des fins esthétiques ou à des fins de communication comme nous l'avons brièvement mis en évidence. Dans le but de notre étude, il est apparu nécessaire de repérer des éléments provenant de la tradition artistique établie pour montrer comment ils ont pu constituer des références et des modèles aux micrographies des scientifiques.

5.5 Un aperçu des micrographies d'artistes non scientifiques

De nos jours, à côté du monde des concours internationaux de micrographie scientifique, dont l'examen nous a permis de dégager des caractéristiques formelles et certaines tendances quant à l'effet esthétique, des artistes non scientifiques utilisent les technologies autrefois uniquement réservées aux laboratoires des chimistes et des biologistes. Bien que ce sujet soit très vaste et mériterait à lui seul un travail de recherche approfondi et complet que nous ne pouvons pas placer dans notre étude, il ne serait pas vain de souligner que les artistes, n'étant

pas issus d'une formation scientifique et d'une pratique de recherche scientifique régulière, affichent des objectifs généralement différents, mais pas toujours, dans leurs micrographies.

Pour n'en donner qu'un court aperçu et esquisser trois tendances ou orientations, nous citons la démarche singulière de Daniel Kariko⁵⁶⁸. Au lieu de fournir une vision rassurante et presque fabuleuse du monde des insectes, ce photographe leur confère une sorte de dignité, leur dédiant une série de portraits, cadrés en plan rapproché comme s'il agissait de portraits en buste d'hommes et de femmes de la Renaissance, mais sans céder à une idéalisation facile et complaisante. Ainsi ses *portraits d'insectes* sont captés par un microscope électronique et ensuite modifiés afin de faire émerger une vue rapprochée de leurs têtes, dans une description plutôt crue et réaliste, composées de poils longs et hérissés, de mandibules puissantes et acérées, d'yeux globuleux et iridescents. Une fois dépassé la frayeur initiale, peut-être même le dégoût pour leur aspect étrange et sauvage, on découvre pour chacun d'entre eux une expression du visage, peut-être une personnalité, sûrement une individualité, qui leur confère retenue et dignité⁵⁶⁹. Par conséquent, il semble plus difficile de les juger hostiles et nuisibles, rebutants ou effrayants. En revanche une considération émerge et nous conduit à les ressentir plus facilement comme des êtres qui ont, comme nous, leurs nécessités de survie, leurs attributs spécifiques et une destinée particulière. De la sorte, le photographe transporte dans un monde à notre échelle une galerie de portraits pour nous sensibiliser à la disparition silencieuse de beaucoup d'espèces d'insectes et de leurs écosystèmes.

Le souci environnemental qui se rattache à la première orientation est aussi au centre des préoccupations d'artistes plus célèbres sur la scène internationale comme Thomas Saraceno. Dans ses micrographies souvent en noir et blanc et avec des tons neutres presque aseptisés, il capture les images des microparticules sorties de la pollution atmosphérique. Ainsi il met en relief le contraste entre la forme insolite, quelquefois curieuse et agréable, de ces particules et le danger qu'elles représentent pour la santé humaine⁵⁷⁰.

Une deuxième orientation se manifeste dans la micrographie utilisée par les artistes non scientifiques et se construit autour d'un mode de visualisation qui tend à accentuer les formes plaisantes ou relevant d'un attrait esthétique. Cette démarche est similaire à celle que nous

⁵⁶⁸ Kariko, né en 1976, est photographe et professeur associé de *Fine Art Photography* dans l'École des Arts et Design à l'Université de la Caroline de l'Est, à Greenville, dans la Caroline du Nord aux Etats-Unis. Nous nous référons en particulier aux photographies paraissant dans son ouvrage : KARIKO, Daniel. *Aliens among us: extraordinary portraits of ordinary bugs*. First edition. New York : Liveright Publishing Corporation, 2020. Nous avons consulté la version italienne : KARIKO, Daniel, CHRISTENSEN, Tim, VERONESI, Emiliano R et TALLEY, Isaac. *Vivono tra noi: ritratti straordinari di insetti ordinari*. Milano : Il saggatore, 2020. Voir aussi le site de l'artiste à l'adresse : <http://www.danielkariko.com/> [consulté le 19 juillet 2020].

⁵⁶⁹ Voir à titre d'exemple les images d'insectes paraissant sur le site : <https://www.photo-emphasis.com/artists/daniel-kariko-2018> [consulté le 3 septembre 2020].

⁵⁷⁰ La série de micrographies s'intitule *Printed matter* et a fait partie d'une plus vaste exposition *On air* de Thomas Saraceno au Palais de Tokyo à Paris en 2018. L'artiste argentin est né en 1973.

avons examinée pour les scientifiques dans le paragraphe précédent, en raison du fait que l'instrument microscopique fournit un réservoir très nourri de formes pouvant être adaptées et modifiées pour offrir des constructions plastiques autonomes. Celles-ci se rapprochent des compositions de l'art contemporain non figuratif notamment du XX^e siècle ou mettent en évidence les particularités des micro-organismes ou des structures de la matière au niveau microscopique. Dans cette direction, des motifs non figuratifs émergent des compositions de Cris Orfescu dans ce qu'on appelle le NanoArt en raison de la taille proche du nanomètre des objets que l'exploration de l'artiste veut mettre en évidence⁵⁷¹. Des compositions plus délicates apparaissent des œuvres de l'artiste Michele Banks⁵⁷², fruit d'une juxtaposition de carreaux ou de cercles qui encadrent des motifs biologiques divers et colorés. Ses sujets suggèrent un amalgame de formes entre vivant et artificiel comme si l'artiste avait l'intention de brouiller volontiers les pistes qui permettent de distinguer la matière vivante de la construction artistique⁵⁷³. Bien d'autres artistes mériteraient d'être cités dans cette catégorie mais certains, comme l'artiste français Dove Allouche⁵⁷⁴, ne font pas usage des micrographies même si leur recherche s'attache à découvrir les formes de l'invisible biologique comme c'est le cas de ses séries *Funghi* (2017) et *Spores* (2014).

Enfin une troisième orientation témoigne d'un usage de la microscopie et plus en général des connaissances de la microbiologie et de la génétique. Cette fois il ne s'agit plus de capturer et reproduire l'aspect des formes du microcosme biologique, et ensuite de modifier les images par retouche ou coloriations successives. Il est question d'intervenir au cœur même de la matière microscopique, en appliquant des modifications génétiques aux cellules, ou aux bactéries, ou encore à d'autres formes vivantes macroscopiques, suivant les diverses intentions des artistes. Nous entrons dans un domaine artistique très vaste et articulé, qui a fait l'objet de diverses études⁵⁷⁵, et qui est généralement appelé Bio Art. Il compte de nombreux artistes

⁵⁷¹ Artiste d'origine roumaine, né en 1956, il vit et travaille à Los Angeles aux États-Unis. On peut voir ses compositions sur son site Internet à l'adresse : <https://crisorfescu.com/3d-virtual-gallery-of-nanoart/> [consulté le 22 juillet 2020].

⁵⁷² Artiste américaine née à Washington, D.C. aux États-Unis, nous n'avons pas pu trouver sa date de naissance qui devrait se situer autour de 1968. Elle est diplômée en Science Politique à la Washington University et en Études Russes à l'Université d'Harvard. Voir son interview sur le site de la revue *Scientific American* à l'adresse Internet : <https://blogs.scientificamerican.com/symbiartic/bleed-pretty-cells-interview-with-michele-banks/>. [Consulté le 28 juillet 2020].

⁵⁷³ Voir le site de l'artiste à l'adresse : <https://www.artologica.net/microbiology> [consulté le 20 juillet 2020].

⁵⁷⁴ Né en 1972, on peut voir certains de ses œuvres à l'adresse internet de la galerie Gb Agency : http://www.gbagency.fr/fr/669/Dove-Allouche/#!/Solar-Flares/site_medias_listes/3067 [consulté le 20 juillet 2020].

⁵⁷⁵ Nous renvoyons le lecteur à deux ouvrages sur le Bio Art : DAUBNER, Ernestine et POISSANT, Louise (dir.). *Bioart: transformations du vivant*. Québec : Presses de l'Université du Québec, 2012. Collection Esthétique, et MITCHELL, Robert. *Bioart and the vitality of media*. Seattle : University of Washington Press, 2010. In vivo: the cultural mediations of biomedical science.

comme Eduardo Kac⁵⁷⁶, Joe Davis, Marta de Menezes⁵⁷⁷, et soulève plusieurs questions éthiques, sociétales, identitaires et culturelles dont certaines interrogent les limites admissibles de l'intervention humaine. En ce sens, des micrographies comme *Microvenus* (1986) de Joe Davis sont moins susceptibles d'attirer l'attention sur l'aspect captivant que leurs formes font ressurgir, mais elles documentent plutôt l'*invention génétique* de l'artiste. Ainsi l'auteur investit ce nouvel objet biologique en forme de Y d'une série de significations symboliques d'ordre historique et culturel, telles que les runes présentes dans la culture germanique, ou comme attribut de la vie et de l'aspect féminin⁵⁷⁸.

Les trois orientations mentionnées ci-dessus sur la micrographie par des artistes non scientifiques⁵⁷⁹ interceptent la pluralité de tendances qui nourrissent le concept d'esthétique dans l'art contemporain. Nous remarquons d'un côté que la conception traditionnelle qui veut que l'œuvre d'art exprime une forme de beauté est toujours présente à l'époque actuelle. Nous l'observons dans les formes, les couleurs agréables et l'aspect plaisant qui émergent du microcosme biologique de Michele Banks. D'un autre côté, les œuvres de Cris Orfescu se rattachent à une longue tradition de recherche de formes nouvelles non figuratives qui trouve ses premières sources dans les mouvements d'avant-garde comme le cubisme, le futurisme et l'abstraction à la manière de Kandinsky, et qui continue le long du siècle dernier notamment par l'objet de la composition⁵⁸⁰ qui se dissout dans les fuites des lignes à la manière de Maria Helena Vieira da Silva⁵⁸¹ ou par des blocs de matière et des paysages imaginaires à la manière d'un Serge Poliakoff⁵⁸².

Or il n'est pas évident d'assimiler cette recherche plastique non figurative, et sa longue tradition picturale, à un concept de beau tel que nous pourrions immédiatement le percevoir par des aspects agréables et plaisants ressortant de la composition. Lors de l'appréciation et du

⁵⁷⁶ Voir son propos d'artiste « Bio Art : Proteins, Transgenics, and Biobots » à l'adresse : <http://www.ekac.org/arsen2001.html> [consulté le 20 juillet 2020].

⁵⁷⁷ Voir le site de l'artiste à l'adresse : <http://martademenezes.com/> [consulté le 20 juillet 2020].

⁵⁷⁸ Mitchell rapporte les propos de Davis sur la forme de la bactérie comme : "a graphic icon that is identical with an ancient Germanic rune and other iconography originally used to represent life and the female earth." MITCHELL, *op.cit.*, p.42-43. Voir aussi : DAUBNER, Ernestine et POISSANT, Louise, *op.cit.*, p. 3-4.

⁵⁷⁹ Joe Davis pourrait figurer comme exception. Dans sa formation initiale il était biologiste à l'université privée MIT (Massachusetts Institute of Technology) aux Etats-Unis. Cependant, bien que cette formation soit importante au vu de ses œuvres successives, il fait partie d'une plus vaste tendance de l'art contemporain qui compte de nombreux artistes qui utilisent la biotechnologie. En ce sens, il est représentatif des artistes qui poursuivent les mêmes finalités et emploient les mêmes outils dans le Bio Art.

⁵⁸⁰ Bien que l'ensemble de l'œuvre de Orfescu soit très variée et difficilement rapportable à la définition d'un style unique, ses compositions présentent des analogies formelles avec les œuvres des artistes ci de suite cités. Voir à titre d'exemple ses œuvres : *NanoCrystals n.2*, *In Pieces*, *Sunflowers Fragments* à l'adresse internet : <https://crisorfescu.com/3d-virtual-gallery-of-nanoart/> [consulté le 23 juillet 2020].

⁵⁸¹ De cette peintre (1908-1992) nous pensons en particulier à la composition *Le Vent* (1953), lieu de conservation inconnu.

⁵⁸² Peintre d'origine russe (1900-1969) vivant en France, nous pensons surtout à ses compositions des années cinquante, en particulier à *Composition IV* (1954), conservé dans une collection particulière.

jugement esthétique, il est probablement plus adapté de convoquer des concepts divers, comme le fait que les motifs de ces compositions puissent être confrontés aux formes similaires du monde réel, auquel nous sommes plus accoutumés, ou qu'ils permettent de le redécouvrir sous d'autres aspects (Matisse⁵⁸³) ou de renouveler l'expérience de la réalité sous un autre jour (Argan et le cubisme⁵⁸⁴) ou encore de construire des mondes purement imaginaires sans liaisons avec la réalité. C'est ce genre d'expériences qui, pouvant provoquer un sens de satisfaction, de joie ou de découverte, est en mesure de s'inscrire dans l'expérience esthétique. Celle-ci ne requiert plus le plaisir en tant que condition essentielle à sa réalisation. Elle peut naître d'une forme qui nous déplaît mais dont nous apprécions l'innovation, elle peut surgir d'un regard original porté par l'artiste à son sujet dans un style qui n'a rien d'innovant, elle peut tout simplement évoquer un souvenir auquel nous sommes attachés, ou émerger d'une œuvre qui nous déplaît, mais dont l'expérience de déplaisir nous attire au point de nous faire apprécier l'œuvre.

Par conséquent, l'extension du concept d'esthétique semble difficilement se circonscrire à une notion précise et bien délimitée. Cette observation trouve confirmation dans les deux autres orientations que nous avons abordées. La première basée sur une préoccupation environnementale vise à associer l'image, et la découverte de son sujet, à la nécessité de sensibiliser le public à la disparition de la biodiversité (Daniel Kariko) ou aux effets néfastes de la pollution sur la santé (Thomas Saraceno). Elle devient ainsi un art engagé dans la mesure où elle poursuit un intérêt supérieur censé améliorer la condition de la vie humaine ou protéger la survie des espèces animales. Sur un autre versant, l'orientation du Bio Art, bien que plus complexe et variée dans ses manifestations artistiques⁵⁸⁵, s'oriente vers une remise en discussion des valeurs établies dans la société par l'utilisation de la provocation, du dérangement, de l'ironie ou du scandale, afin de stimuler la réflexion sur un thème qui crée la controverse. Le produit artistique véhicule ainsi la réception d'une polémique, comme la modification génétique d'autres êtres vivants (Joe Davis), quelquefois la sensation d'un malaise à la vision de l'œuvre comme dans les modifications corporelles de Stelarc⁵⁸⁶, d'autres

⁵⁸³ Voir paragraphe 2.2.4, en particulier p. 94.

⁵⁸⁴ Voir paragraphe 2.2.5, en particulier p. 111.

⁵⁸⁵ Sur les influences réciproques entre communauté de biologistes et artistes, et sur les collaborations dans les laboratoires de recherche voir : YETISEN, A.K., DAVIS, J., COSKUN, A.F., CHURCH, G.M. et YUN, S.H. BioArt. Trends Biotechnol. [en ligne]. 2015, Vol. 33, n° 12, p. 724-734. Disponible à l'adresse : <http://dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.09.011>, [consulté le 22 juillet 2020].

⁵⁸⁶ L'artiste Stelarc dont le nom est Stelios Arcadiou, né le 19 juin 1946, applique des protèses sur son corps, voir par exemple Extra Ear sur le site de l'artiste à l'adresse : <http://stelarc.org/?catID=20229> [consulté le 22 juillet 2020].

fois une pensée ironique liée à l'idée que l'on cherche à fabriquer un gène d'artiste comme dans le cas de *Genesis* (1999) d'Edouardo Kac⁵⁸⁷.

À défaut de se conformer à une règle, l'expérience esthétique s'alimente de la réflexion, de l'engagement, de la polémique, même du scandale dans ses manifestations plus récentes. Cependant, elle parvient à maintenir encore avec le beau un rapport traditionnel qui se manifeste dans la contemplation de formes agréables ou dans l'observation de compositions plastiques originales, saisissantes ou dignes d'être remarquées. Dans toutes ces manifestations artistiques dont l'ensemble semble contradictoire, un seul facteur paraît pouvoir les réunir : la *nouveauté*. Qu'elle se présente sous une variation originale d'un style déjà affirmé ou d'une idée déjà connue, qu'elle s'applique à une technique innovante, ou qu'elle se révèle dans des contenus ou des formes inédites, c'est ce à quoi on attache une grande valeur. Bien qu'elle ne soit pas un gage de qualité, elle s'impose, tant dans la critique que dans les cercles des *connaisseurs* comme l'un des paramètres de référence pour juger une œuvre d'art. Elle tend à s'associer à l'originalité ou à une sorte de *personnalité*, c'est-à-dire à des caractères qui rendent l'œuvre comme un ensemble accompli et cohérent qui exprime un contenu que l'on peut distinguer et définir pour pouvoir l'apprécier et le juger. Le contenu fait appel à divers genres : il peut rendre la forme d'un objet connu ou en faire ressortir seulement certains aspects ; il peut montrer en revanche des formes qui détermineront de nouveaux objets dans notre imaginaire ; il peut tout juste suggérer ou évoquer des sensations ou bien défendre des principes ou des causes.

Bien que cette grande variété de contenus esquisse une tentative pour préciser les limites de l'œuvre artistique, celle-ci résiste et est en mesure d'échapper à des définitions strictes ou à une formule précise. Elle est, en effet, en mesure de montrer un sujet spécifique et à la fois suggérer une dimension autre comme celle du merveilleux comme nous l'avons observée dans la micrographie scientifique. Elle peut aussi être traversée par ce que Kant définit comme le sentiment du sublime, ainsi que nous allons essayer de le montrer dans le prochain paragraphe.

⁵⁸⁷ Voir : COINTET, Jean Philippe, De la théorie scientifique à la pratique artistique, réflexions sur quelques réalisations artistiques actuelles relevant du bio art, Mémoire de maîtrise, année 2003-2004, Université Paris 1 Sorbonne. Disponible à l'adresse : <http://jph.cointet.free.fr/download/bio%20art.pdf>. [consulté le 22 juillet 2020]. p. 18.

5.6 Vers une résurgence du sublime ?

Si le merveilleux s'exprime et peut émerger des micrographies scientifiques, une autre dimension semble s'ouvrir à l'expérience esthétique et pouvoir se rattacher à une tradition tout aussi ancrée dans la culture occidentale que nous allons examiner. Les photographies de Michael Benson peuvent être citées à titre d'exemple pour mettre en lumière une autre tendance qui se répand dans des images cette fois-ci du macrocosme, que cela soit des vues d'artistes ou des photographies retouchées, et qui prend la forme de ce qui, avec précaution, pourrait relever du *sublime*. Est-il envisageable d'attribuer une telle notion aux productions artistiques contemporaines comme celles de Benson ou bien ce lien relève-t-il plutôt d'une forme de suggestion qui n'a pas d'ancrage dans une notion jadis établie ? Notre analyse prendra en considération les conceptions du sublime formulées par Boileau, par Burke et par Kant et sera confrontée à la photographie de Benson d'abord mais aussi à la vue d'artiste notamment par Christophe Martin.

Nicolas Boileau (1636-1711) dans son ouvrage *Réflexions critiques sur quelques passages du rhéteur Longin*⁵⁸⁸, interprète la pensée de l'auteur (le Pseudo-Longin) en soulignant la distinction entre le style et l'effet produit par le sublime. Si le style sublime « veut toujours de grands mots⁵⁸⁹ » et relève d'une écriture noble et soutenue, l'effet n'est pas uniquement tributaire de celui-ci⁵⁹⁰ mais il peut surgir aussi « dans une seule pensée, dans une seule figure, dans un seul tour de parole » et il se définit par « cet extraordinaire et ce merveilleux qui frappe dans le discours, et qui fait qu'un ouvrage enlève, ravit, transporte⁵⁹¹ ». Bien que Boileau se réfère à la parole, en tant que discours écrit ou oral, par ses mots il autorise une interprétation qui dépasse la sphère de la rhétorique et permet une extension du médium aussi aux arts visuels. En effet, la liaison entre style et effet semble plutôt s'articuler autour d'une stratégie des procédés d'expression qui visent à produire le surprenant, l'admiration, l'élévation. Ce même effet décrit par Boileau serait d'autant plus renforcé par des auteurs qui lui sont contemporains tels que Thomas Burnet, Anthony Ashley-Cooper et Joseph Addison

⁵⁸⁸ Nous nous référons à l'édition paraissant dans les Œuvres complètes de Boileau, par Berriat-Saint-Prix, Paris, chez Philippe Libraire, 1837. Cet ouvrage est entièrement numérisé et disponible sur le site Gallica de la Bibliothèque Nationale de France à l'adresse : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5450665r.texteImage> [consulté le 23 juillet 2020].

⁵⁸⁹ Boileau, *op.cit.*, p. 242.

⁵⁹⁰ « Une chose peut être dans un style sublime et n'être pourtant pas sublime, c'est-à-dire, n'avoir rien d'extraordinaire ni de surprenant. », *id.* p. 286.

⁵⁹¹ *Ibid.* Ce passage n'a pas manqué de susciter de vives critiques, voir à ce propos la note 2, p. 285.

« qui ont su mettre en valeur l'exaltation de l'infinité et de la puissance de la nature, et la fascination pour l'immense, l'illimité et l'informe⁵⁹² ».

Suivant cette ligne interprétative, nous pouvons maintenant considérer et observer la photographie de Michael Benson⁵⁹³ (fig. 5.13).

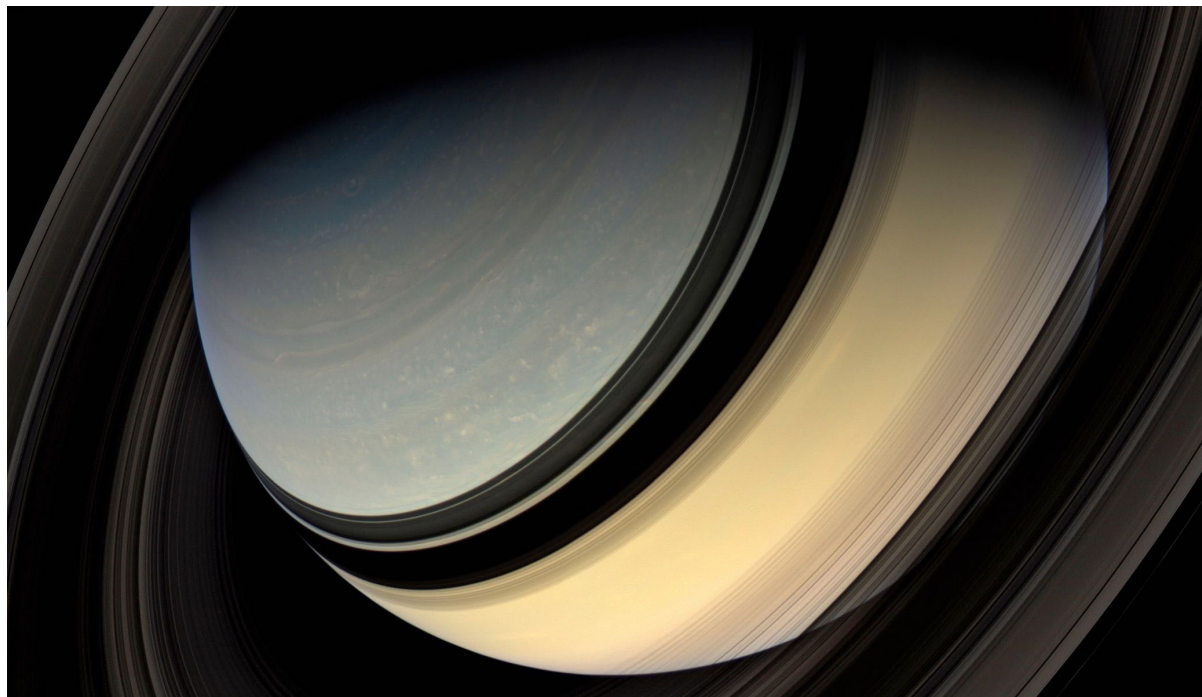


Figure 5.13, *Saturn Dark side of the rings, Cassini, 20 January 2007*, image recomposée par Michael Benson, c-print (2012).

Le sujet en tant que planète est facilement reconnaissable compte tenu de la grande diffusion des images du Système solaire répandues dans les médias lors des explorations spatiales. De plus, pour ceux qui nourrissent un intérêt plus marqué pour l'astronomie, la reconnaissance de Saturne dans la photographie est peu compliquée en raison des anneaux caractéristiques, de la forme sphéroïdale typique d'une planète et de la couleur composée par des tons chauds qui varient du sable vers l'équateur au noir des anneaux et de leur ombre portée sur l'atmosphère, pour arriver à un gris chromé vers les pôles. Toutefois, une image ordinaire de Saturne demeure

⁵⁹² Nous traduisons de l'italien : « autori come Thomas Burnet (1635-1715), Joseph Addison (1672-1719) o il conte di Shaftesbury (1671-1713) mettevano in primo piano l'esaltazione dell'infinità e della potenza della natura e il fascino per l'immenso, l'illimitato, l'informe. » D'ANGELO, Paolo, FRANZINI, Elio et SCARAMUZZA, Gabriele, 2002. *Estetica*. Milano, Italie : Cortina Editore, p.124.

⁵⁹³ Image reproduite du site de la Flowers Gallery à l'adresse internet : <https://www.flowersgallery.com/artists/286-michael-benson/> [consulté le 25 juillet 2020]. La même image se trouve aussi imprimée dans le livre BENSON, Michael. *Otherworlds: visions of our solar system*. New York : Abrams, 2017, p. 132. Dans les titres des images de Benson le nom du satellite qui a capté les images brutes est souvent indiqué. Nous avons gardé cette information dans les légendes de ses images ici reproduites.

aujourd'hui plutôt commune et non forcément apte à provoquer un effet de sublime tel que nous l'avons décrit. Ce qui fait en revanche la force de la photographie de Benson, c'est l'angle de la prise de vue. Cet angle nous donne une perspective réussie en raison d'un effet de déplacement vers l'objet, nous projetant ainsi à deux pas de sa surface, comme si l'on était suspendu devant elle, en train de l'observer en tant que spectateur actif et présent en face de l'imposante planète. Cette photo possède la qualité de couper les distances et de construire une action de déplacement : nous n'avons plus besoin du télescope ou d'une sonde, nous sommes déjà là-bas en train d'admirer sa puissance, de percevoir son étrangeté en tant que monde autre et inconnu, ou de sentir notre petitesse et sans doute notre aliénation vis-à-vis de nos repères habituels et en confrontation avec l'espace de notre Système solaire. Peut-être, au second degré, pouvons-nous deviner le silence de l'espace sans confins, ou soupçonner qu'une petite frayeur peut s'emparer de nous perdus là-bas et sans certitudes, ou au contraire cela peut nous inciter à continuer l'exploration nous poussant à découvrir davantage ce monde mystérieux. En tout cas, à l'observation, cette photographie perd son caractère illustratif pour céder la place à des effets qui mettent en valeur l'inattendu, le surprenant, peut-être l'immense. Elle est susceptible d'activer une dimension imaginative d'exaltation de la force et de la vigueur de la nature, elle est capable de figurer des mondes autres, imposants et puissants, suscitant ainsi notre admiration.

Si dans ces effets, l'œuvre de Benson apparaît comme cohérente à la notion de sublime telle que nous l'avons décrite, il semble moins probable qu'un rapprochement avec la conception de l'auteur anglais Edmund Burke soit possible. Déjà à partir de l'interprétation de Boileau, le concept du sublime est souvent associé à la figure d'un sujet qui mène des exploits héroïques (Dieu qui crée le monde ou la lumière⁵⁹⁴, un chef de guerre qui accomplit des missions difficiles, la vie d'un mystique ou l'exaltation d'un sacrifice⁵⁹⁵) et nous ne trouvons pas de correspondance avec le sujet de Benson. Sauf si, dans un second degré, tout de même moins convaincant en liaison avec les exemples de Boileau⁵⁹⁶, l'on associe l'image de la planète Saturne à l'exploit « héroïque » mené par l'homme à la conquête et à l'exploration de l'espace. Grâce à son ingéniosité et à ses capacités technologiques, on considérerait alors cette image planétaire dans une optique qui relie la puissance de l'homme à sa capacité de parvenir jusqu'en face de la planète, et de l'immortaliser dans un portrait photographique. Ainsi l'image témoigne de la force de l'homme comme un trophée qui serait le symbole de son geste héroïque.

⁵⁹⁴ Voir Boileau, *op.cit.* p. 286.

⁵⁹⁵ Voir la définition du mot Sublime par Christophe Genin in MORIZOT, Jacques et POUIVET, Roger. Dictionnaire d'esthétique et de philosophie de l'art. Paris : Armand Colin, 2007, p. 428.

⁵⁹⁶ L'exaltation des capacités de l'homme en rapport à la force de la nature sera plus convaincante dans la pensée de Kant. Voir *infra*.

C'est surtout à partir de d'Edmund Burke que le sublime acquiert une connotation liée au thème de la terreur et du danger en tant que composante incompressible du plaisir « négatif » (*delight*⁵⁹⁷), qui s'oppose à la perception d'un plaisir simple procuré, par exemple, par les belles couleurs qu'une œuvre peut manifester⁵⁹⁸. La distance, qui nous met en sécurité, par rapport à l'événement effrayant, ou au péril qu'une scène observée peut représenter pour l'homme, se présente à travers l'œuvre d'art à nos yeux et nous garantirait le bénéfice de pouvoir l'admirer et l'apprécier ainsi qu'une « douleur soustraite⁵⁹⁹ ». Cette perspective est celle qui s'éloigne le plus de l'œuvre de Benson car ses photographies n'accèdent pas, ou avec plus de difficultés et non immédiatement, à la douleur ou au danger considérés par Burke comme les plus fortes parmi toutes les *passions* liées à une forme d'autoconservation ou de préservation dès lors qu'un individu est exposé à une menace.

Il serait plus adapté d'attribuer ces passions à certaines vues d'artistes, là où l'aspect descriptif d'un phénomène scientifique laisse plus de place à la construction d'un monde imaginaire. Un monde qui est pourvu d'éléments susceptibles d'inspirer terreur ou crainte, là où est plus présent le risque potentiel d'un danger ou de la survie même de l'homme dans un milieu sauvage, hostile et lointain, comme dans la figure⁶⁰⁰ 5.14.

⁵⁹⁷ Burke établit que dans le sublime la passion de la terreur est présente et : « always produces delight when it does not press too close ». Voir : BURKE, Edmund A philosophical enquiry into the origin of our ideas of the sublime and beautiful. [1757] par PHILLIPS, Adam, Reiss. Oxford, Oxford Univ. Press 1998. The Oxford World's classics, p. xxi et p. 42.

⁵⁹⁸ *Ibid.*, p. 30.

⁵⁹⁹ MORIZOT, Jacques et POUIVET, Roger.. Dictionnaire d'esthétique et de philosophie de l'art. Éd. 2007, *op.cit.*, p. 428.

⁶⁰⁰ Cette image est reproduite à partir du site de l'illustrateur Christophe Martin à l'adresse : <https://www.illustration-scientifique.com/incroyables-exoplanetes/> [consulté le 25 juillet 2020].



Figure 5.14, *Exoplanète 5 soleils*, vue d'artiste par Christophe Martin, (2016).

Dans cette illustration, l'artiste construit le paysage d'une planète reculée dans le cosmos et dont la distance par rapport à notre monde devient tellement grande qu'il est même difficile de l'appréhender. Au-delà du Système solaire, encore à peu près *familier* grâce à nos connaissances et par nos observations, cette planète a une existence probable et elle sera un jour sans doute détectable mais elle demeure actuellement inobservable par nos instruments en raison de la très grande distance qui nous séparent d'elle. Toutefois, sa possibilité théorique d'existence dans des conditions extrêmes, presque inconcevables pour l'homme, détermine qu'elle tourne autour de cinq soleils de tailles différentes, plus ou moins chauds et lumineux.

L'imagination de l'artiste se met ainsi à l'œuvre pour composer un paysage en fonction de ces informations et laisse aussi affleurer l'étrangeté, voire l'hostilité d'un monde apparemment inhabitable, inhospitalier et même inquiétant. Il n'est pas à exclure que l'influence des peintres du passé, tels que Friedrich et son tableau *La mer de glace*⁶⁰¹ (1823-1824) ou son *Récif rocheux au bord de la mer*⁶⁰² (1824), ait pu jouer un rôle d'inspiration pour élaborer de tels paysages.

⁶⁰¹ Conservé à la Kunsthalle de Hambourg, en Allemagne. Voir image sur le site Internet : https://en.wikipedia.org/wiki/The_Sea_of_Ice#/media/File:Caspar_David_Friedrich_-_Das_Eismeer_-_Hamburger_Kunsthalle_-_02.jpg [Consulté le 5 septembre 2020].

⁶⁰² Conservé à la Staatliche Kunsthalle de Karlsruhe en Allemagne. Voir image sur le site Internet : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Caspar_David_Friedrich_-_Felsenriff_am_Meerstrand_\(1824\).jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Caspar_David_Friedrich_-_Felsenriff_am_Meerstrand_(1824).jpg) [Consulté le 5 septembre 2020].

Pourtant, ce type de vues d'artistes, largement répandues notamment dans les revues et les sites de vulgarisation scientifique, produisent des résultats plus modestes en termes d'innovation artistique et d'effet ressenti, par rapport aux peintres qui se consacraient à susciter ce même sentiment dans leurs vues comme le Suisse Caspar Wolf ou aussi Friedrich déjà cité ci-dessus. La raison pourrait se reporter au fait que la figure 5.14 se construit sur la répétition de canons qui constituaient autrefois l'attrait majeur des peintures liées à la notion de sublime, comme des espaces de grandes dimensions, sauvages, difficiles d'accès, dangereux ou démesurés, composés de roches abruptes, de mers agitées, de landes inhabitables et suscitant un sentiment d'inquiétude, de peur et de répulsion.

Même si la première préoccupation de l'illustrateur Martin était probablement de montrer comment un paysage extraterrestre pouvait être représenté avec plusieurs soleils, cette vue d'artiste partage néanmoins avec les peintures de Wolf et de Friedrich la petitesse de l'homme (ou son absence) devant des paysages qui exaltent le sentiment de grandeur de la nature, son rôle de dominatrice sur nos actions, sa capacité à se développer et à exprimer ses diverses conformations et aspects ne prenant plus, ou peu, en compte la nécessité de survie de l'homme. Cette projection dans ces mondes imaginaires (les vues d'artistes) ou issue d'une inspiration plus directe de la nature (les paysages de Wolf et Friedrich) pourrait conduire l'observateur à un sentiment de frayeur plus proche de la notion de sublime exprimée par Edmund Burke.

On doit toutefois constater qu'un changement de goût et de sensibilité vis-à-vis de la catégorie esthétique de la terreur a fait son apparition depuis quelques décennies. Probablement due à l'avènement de la télévision et du cinéma d'abord et plus récemment aux réseaux sociaux et à internet, une large diffusion de films, notamment de science-fiction, et surtout de vidéos capturant en prise directe des catastrophes, des cataclysmes et des désastres naturels, a progressivement habitué le public à une forme de frayeur et de terreur différente par rapport à celle que les paysages des peintres comme Wolf, Friedrich, Johan Heinrich Wüst ou Joseph Write of Derby avaient la capacité de susciter auprès de leurs contemporains. Sans doute devenue plus crue, peut-être moins pourvue d'imagination, cette nouvelle parure, dont s'habille l'effroi et la terreur d'aujourd'hui, se dote d'une apparence fortement liée aux images qui captent le réel, c'est-à-dire qu'elle passe par une adhésion plus stricte à l'image (supposée) rétinienne comme celle de la photographie ou de la caméra, conférant ainsi un sens du rapport à la réalité plus strict et exigeant en termes de crédibilité. La persistance et l'insistance avec lesquelles ce genre d'image nous frappe constamment ont constitué probablement le socle d'une habitude qui s'est répandue largement dans les médias et le cinéma, et qui est à l'origine d'un changement de goût et de réception du sentiment de peur. Cette mutation d'aptitude à

percevoir et à ressentir le péril et la menace, provoque un sentiment de distance et de froideur par rapport à des peintures qui autrefois suscitaient une forte émotion d'effroi ou de terreur. C'est pourquoi la valeur de notre jugement sur de telles œuvres picturales du passé ne peut qu'être atténuée par ces nouvelles expériences visuelles actuelles, alimentant l'écart qui nous sépare de la sensibilité esthétique des gens d'autres époques au point de risquer de considérer les représentations picturales du sublime du passé moins efficaces par rapport aux productions, notamment filmiques et vidéos, d'aujourd'hui.

Cette évolution du goût en relation avec les images, établit les conditions pour que le sublime, à la manière de Burke, s'affirme aujourd'hui davantage dans le cinéma, la photo et la vidéo réalistes plutôt que dans l'image astronomique, à laquelle correspondent davantage les caractères du sublime selon une interprétation plus « classique », telle que celle de Boileau ou en tout cas telle qu'elle s'est manifestée avant Burke.

Kant, dans sa réflexion sur les différences entre le beau et le sublime, établit que le beau naturel : « concerne la forme de l'objet, laquelle consiste dans la limitation⁶⁰³ » alors que le sublime : « se peut trouver aussi dans un objet informe, pour autant qu'une dimension d'*illimité* est représentée en lui ou grâce à lui et que cependant vient s'y ajouter par la pensée la dimension de sa totalité⁶⁰⁴ ». Ainsi la satisfaction qu'il suscite est plus proche de l'admiration et du respect que du plaisir. La forme d'un sujet appartenant au sublime ne renferme pas en elle l'objet de satisfaction et elle n'est pas non plus destinée à susciter une sorte de beauté. Elle peut aussi être disproportionnée et « faire violence à notre imagination⁶⁰⁵ » et par cela même être jugée d'autant plus sublime. De plus, si le beau est un plaisir qui provoque directement le sentiment d'exaltation des forces vitales de l'individu, le sublime quant à lui les suspend momentanément pour les relancer avec ferveur tout de suite après et l'esprit est alternativement attiré et repoussé par l'objet de son attention.

Ce qui est nommé sublime, nous dit Kant, s'associe à des événements de la nature qui sont souvent proches du désordre, du dérèglement et des dévastations les plus sauvages, du moment où la force, la puissance et la grandeur de la nature peuvent s'y manifester. Pour être plus exact, la manifestation de tels événements n'a rien en soi de sublime : dans la destination catastrophique ou dangereuse du phénomène naturel, nous ne pouvons apprécier la sublimité qu'à travers un *usage* que nous faisons d'un tel phénomène pour ressentir en nous-même une finalité de la nature tout à fait différente par rapport à sa destination originelle. En ce sens, le sublime n'est pas dans la nature mais il est dans l'esprit car comme le dit Kant : « est sublime

⁶⁰³ KANT, Emmanuel, Critique de la faculté de juger. [1790], ed. consultée par RENAUT, Alain Paris : Flammarion, 2015 [1995], p. 225.

⁶⁰⁴ *ibid.*

⁶⁰⁵ *Id.*, p. 226.

ce qui, du fait simplement qu'on puisse le penser, démontre un pouvoir de l'esprit qui dépasse toute mesure des sens⁶⁰⁶ ».

Aujourd'hui, ces caractères trouvent une correspondance en particulier dans les photographies retouchées et dans des vidéos qui mettent en scène des corps ou des phénomènes astronomiques (voir fig. 5.15).

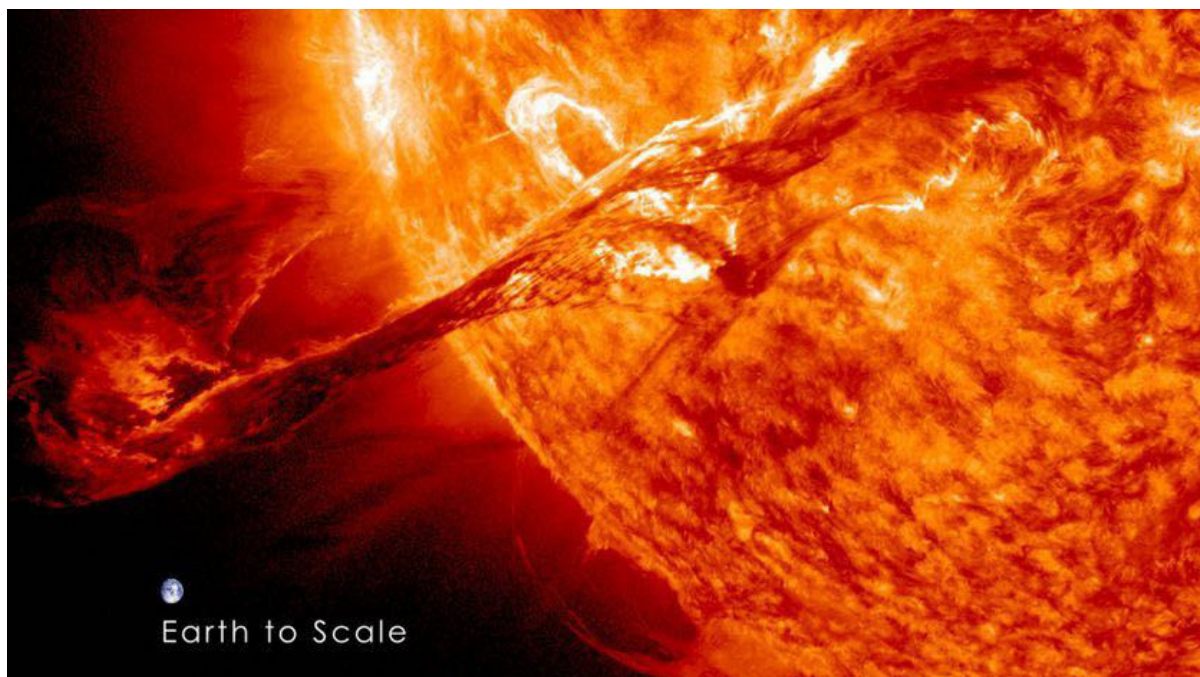


Fig. 5.15, photogramme modifié et recomposé par assemblages de vidéos d'une éruption solaire de 2012, par NASA/Goddard Space Flight Center.

La figure ci-dessus montre de manière saisissante la puissance démesurée d'une explosion se produisant sur la surface de notre étoile⁶⁰⁷. Sur la droite on voit une portion de l'étoile dans des couleurs rouge vif qui varient par endroits et en fonction de sa température vers l'orange, l'or et un blanc très brillant. Comme nous l'avons déjà noté les couleurs ne sont pas les vraies, mais elles sont attribuées de manière conventionnelle en fonction de la longueur d'onde spécifique

⁶⁰⁶ *Id.*, p. 232. À cela Kant ajoute : « le sublime proprement dit ne peut être contenu en aucune forme sensible, mais il ne concerne que les Idées de la raison » *id.*, p. 227. Les idées de la raison concernent la totalité et l'absolu sans qu'aucun objet de l'expérience puisse leur correspondre entièrement et il demeure impossible de « les figurer adéquatement dans le sensible ». Voir : KANT, Emmanuel par KHODOSS, Florence. Le jugement esthétique, Textes Choisis, PUF, Paris, [1995] 2014, p. 102.

⁶⁰⁷ Nous reproduisons l'image paraissant sur le site de la NASA à l'adresse : <https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=11095> [consulté le 12 juillet 2020]. Le site nous indique que l'image provient de l'assemblage de plusieurs vues élaborées pour en faire une vidéo, à partir de capitations de trois observatoires tels que L'Observatoire de la dynamique solaire (SDO) de la NASA, l'Observatoire des relations Soleil-Terre (STEREO) de la NASA et l'Observatoire solaire et héliosphérique (SOHO) commun à l'ESA et à la NASA. La vidéo d'origine est consultable à la même adresse.

que l'instrument détecte⁶⁰⁸. Il est à noter que l'attribution d'une telle gamme de rouges et de jaunes rappelle bien les images d'éruptions volcaniques qui se produisent sur Terre. Une lumière bleue ou turquoise produirait difficilement un effet similaire⁶⁰⁹. Et c'est bien l'éjection de masse coronale qui provoque une protubérance sous la forme d'un épais filament de proportions gigantesques qui est capturé en train de s'éloigner de la surface du Soleil. Pour appréhender l'ordre de grandeur d'un tel phénomène, la petite planète Terre est placée dans l'image en bas à gauche avec l'écriture *Earth to scale* pour indiquer l'échelle de la Terre par rapport au phénomène astronomique qui se produit dans le soleil⁶¹⁰.

Si l'on suit Kant, on pourrait faire rentrer avec difficulté cette image dans la catégorie du beau. On pourrait en revanche plus aisément lui faire correspondre le sublime car, plus que le plaisir qui ressort des formes de l'objet de l'image, c'est un sens d'admiration qui ressurgit et, notamment dans la vidéo de laquelle cette image est tirée, c'est le sens d'un événement colossal qui s'exprime. Si pour le philosophe allemand la puissance de la nature est associée à la crainte, elle nous conduit tout de même à élever nos forces et nos facultés au-delà de la manière d'agir et des préoccupations ordinaires, pour nous faire découvrir notre pouvoir de résistance et le courage de nous mesurer avec la toute-puissance des phénomènes naturels⁶¹¹. Peut-être moins la peur qu'un sentiment de petitesse, mise en image par la modeste taille de notre planète, nous fera-t-elle reconnaître notre faiblesse devant la force de la nature aussi puissante que titanesque, révélée par l'éruption solaire.

Selon l'auteur allemand, cette petitesse est en mesure d'alimenter un sentiment de supériorité de notre esprit sur la nature même, en raison de la capacité de l'homme de pouvoir connaître par la raison l'objet ou le phénomène puissant de la nature qui se montre à notre sensibilité⁶¹². Pourtant, raison et imagination demeurent dans un état conflictuel : la première aspire à comprendre la totalité (l'Idée) et la seconde, en tant que faculté de présentation et de synthèse de la forme des objets, ne parvient pas à comprendre l'objet des sens qui doit faire partie de cette totalité. À l'égard de l'évaluation de la grandeur de l'objet sensible, l'inadéquation de l'imagination par rapport à la raison crée ainsi un déplaisir, mais la conscience de cette inadéquation nous incite à dépasser cette limite pour atteindre les Idées de la raison, cette destination ou cette finalité stimule ainsi un plaisir⁶¹³. Ce mouvement conflictuel

⁶⁰⁸ Voir paragraphe 5.2 et en particulier p. 230.

⁶⁰⁹ Comme on peut le constater sur la même image dans des couleurs différentes, exposée sur le même site de la NASA à la même adresse ci-dessus indiquée.

⁶¹⁰ À juste titre, dans le site hébergeant cette image, il est mentionné que la Terre ne se trouve pas à une distance si courte par rapport au soleil.

⁶¹¹ KANT, Immanuel, Critique de la faculté de juger, *op.cit.*, p. 244.

⁶¹² *Id.*, p. 241.

⁶¹³ *Id.*, p. 239-240.

qui marque le sublime selon Kant, nous conduit à déplacer notre attention de l'objet du sublime à la capacité même de l'homme de pouvoir le saisir avec ses limites et ses émotions contradictoires.

Dans les photographies retouchées que les agences spatiales comme la NASA ou l'ESA hébergent sur leurs sites Internet et se proposent de diffuser, ainsi que dans les photographies plus élaborées d'auteurs comme Michael Benson et en partie dans le travail de vulgarisation scientifique d'illustrateurs comme Christophe Martin⁶¹⁴, il semble y avoir une convergence pour produire des images qui suscitent l'effet de stupeur, d'admiration et même de frayeur selon des nuances du sublime que nous avons confronté à la pensée d'auteurs comme Boileau, Burke et Kant.

Dans ces trois types d'images, il semble difficile d'établir avec précision si elles montrent fidèlement le phénomène exposé. Il semblerait plus simple d'accréditer un écart avec la réalité pour la vue d'artiste puisque l'illustration est le produit de l'imagination, non dans un sens kantien indiqué ci-dessus mais en tant que capacité de composer des paysages ou des objets astronomiques qui n'ont jamais été détectés mais qui sont possibles, voire probables, selon les connaissances scientifiques actuelles. Il s'avère plus compliqué de le définir pour les images de la NASA (fig. 5.15) et de Michael Benson (fig. 5.13) parce que nous avons affaire à un assemblage de prises de vues et des clichés astronomiques qui sont par la suite retouchés et coloriés pour un rendu plus attrayant. Ces deux types de figures seraient difficilement exploitables pour des recherches scientifiques⁶¹⁵ mais indiquent tout de même des aspects des formes, de taille et de proportions sur les objets respectifs qu'elles affichent, fournissant ainsi des informations qui sont recevables selon les connaissances scientifiques actuelles. Cette ambivalence semble pourtant être devancée par l'intérêt premier de permettre d'accéder à la connaissance, par la visualisation, du phénomène astronomique exhibé, que cela soit sur les sites Internet de la NASA et de l'ESA, ou chez certains auteurs de la photographie astronomique retouchée.

Sous cette optique, on comprend mieux le propos tenu par Benson lorsqu'en parlant de ses photographies pour une exposition intitulée *Otherworlds* il affirme vouloir ouvrir le Système solaire à l'œil humain pour la première fois⁶¹⁶, permettant ainsi l'exploration et la

⁶¹⁴ Voir les images 5.13, p. 260 et 5.14 p. 263.

⁶¹⁵ Voir paragraphe 3.4 et les propos de Dondero sur la sacralisation de l'image astronomique retouchée, p. 124.

⁶¹⁶ Nous transcrivons le propos de Benson: « Space exploration, the opening of the solar system to human eyes for the first time, that's what I want to represent in *Otherworlds*. ». Nous traduisons : « L'exploration spatiale, l'ouverture du système solaire à l'œil humain pour la première fois, c'est ce que je veux représenter dans *Otherworlds* ». Interview publié sur le site du Musée de la Science Musée d'histoire naturelle (Natural History Museum) de Londres qui a accueilli l'exposition *Otherworlds*. L'interview est consultable à l'adresse : <https://www.nhm.ac.uk/discover/michael-benson-the-art-of-otherworlds.html> [consulté le 14 juillet 2020]. 0 min 27 sec.

connaissance des mondes du cosmos. Pour ce faire, l'adoption d'un moyen technique demeure fondamentale pour l'auteur : doter ces images des couleurs les plus proches possibles de ce que l'œil humain pourrait voir comme s'il était en face du corps céleste⁶¹⁷. Ainsi le rendu chromatique en l'apparence naturel permet d'établir un lien plus strict avec l'objet autorisant un effet de présence qui le rend plus réel et tout à fait crédible (voir fig. 5.16⁶¹⁸).

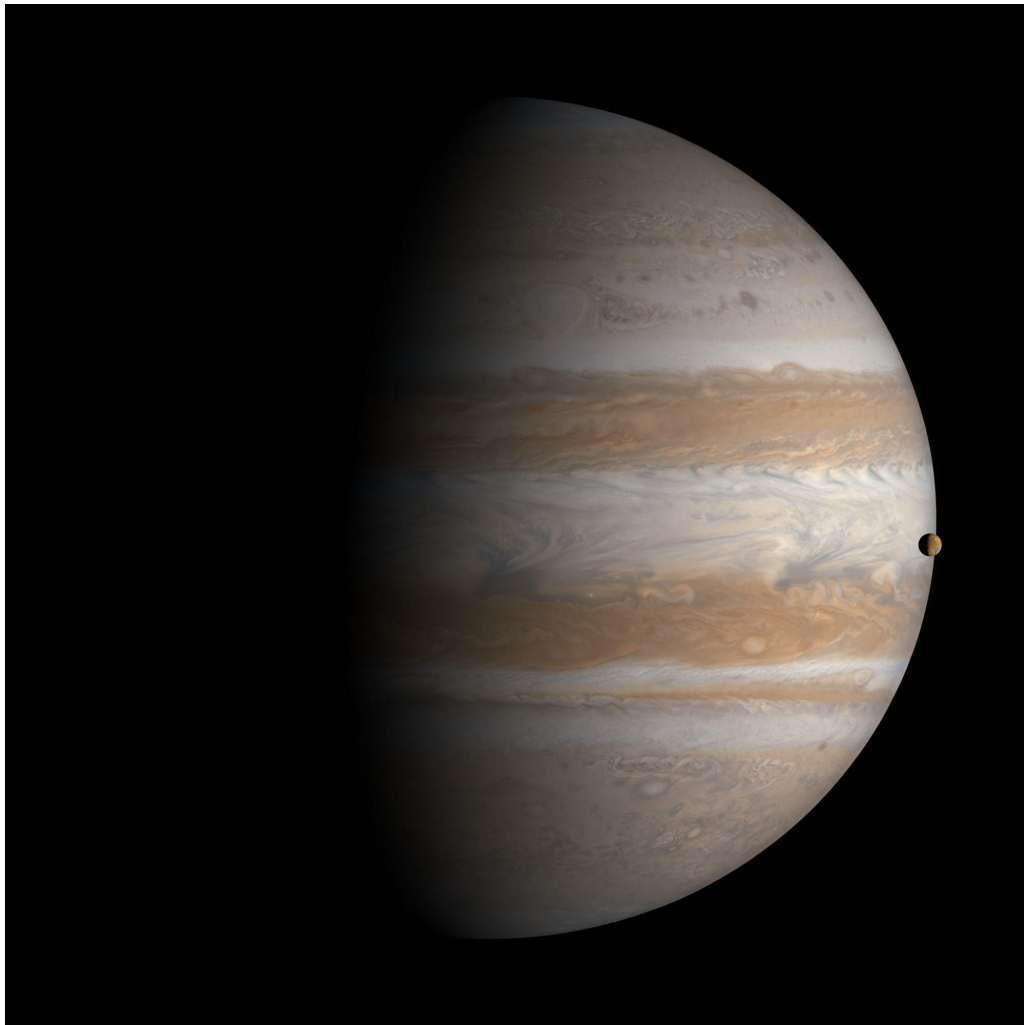


Figure 5.16, *Jupiter, Cassini, 1 February 2001*, image recomposée par Michael Benson, c-print (2001).

⁶¹⁷ Nous transcrivons le propos de Benson : « Most of the images on the show are colored and they are as close to the true colors as I can get them. I'm really trying to get at what the human eye would see because I believe these subjects are so alien to our experience that it is necessary to get to a point where they look as they might to the human eye if we could go ourselves to these places ». Nous traduisons « La plupart des images de l'exposition sont colorées et elles sont aussi proches que possible des vraies couleurs. J'essaie vraiment d'arriver à ce que l'œil humain verrait parce que je crois que ces sujets sont tellement étrangers à notre expérience qu'il est nécessaire d'arriver à un point où ils ressemblent à ce que l'œil humain verrait si nous pouvions aller nous-mêmes dans ces endroits ». *id.*, 0min. 35sec.

⁶¹⁸ Nous reproduisons l'image paraissant sur le site de Flowers Gallery à l'adresse : <https://www.flowersgallery.com/news/693-otherworlds-visions-of-our-solar-system-michael-benson/> [consulté le 25 juillet 2020]. La même image se trouve aussi imprimée dans le livre : BENSON, Michael. *Otherworlds: visions of our solar system*. New York : Abrams, 2017, p. 111.

Dans cette image, aussi bien que dans celle de la figure 5.13, l'observateur se trouve en face d'une planète du Système solaire (Jupiter) pour découvrir sa forme, les bandes horizontales qui composent son atmosphère et, en plus, le petit satellite Io qui tourne autour d'elle. La démarche qui permet la composition d'une telle image est la même qui définit la photographie astronomique retouchée : partant d'une série de prises de vues captées par les satellites, comme c'est le cas pour cette figure, ou par des télescopes, comme pour la figure 5.15, il s'agit d'assembler divers clichés pour construire à l'aide de programmes d'ordinateur une image unique et cohérente de l'objet qui y figure. Les clichés bruts (*raw images*) de départ, qui seront sélectionnés pour élaborer la photographie finale, font partie des très nombreuses captations qui sont également utilisées par les astronomes afin d'étudier les planètes. Il n'est donc pas étonnant que Benson soit animé par un sens de la découverte qu'il désire transmettre dans ses photographies :

« Chaque partie de la planète est une mosaïque et, au final, vous obtenez une photo couleur de haute qualité sans coupures. J'aime beaucoup ce processus parce que j'ai réalisé, avec une sorte de sursaut, que je pourrais être le premier être humain à voir Jupiter à partir d'un angle particulier sous lequel elle serait vue. J'ai parfois l'impression d'être un explorateur, cela évoque vraiment ce genre de frisson. [...] Les scientifiques vont dans ces archives à la recherche de leurs types de découvertes et moi, je vais à la recherche de mon propre type de découverte qui est de nature esthétique ; il s'agit de moments extraordinaires⁶¹⁹ ».

La volonté de l'auteur à montrer les planètes et les objets célestes comme si nous étions en face d'eux se rapporte à une longue tradition dans la photographie et dans l'histoire de la peinture concernant la reproduction des vues et des paysages naturels. Benson lui-même en fait mention en évoquant une continuité dans l'héritage visuel du passé et suggérant que même si le but premier des explorations spatiales n'est pas de fournir des photographies pour la contemplation de l'observateur intéressé⁶²⁰, ces clichés dûment reconstitués offrent une vue de ces mondes lointains qui « existent vraiment [...] et qui ressemblent vraiment à cela⁶²¹ ».

⁶¹⁹ Nous transcrivons et traduisons : « Each section of the planet is a mosaic together and ultimately you end up with a seamless high-quality color photo. I really enjoy this process because I realized with the kind of a jolt, I may be the first human being to see Jupiter from that angle in the way it would be seen. I feel sometimes like an explorer, it really evokes that kind of thrill. [...] Scientists go into these archives looking for their kinds of findings and I go in looking for my own kind of discovery which is aesthetic in nature it is about extraordinary moments. » Interview publié sur le site du Musée de la Science Musée d'histoire naturelle (Natural History Museum) de Londres qui a accueilli l'exposition *Otherworlds*. L'interview est consultable à l'adresse : <https://www.nhm.ac.uk/discover/michael-benson-the-art-of-otherworlds.html> [consulté le 14 juillet 2020]. 1min. 29 sec.

⁶²⁰ BENSON, Michael. *Otherworlds: visions of our solar system*, *op.cit.*, p. 10.

⁶²¹ Nous paraphrasons les propos de Benson : « And ultimately, *Otherworlds* simply confronts its viewers with what amounts to a series of 'Behold!' moments. Yes, these places really exist. And yes, they really look like that

Mais cette fois-ci, l'enjeu est très différent : il s'agit de repousser les frontières bien au-delà de notre monde connu, il s'agit d'ouvrir des fenêtres sur l'univers pour s'approcher de l'inconnu, où chaque forme est une découverte, chaque phénomène nous conduit vers l'étrange, l'éloigné et l'imprévisible. Nous nous confrontons à une nature qui change d'identité, elle n'est plus uniquement assimilable aux paysages verdoyants, aux montages abruptes, aux vastes déserts et aux océans sous les tempêtes qui ont longtemps été dans les peintures et les photographies. Elle acquiert un visage inédit par des formes, des couleurs et des objets que nous n'avions jamais approchés du regard dans le passé et elle est maintenant en mesure de manifester une variété de compositions singulières et atypiques qui sont innombrables. Ses forces sont multipliées par centaines, par milliers, par millions : il y a autant de forces que des mondes à explorer et à découvrir, chacun avec ses vues, ses paysages et ses particularités. Des objets *exotiques* ont fait aussi leur apparition : des quasars ayant une énergie colossale aux trous noirs capables d'engloutir des astres entiers, en passant par des étoiles à neutrons qui peuvent générer des explosions gigantesques.

Les dimensions de ces objets contribuent également à alimenter le spectacle astronomique : Jupiter est au moins dix fois plus grande que la Terre, le Soleil mesure plus d'une centaine de fois notre planète et d'autres étoiles pourraient contenir notre étoile plus d'un millier de fois. Les distances sont à juste titre qualifiées de *sidérales* non seulement parce qu'elles concernent les astres mais aussi parce qu'elles indiquent des étendues de l'espace que nos mesures habituelles ne pourraient pas appréhender. Nous devons ainsi introduire l'unité astronomique (distance Terre-Soleil⁶²²) et surtout l'unité de mesure qu'est l'année-lumière qui est tellement grande que le fait de la concevoir devient comme une entité abstraite et uniquement théorique, correspondante à environ 10.000 milliards de kilomètres. Le nombre de corps célestes qui remplissent l'univers répond au même principe qu'une grandeur qui frôle l'illimité : si notre Système solaire compte un soleil et une douzaine de planètes ordinaires et naines, sans compter les deux cents satellites naturels et les milliards d'astéroïdes, il y aurait une centaine de milliards d'étoiles dans notre galaxie et le nombre de galaxies dans l'univers se compterait par milliards. L'univers lui-même ne connaît pas actuellement de confins car ils ne sont pas directement observables et certains supposent qu'il est infini, d'autres estiment qu'il est clos⁶²³.

Cette immensité pourrait être conçue comme écrasant l'homme qui se retrouverait dans une dimension très réduite par rapport à la démesure que les étendues de l'espace lui imposent.

- on a good day. » *Id.*, p. 11.

⁶²² Environ 150 millions de kilomètres.

⁶²³ Marc LACHIÈZE-REY, Cosmologie, Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 15 juillet 2020. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/cosmologie/>

Habitée à une position de privilège située au centre de l'univers, l'humanité a, des siècles durant, conçu le cosmos comme une sorte d'extension des cieux qui tournaient autour d'elle, en fonction de sa vie sur Terre et de sa destinée. Aujourd'hui, consciente que l'univers la relègue à un rôle subordonné, non essentiel au fonctionnement de la mécanique céleste et encore moins à la survie du cosmos, elle pourrait s'enfermer dans une situation de repli sur soi et montrer un désintérêt, voire une hostilité, vis-à-vis de ce nouvel espace qui s'ouvre à sa connaissance et dont l'extension et l'incommensurabilité pourraient provoquer l'accablement.

En revanche, une tendance qui va dans un sens opposé semble émerger dans les sujets de la photographie retouchée, chez des auteurs comme Benson ou d'autres qui alimentent l'imagerie astronomique notamment de vulgarisation, ou encore dans les vues d'artiste. Dans leur propos⁶²⁴ un fort enthousiasme pour l'exploration et la découverte, un vif intérêt pour le partage de connaissance se manifestent et animent leur production d'images. Ces images restituent un univers qui affiche une extrême diversité des formes, des mondes, des conditions plus ou moins sauvages, adverses, intrigantes ou bizarres. Les articles de vulgarisation, qui font suite aux découvertes astronomiques, amplifient et entretiennent la construction imaginaire de ces étrangetés, comme celles de planètes où la surface est recouverte de graphite et de diamant⁶²⁵ ou d'autres sur lesquelles il pleut du fer, et que les vues d'artistes tentent de mettre en image⁶²⁶. D'autres articles, cette fois rédigés par des scientifiques, valident ces étrangetés par l'observation des phénomènes comme le cycle de l'eau qui, passant de l'état liquide à l'état gazeux, retombe ensuite sous forme de pluie alimentant des rivières et des lacs. Tel semble être la situation sur Titan, la plus importante lune de Saturne sauf que, à la place de l'eau il y a du méthane à une température de moins 176 degrés Celsius qui accomplit le cycle entier⁶²⁷. Une situation tout aussi surprenante se présente sur Europe, une lune de Jupiter, qui aurait un océan liquide constitué d'eau sous une croûte épaisse de glace qui émerge à sa surface⁶²⁸, ce qui

⁶²⁴ Nous nous référons en particulier aux propos de Benson et aux propos de Christophe Martin, ces derniers parus dans l'émission : Sciences avec vues (d'artistes), dans La méthode scientifique par Nicolas Martin, 8/08/2017, consultable à l'adresse Internet : <https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/sciences-avec-vues-dartistes> [consulté le 28 juillet 2020].

⁶²⁵ LE MONDE ET AGENCE FRANCE PRESS (AFP). Découverte d'une planète en diamant. Le Monde.fr [en ligne]. 11 octobre 2012. [Consulté le 16 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/10/11/decouverte-d-une-planete-formee-en-grande-partie-de-diamant_1774182_1650684.html.

⁶²⁶ BARTHÉLÉMY, Pierre, WASP-76b, la planète où il pleut du fer [en ligne]. 11 mars 2020. [Consulté le 16 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2020/03/11/wasp-76b-la-planete-ou-il-pleut-du-fer_6032641_1650684.html.

⁶²⁷ LUNINE, Jonathan I. et ATREYA, Sushil K. The methane cycle on Titan. Nature Geoscience [en ligne]. Mars 2008, Vol. 1, n° 3, p. 159-164. [Consulté le 16 juillet 2020]. DOI 10.1038/ngeo125

⁶²⁸ GISSINGER, Christophe et PETITDEMANGE, Ludovic. A magnetically driven equatorial jet in Europa's ocean. Nature Astronomy [en ligne]. Mai 2019, Vol. 3, n° 5, p. 401-407. [Consulté le 16 juillet 2020]. DOI 10.1038/s41550-019-0713-3.

devrait conduire dans ces prochaines années à une mission spatiale d'exploration entièrement dédiée à ce satellite.

Ces exemples ne donnent qu'un aperçu minime des possibilités presque illimitées que l'univers est en mesure de produire. Entraînée par la recherche scientifique, la connaissance qui se fraie un chemin dans cette immensité cosmique peut conduire à un sentiment similaire à celui que Kant nomme le sublime, en raison du fait que l'homme se confronte à quelque chose qui le dépasse mais aussi parce que la nature lui permet d'élever ses capacités⁶²⁹ et le pousse à se mesurer avec elle.

5.7 Références dans la photographie astronomique retouchée

Dans les deux types de représentation telles que la vue d'artiste et la photo retouchée que nous avons examinées, le sentiment d'un danger que l'observateur pourrait ressentir et auquel il se soustrait semble moins prégnant. Rapporté au sublime, il émerge ce que Flaubert aurait défini comme « un sentiment qui naît au spectacle grandiose de la nature⁶³⁰ » sachant que la représentation de la nature trouve aujourd'hui son extension dans l'exploration et la découverte de l'espace. Toutefois, si nous prenons comme exemple l'œuvre de Benson pour le genre de la photographie astronomique retouchée, certaines images autorisent une liaison avec ce que nous avons défini comme un *emprunt* dans le paragraphe consacré aux micrographies⁶³¹. Dans la micrographie à des fins esthétiques nous avons mis en évidence que certaines images font référence à des œuvres artistiques du passé. Le cas mentionné (fig. 5.11, p. 249) renvoyait à l'œuvre *Several Circles* de Kandinsky. Dans l'exemple de Benson, il ne semble pas y avoir de référence précise ou, du moins, elle n'émerge pas aussi clairement comme dans le cas précédemment cité. En revanche, le souci de présenter un paysage extraterrestre semble se coupler à la recherche d'une identité plastique relevant plutôt d'une œuvre d'art contemporain non figurative.

⁶²⁹ Kant écrit : « la nature est dite ici sublime simplement parce qu'elle élève l'imagination à la présentation de ces cas où l'esprit peut se rendre sensible la sublimité propre de sa destination dans ce qu'elle a de supérieur même à la nature ». KANT, Immanuel, Critique de la faculté de juger, *op.cit.*, p.244.

⁶³⁰ « Le sublime est un sentiment qui naît au spectacle grandiose de la nature ou de la force morale de l'homme ». Propos attribué à Flaubert par Lacque-Labarthe in : LACOUE-LABARTHE, Philippe, Sublime, Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 15 juillet 2020. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/sublime/>.

⁶³¹ Paragraphe 5.4.

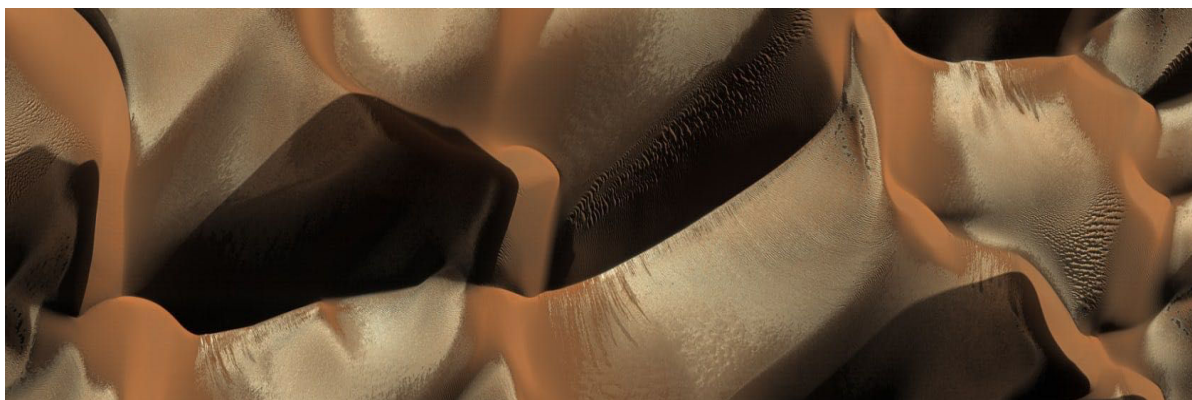


Figure 5.17, *Frosted Mars Dunes in Winter*, Mars Reconnaissance Orbiter, November 26, 2006, par Michael Benson, c-print (2011).

Si l'on considère la figure 5.17⁶³², le paysage ne ressort pas d'emblée de la photo, même s'agissant d'un monde extraterrestre. Ce qui apparaît immédiatement est un rythme de formes alternées par des couleurs sable et argent qui se développent sur un axe horizontal. Des bandes colorées se superposent à des bandes sombres, et un sens de souplesse se dégage de la composition donnant l'illusion d'envoûter les profils et les reliefs. Le choix de cadrer juste cet angle, par rapport à l'ensemble du panorama que le photographe aurait pu choisir, augmente l'effet de mouvement cadencé comme si des vaguelettes apparaissaient à sa surface.

Ces valeurs plastiques nous conduisent à apprécier cette photographie comme s'il s'agissait d'une œuvre contemporaine non figurative, ne nous laissant que peu de repères pour comprendre qu'il est plutôt question d'un paysage martien. Et en effet le titre révèle que nous sommes devant des dunes givrées en hiver sur le sol de la planète Mars et capturées par la sonde *Mars Reconnaissance Orbiter* et ensuite remodelées par Michael Benson. On saisit alors la prise de vue en plongée de l'objectif photographique de la sonde qui met en relief les mouvements du sable couvert par endroits par un manteau de glace de dioxyde de carbone. On remarque que le souci documentaire qui viserait à montrer une vue du paysage martien dialogue ou plutôt cède volontiers la place à la préoccupation esthétique de constituer une composition qui évoque des formes artistiques indépendantes de leur origine. Leur autonomie plastique est susceptible de réclamer un jugement esthétique indépendamment de leur sujet astronomique, qui n'intervient qu'en dernier recours pour éclairer l'observateur curieux. D'autres photographies astronomiques retouchées sont assimilables à cette tendance qui privilégie la

⁶³² Nous reproduisons l'image paraissant sur le site de la Flowers Gallery à l'adresse : <https://www.flowersgallery.com/artists/286-michael-benson/works/155342-michael-benson-frosted-mars-dunes-in-winter-mars-reconnaissance-orbiter/> [consulté le 16 juin 2020]. La taille de la photographie est bien plus grand que notre reproduction (68.6 x 254 cm), mettant mieux en lumière le détails et l'effet qu'elle peut provoquer chez l'observateur. Elle paraît aussi dans l'ouvrage : BENSON, *op.cit.*, p. 90-91.

contemplation de la composition artistique à la réception de l'aspect documentaire ou didactique⁶³³.

Bien que moins prononcé dans son effet esthétique, un discours similaire peut être proposé au sujet de la première image de Benson que nous avons examinée (Fig. 5.4 *Carina Nebula*), où des teintes allant du violet au rouge foncé et du bleu au noir, forment des taches, des volumes et des filaments qui se montrent comme un énorme nuage de gaz et de poussière en mouvement. Bien que cette image se situe entre ces deux pôles, l'un à caractère illustratif et l'autre à caractère esthétique, elle résume en elle les caractéristiques que nous avons décrites comme susceptibles de renvoyer à *quelque chose d'autre*. Ce facteur, qui contribue au passage du caractère illustratif au caractère plus esthétique, nous l'avons identifié avec la capacité de la composition à constituer une œuvre plastique en soi autonome, pouvant renvoyer l'observateur vers l'appréciation des rythmes, couleurs, proportions ou formes qui se détachent d'un référent figuratif notoire au même titre qu'une œuvre d'art picturale contemporaine non figurative. Lorsqu'on a affaire à ce genre de photographie astronomique, le caractère illustratif intervient dans un deuxième temps, notamment quand la lecture du titre nous éclaire sur son objet. Ainsi, une fenêtre s'ouvre sur ce monde inconnu et nous instruit sur les formes qui le définissent renvoyant souvent à un effet d'émerveillement, de prodigieux et de grandiose. De la sorte, la photographie peut se réclamer d'un double statut : l'un d'œuvre non figurative qui le rapproche du monde de l'art contemporain ; l'autre d'un document qui nous informe sur l'objet de sa représentation. Ces deux conditions qui coexistent dans la même image se renforcent mutuellement déterminant la qualité esthétique de ce type de photographie.

⁶³³ À titre d'exemple sur le même sujet de la photographie de Benson, voir l'image paraissant à l'adresse internet de la NASA : <https://www.nasa.gov/image-feature/frosted-dunes-on-mars> [consulté le 17 juillet 2020]. Dans les photographies de Benson cette tendance est présente, même si moins prononcée, dans : *Ground Fog in Valles Marineris* d'après les images captées par Mars Express en 2004, et *Phobos High Above Herschel Impact Basin*, d'après les images captées par Viking Orbiter 1 en 1977. Ces deux photographies sont présentes dans l'ouvrage BENSON, *Otherworlds*, *op. cit.*, respectivement p. 83 et p. 89.

Chapitre 6 : L'interprétation artistique de la science

6.1 De l'intérêt pour la science

Dans le panorama artistique actuel, nombreuses sont les œuvres qui manifestent un lien plus ou moins strict avec la recherche ou l'imagerie scientifique⁶³⁴. Dans ce chapitre nous allons prendre en considération deux artistes dont la démarche et les finalités semblent s'opposer, mais qui ont en commun un vif intérêt pour les découvertes et les contenus de la science ainsi que leur processus de mise en image.

L'imagerie spécialisée destinée à la communauté des scientifiques oppose une résistance consistante à la compréhension de son contenu et par conséquent à la découverte de l'aspect du monde qu'elle recèle. La codification employée dans la mise en image des observations et l'emploi d'instruments sophistiqués (comme le microscope électronique) sont autant de facteurs qui limitent l'accès direct à leur contenu et repoussent les tentatives de compréhension pour l'observateur ordinaire non pourvu d'une préparation spécifique. Pourtant, la littérature scientifique avec son imagerie propre fournit l'outil qui permet d'accéder à la connaissance des mondes qui sont demeurés depuis toujours inaccessibles à une observation directe. Ainsi, par exemple, la matière compacte qui compose les objets communs que nous touchons et manipulons tous les jours, peut être conçue d'une autre manière, c'est ce que nous indique la chimie. Au premier regard (visible) et à la première sensation tactile qui nous conduisent à imaginer qu'une substance est solide et bien remplie, nous pouvons substituer une conception, cette fois-ci provenant des expériences et des théories chimiques, qui indique que la même substance est composée par de grands espaces vides où un réseau bien ordonné et stable de petites entités, appelées atomes, déterminant les propriétés que nous voyons et touchons⁶³⁵. Cette autre manière de concevoir est tout aussi fiable et valide que l'idée sortie de notre première perception mais intervient dans le monde de l'infiniment petit.

⁶³⁴ Pour en avoir un aperçu voir l'ouvrage : MILLER, Arthur I. *Colliding worlds: how cutting-edge science is redefining contemporary art*. Ebook, Norton & Company, Inc. New York, N.Y. (Etats-Unis) ; voir aussi la revue : « Leonardo », éditeur MALINA, Roger F., fondée en 1968, Cambridge, Massachusetts (Etats-Unis) : MIT Press, disponible en ligne à l'adresse : <https://www.mitpressjournals.org/loi/leon> [consulté le 29 juillet 2020].

⁶³⁵ L'opposition entre espace vide et plein dans la matière au niveau atomique est au centre des intérêts de l'artiste Julian Voss-Andreae. Il s'interroge sur la perception de la réalité et sur la dualité onde-particule en créant des sculptures qui apparaissent pleines de matière si elles sont vues d'un angle spécifique alors qu'elles apparaissent vides et semblent disparaître lorsqu'on se déplace pour les observer. Voir notamment la sculpture *Quantum Woman* in : VOSS-ANDREAE, Julian. *Quantum Sculpture: Art Inspired by the Deeper Nature of Reality*. Leonardo [en ligne]. Février 2011, Vol. 44, n° 1, p. 14-20. [Consulté le 4 novembre 2019]. DOI 10.1162/LEON_a_00088

Cependant, ce n'est pas tant la fiabilité qui est susceptible d'attirer l'attention des artistes et qui d'ailleurs n'est pas généralement remise en discussion. Il est plutôt question que la science est en mesure de fournir une *vision* autre et tout aussi originale – pour ne pas dire artistique – de la réalité, possédant la même force bouleversante et le même impact déstabilisant qu'une œuvre picturale pourrait avoir sur l'observateur. Par cette vision déstabilisante et surprenante que le discours scientifique est à même de produire dans l'imaginaire, on peut instituer une analogie avec le discours artistique dans la mesure où les deux contribuent à offrir des représentations qui secouent la notion de réalité généralement établie par le monde visible. En ce sens, aux yeux d'un artiste l'effet que suscitent une conception scientifique et l'image qui lui est associée, peut avoir le même intérêt et la même valeur qu'une œuvre artistique.

De plus, les observations scientifiques, soutenues aussi par l'imagerie de vulgarisation, permettent de découvrir toute une variété d'êtres vivants qui surgissent du monde microscopique et font leur apparition pour la première fois dans le monde à notre échelle. De manière similaire, les divers matériaux et plus généralement la substance cachée de la matière se précise et se révèle aux microscopistes, et grâce à eux à nous tous. À l'échelle opposée, l'astronomie révèle un univers insoupçonné, riche de planètes, étoiles, corps et phénomènes extrêmement variés et insolites. Les deux extrêmes convergent dans l'intérêt pour des formes qui sont nouvelles et qui racontent les mondes invisibles⁶³⁶.

Les deux artistes, dont nous allons examiner les œuvres, gardent le même intérêt et la même fascination pour la science. Néanmoins, ils assimilent ses notions de manière différente : l'une est plus encline à fournir une interprétation personnelle qui correspond à sa sensibilité artistique, l'autre s'applique à construire un type de visualisation qui puisse fournir un outil susceptible de soutenir la recherche scientifique. Tous les deux contribuent pour autant à élaborer des œuvres à partir d'une inspiration provenant directement du monde de la science et témoignent de deux positions distinctes qui sont répandues dans le panorama artistique actuel.

⁶³⁶ Dans cette direction le propos de l'artiste Caroline Corbasson semble pouvoir s'interpréter. Propos recueillis dans l'émission Podcast Science 247 – Roue libre avec Caroline Corbasson – Art et Astronomie, 17/02/2016, 1 h. 06 min. 21 sec., disponible à l'adresse : <https://www.podcastscience.fm/emission/2016/02/17/podcast-science-247-roue-libre-avec-caroline-corbasson-art-et-astronomie/>. [consulté le 31 juillet 2020]. 4 min 40 sec. et à partir de 36 min. 20 sec. Il ne nous a pas été possible de trouver les noms des intervieweurs. Pour plus d'information voir : <https://www.podcastscience.fm/about/> [consulté le 31 juillet 2020].

6.2 Caroline Corbasson ou la libre interprétation de la science

L'artiste plasticienne Caroline Corbasson naît à Saint Etienne en 1989⁶³⁷. Elle reçoit une formation aux Beaux-Arts de Paris et au *Central Saint Martins College of Art and Design* de Londres. Cette double formation a probablement joué un rôle considérable dans son parcours, non seulement pour acquérir la maîtrise des outils techniques nécessaires à la réalisation des œuvres, mais elle a sans doute contribué à consolider le goût personnel de l'artiste en liaison avec les tendances actuelles de l'art. En effet, une propension affichée dans les expositions avant-gardistes de notre temps, comme les diverses Biennales, et assumée par les artistes qu'y participent, consiste à donner moins d'importance à la beauté communément et conventionnellement admise. Conçue comme l'aspect plaisant d'un objet qui suscite immédiatement des sensations agréables à la vue et, de ce fait, donnant lieu à un jugement esthétique, ce genre de beauté est généralement refusée. Elle est pourtant encore présente dans certaines mentalités actuelles et semble dériver d'une vision traditionnelle et un peu nostalgique de l'art⁶³⁸, qui veut que certains éléments de l'œuvre, comme les bonnes proportions des formes et des volumes des figures, les couleurs bien assorties et les sujets dignes d'être mis en image, tels que des personnages, des paysages ou des natures mortes, garantissent une qualité artistique recevable. La résistance qu'une partie du public manifeste vis-à-vis des expériences plus avant-gardistes de notre temps se nourrit d'un sentiment d'incompréhension par la perte des valeurs plastiques classiques qui ont largement dominé pendant des siècles dans les arts et ont contribué à forger un goût commun. Ce dernier peut encore trouver une bouée de sauvetage rassurante chez certains artistes dont l'œuvre évoque, soit fortuitement soit volontairement, des sujets reconnaissables⁶³⁹ qui rappellent certains éléments d'œuvres traditionnelles, mais il est généralement emporté par les flots tumultueux qui agitent la recherche artistique contemporaine.

Sans parvenir à des expériences extrêmes, comme nous les avons rencontrées dans le Bio Art par exemple, Corbasson se situe dans les recherches artistiques contemporaines qui

⁶³⁷ Ces informations biographiques sont contenues sur le site de l'artiste disponible à l'adresse : <https://carolinecorbasson.com/about/> [consulté le 31 juillet 2020].

⁶³⁸ Cette vision hérite d'une tradition figurative européenne que l'on pourrait qualifier de *moderne* suivant la période historique qui commence avec la Renaissance au XV^e siècle pour s'achever vers la fin du XIX^e siècle. Dans le rendu figuratif des œuvres, des éléments traditionnels survivent au long du XX^e siècle jusqu'à nos jours. Voir note suivante et cf. chapitre 2 paragraphe 2.1.7.

⁶³⁹ Dans le vingtième siècle on peut rappeler le célèbre « retour à l'ordre », dans l'entre-deux-guerres, par des artistes comme André Derain (*Arlequin et Pierrot* de 1924) et Carlo Carrà (*La figlia di Loth*, 1919). D'autres artistes comme l'autrichienne Maria Lassnig (1919-2014), l'espagnol Antonio López García (né en 1936), l'italien Pietro Annigoni (1910-1988), ou le britannique d'origine allemande Lucien Freud (1922-2011), bien que non rassurant dans le contenu de leurs œuvres, car ils expriment souvent solitude, abandon, violence, ils utilisent une manière encore figurative et plus facilement compréhensible.

manifestent un désintéret pour une forme de beauté immédiatement accessible. Déjà dans ses premiers travaux comme les sérigraphies *Phosphor* de 2012⁶⁴⁰ (fig. 6.1), les images astronomiques qui capturent la surface du Soleil sont traitées de manière à enlever toute couleur pouvant renvoyer à une forme d'attrait facile et direct, pour proposer une beauté plus réfléchie, des aspects inusuels et une vision astronomique moins conventionnelle. Ainsi l'image joue-t-elle seulement sur le contraste entre des noirs foncés et des blancs lumineux obligeant l'observateur à se concentrer uniquement sur les formes qui émergent de l'opposition chromatique.

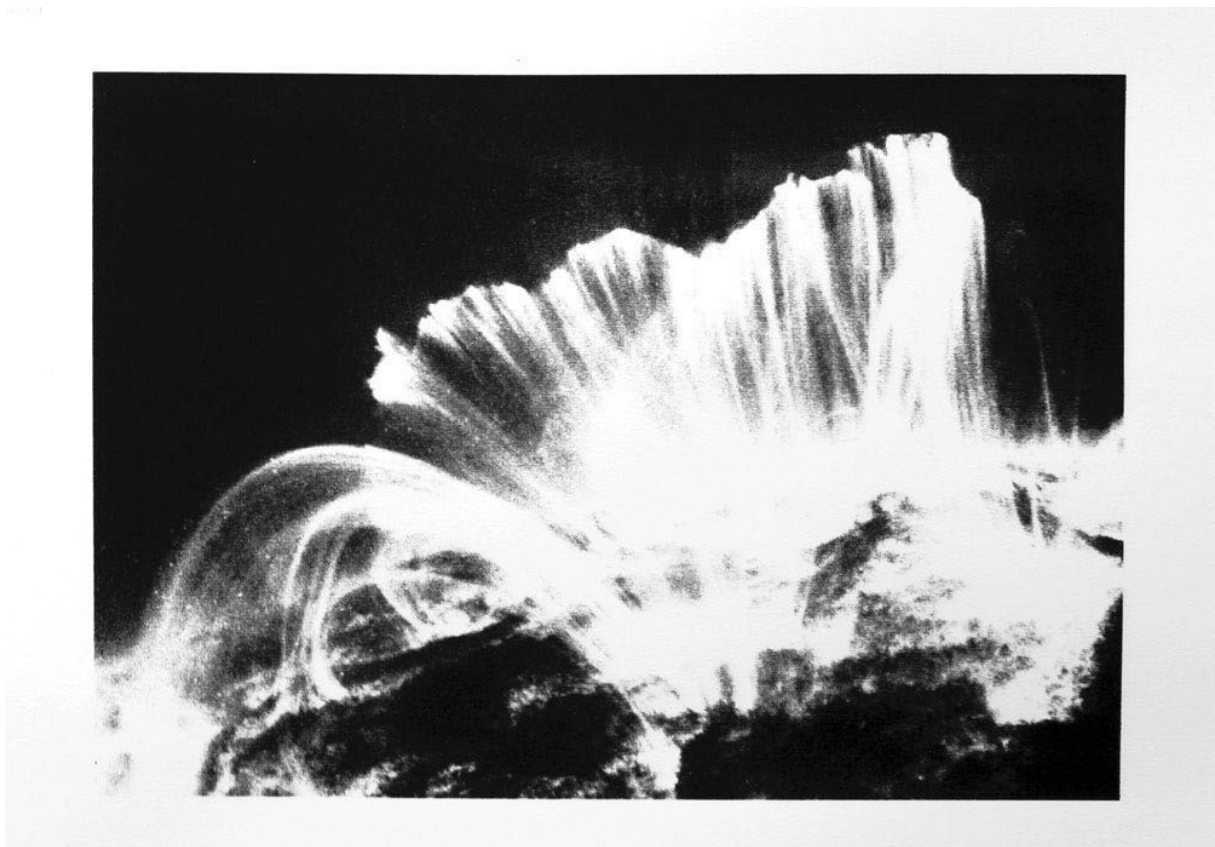


Figure 6.1, *Phosphor* par Caroline Corbasson, sérigraphie sur papier, 2012.

Brouillant les pistes qui nous conduiraient à reconnaître des explosions solaires, caractérisées par des jets scintillants en forme de boucle que la matière emprunte pour surgir et retomber ensuite sur la surface de l'étoile, l'image perd le caractère illustratif et

⁶⁴⁰ L'image que nous reproduisons provient du site de l'artiste à l'adresse : <https://carolinecorbasson.com> [consulté le 5 août 2020]. Cette image semble renvoyer à celle capturée par le satellite TRACE de la NASA disponible à l'adresse : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Éruption_solaire#/media/Fichier:Solar_flare_\(TRACE\).gif](https://fr.wikipedia.org/wiki/Éruption_solaire#/media/Fichier:Solar_flare_(TRACE).gif) [consulté le 5 août 2020].

documentaire pour acquérir une dimension esthétique. Ainsi les figures sont censées constituer un nouvel ordre plastique autonome dissocié de leur origine physique et observationnelle. Elles peuvent maintenant se livrer à tout type d'association par similitude des formes avec d'autres figures, par évocation des souvenirs avec d'autres photographies et images, ou elles construisent un ensemble d'éléments visuels qui présentent un intérêt esthétique *per se*. Ces trois aspects suivent un processus de *dissociation*, par rapport à leur document photographique d'origine, similaire à celui adopté par Benson dans la figure 5.17⁶⁴¹. Cependant, dans l'œuvre de Corbasson nous perdons deux composantes fondamentales présentes chez le photographe américain et caractérisant la photographie astronomique retouchée : l'effet chromatique riche et varié qui attire l'attention esthétique et qui contribue à définir l'objet représenté ; et le caractère d'admiration qui provient de la contemplation d'un *paysage naturel* dans l'univers, même si cela est quelquefois dévoilé seulement dans un second temps grâce aux informations sur l'image photographique.

Une lecture uniquement formelle ne saurait rendre compte de l'œuvre de l'artiste française. La figure provenant d'une vue astronomique, une fois délivrée de son attache documentaire d'origine, se prête à d'autres significations par des allusions subtiles ou manifestes. Dans *Collapse*⁶⁴² de 2017 (fig. 6.2), l'objet de la représentation est encore au départ une image de l'univers montrant la nébuleuse appelée *Tête de cheval* et connue aussi sous le nom *Barnard 33*⁶⁴³.

⁶⁴¹ Dont le titre est *Frosted Mars Dunes in Winter, Mars Reconnaissance Orbiter, November 26, 2006*. Voir p. 274.

⁶⁴² Cette œuvre est reproduite à partir d'une image paraissant sur le site de la Galerie Laurence Bernard de Genève à l'adresse : <http://www.galerielaurencebernard.ch/caroline-corbasson> [consulté le 5 août 2020]. Nous avons retiré la partie peu informative en haut de la photographie où apparaissaient le toit et les néons de la pièce.

⁶⁴³ L'image modifiée de Corbasson semble provenir de celle captée par le Very Large Telescope (VLT) et reproduite sur le site de l'European Southern Observatory (ESO) à l'adresse : <https://www.eso.org/public/france/images/eso0202a/> [consulté 5 août 2020].



Figure 6.2, *Collapse* par Caroline Corbasson, sérigraphie à l'encre chrome sur aluminium dibond noir, 2017.

Comme dans l'œuvre précédente, Corbasson prend à contre-pied la tendance des images astronomiques qui célèbrent l'aspect magnifique et plein de grandeur⁶⁴⁴ et qui pourrait émerger aussi de ce gigantesque nuage de poussière et de gaz. De cet objet céleste, elle fait ressortir le côté obscur, l'aspect monstrueux⁶⁴⁵, le spectacle d'une tête de cheval qui est sur le

⁶⁴⁴ Comme nous les avons vu dans le chapitre 5, paragraphe 5.6.

⁶⁴⁵ Caroline Corbasson dit : « J'ai été attirée par cette image de la nébuleuse [...] parce qu'elle avait un côté un peu inquiétant, déroutant, elle avait un aspect un peu monstrueux ». Propos recueillis par Aude Lavigne dans Art et astronomie : poussières d'étoiles par Caroline Corbasson, in Les Carnets de la création, émission radiophonique du 26/04/2017, 5 min. 38 sec. Émission que l'on peut réécouter sur le site de France Culture à l'adresse : <https://www.franceculture.fr/emissions/les-carnets-de-la-creation/art-et-astronomie-poussieres-detoiles-par-caroline-corbasson> [consulté le 31 juillet 2020]. 1 min 42 sec.

point de se présenter sous des traits difformes, hideux. Par le réel, elle établit un pont avec la peur et l'irréel. On assiste à l'irruption d'une figure insolite presque menaçante mais, par sa forme de départ, elle n'arrive pas encore à évoquer le fantastique, à rompre avec les lois physiques admises et à reconstituer un récit où « le surnaturel apparaît comme une rupture de la cohérence universelle⁶⁴⁶ », comme on le voit dans le tableau célèbre de Johann Henrich Füssli, *Le Cauchemar* (1781)⁶⁴⁷. La figure de Corbasson ne semble pas en mesure de briser le lien qui l'affranchirait complètement de sa référence originelle, physique et astronomique, pour constituer un être indépendant et souverain, suffisamment formé et fort pour mener une incursion dans notre monde, nous laissant un doute ou une hésitation de présence surnaturelle⁶⁴⁸. L'artiste française s'arrête juste un pas avant : la perception de la figure fantomatique est presque prête à se concrétiser et à émerger d'un nuage de poussière mais elle joue encore avec l'indéterminé, elle se débat encore pour trouver son premier cri de naissance. Il s'agit moins d'une hésitation que d'une volonté de faire dialoguer la dimension imaginative avec son apparence physique. La technique utilisée souligne cet entre-deux-mondes : l'image est sérigraphiée et l'emploi de l'encre chrome la rend sensible aux reflets de la lumière pour créer un effet d'apparition et disparition en fonction de la luminosité ambiante.

Les deux œuvres examinées mettent en évidence la démarche d'appropriation d'un document scientifique qui ne consiste pas à reproduire le phénomène physique sous une autre forme, mais il est plutôt question de proposer une vision nouvelle porteuse de nouveaux contenus esthétiques. À la vue d'une photographie astronomique, dans une discussion avec un scientifique sur le thème de sa recherche, ou en examinant un instrument dans un laboratoire ou encore dans un observatoire, l'artiste ne cherche pas à illustrer ce qu'elle apprend, mais elle sort toutes ces informations de leur contexte pour en faire une lecture à marge, pour donner une vision qui établit des liens inattendus, un sens insoupçonné. Plus qu'à l'explication du contenu d'une notion, dans l'imagerie scientifique l'artiste s'applique à chercher son mécanisme d'élaboration, la manière que les scientifiques ont employée pour concrétiser leur

⁶⁴⁶ Roger Caillois, dans un texte intitulé *De la féerie à la science-fiction* contenu dans son *Anthologie de la littérature fantastique*, écrit « [...] dans le fantastique, le surnaturel apparaît comme une rupture de la cohérence universelle. Le prodige y devient une agression interdite, menaçante, qui brise la stabilité d'un monde dont les lois étaient jusqu'alors tenues pour rigoureuses et immuables. Il est l'impossible, survenant à l'improviste dans un monde d'où l'impossible est banni par définition. » in MALRIEU, Joël. *Le fantastique*, cinquième éd. Paris, Hachette, 2001. Collection Contours littéraires, p. 40.

⁶⁴⁷ Cette peinture correspond mieux à la définition de Pierre-Georges Castex à propos du fantastique lorsqu'il écrit : « Le fantastique ne se confond pas avec l'affabulation conventionnelle des récits mythologiques ou des féeries, qui implique un dépaysement de l'esprit. Il se caractérise au contraire par une intrusion brutale du mystère dans la vie réelle ; il est lié généralement aux états morbides de la conscience qui, dans les phénomènes de cauchemar ou de délire, projette devant elle des images de ses angoisses ou de ses terreurs. » Citation parue in MALRIEU, *op.cit.*, p. 38-39. Cf. la peinture de Füssli dans le chapitre 5 paragraphe 5.4.

⁶⁴⁸ Voir la théorie du fantastique de Tzvetan Todorov citée in MALRIEU, *op.cit.*, p. 42-45, voir en particulier p. 42.

objet d'étude. Elle met en valeur le procédé de mise en image, la liaison entre signifiant et signifié, comme si elle chercherait à saisir la technique secrète d'un peintre, pour l'étudier, se l'approprier et la dépasser⁶⁴⁹.

Ainsi l'émerveillement devant le spectacle de l'univers ne se traduit pas de manière immédiate dans un registre visuel qui suscite le merveilleux, en tant qu'effet esthétique recherché, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent pour la micrographie⁶⁵⁰. L'émerveillement n'est pas affiché, ni exhibé dans ses œuvres, en revanche il est le moteur qui motive sa démarche artistique. Il agit secrètement, confiné dans la pensée de l'artiste et, par voie souterraine, il éveille l'impulsion artistique⁶⁵¹. Il se traduit par une quête constante, perpétuelle⁶⁵², qui veut conduire à un sens non plus objectif, extérieur, physique ou naturel, mais un sens intérieur constitué par des allusions, par des connexions entre les choses, par des idées révélatrices de vérités intimement ressenties.

Les contenus de l'œuvre de Corbasson ne veulent pas rivaliser avec les théories ou les notions scientifiques, comme si l'une et l'autre devaient s'affronter sur le terrain de la vérité. Il s'agit d'offrir une vision personnelle qui traduit des accidents, des croisements, des correspondances dérivées des rencontres avec des événements naturels et avec des expériences scientifiques. La nature et l'imagerie scientifique ont ainsi le pouvoir de garder le sens de quelque chose de plus vaste, complexe et mystérieux qui interroge l'artiste⁶⁵³. Dans un petit grain de poussière on peut voir un lien avec les origines de la vie⁶⁵⁴, du fait que sous l'effet de la gravitation la poussière et le gaz interstellaire auraient formé le soleil et les planètes qui lui tournent autour, et donc la Terre, préparant ainsi les bases de la vie⁶⁵⁵. Alors, observer au microscope un grain de poussière signifie entrer en contact avec l'origine de la vie et avec la genèse des éléments qui nous entourent et dont nous sommes faits. L'observer signifie aussi tenter de percer ses secrets et trouver qu'il s'est sans doute déposé sur Terre à partir d'une météorite qui venait d'un ailleurs très lointain après un voyage obscur et énigmatique. Faire apparaître ces mystères, évoquer des relations et des analogies, et les mettre en image, a conduit l'artiste à produire des œuvres comme *Lunarama*⁶⁵⁶ (2019).

⁶⁴⁹ Voir Annexe 3 Caroline Corbasson, lignes 126-142.

⁶⁵⁰ Chapitre 5. Voir en particulier le paragraphe 5.3.

⁶⁵¹ Voir Annexe 3 Caroline Corbasson, lignes 144-149.

⁶⁵² Voir à ce propos le court métrage *Atacama* (2017) et *A ta recherche* (2019) dont un aperçu est disponible sur la site de l'artiste à l'adresse : <https://carolinecorbasson.com> [consulté le 5 août 2020]. À ce sujet voir également lignes 68-96 et lignes 215-272 in Annexe 3 Caroline Corbasson.

⁶⁵³ *Id.*, lignes 354-367.

⁶⁵⁴ *Id.*, lignes 270-272.

⁶⁵⁵ Voir : PROUST, Dominique, Planétaires systèmes, Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 2 août 2020. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/systemes-planetaires/>.

⁶⁵⁶ Œuvre produite sur le thème de la Lune pour la Cité des sciences et de l'industrie de Paris et qui a fait l'objet d'une exposition du 26 mars au 22 septembre 2019. Nous allons examiner la vidéo d'une durée de 12 min. 37 sec. qui a fait partie de cette exposition et qui est consultable sur le site de l'artiste et sur la plate-forme vidéo VIMEO

Dans cette vidéo d'une douzaine de minutes, l'artiste plonge le spectateur dans une ambiance en noir et blanc, légèrement violet, aseptisée, débarrassée de tout contact avec des créatures vivantes, où les images immobiles défilent les unes après les autres comme dans le séquençage d'un microscope électronique. Un fond sonore plutôt uniforme, comme un bruit de fond d'un site industriel éloigné, contribue à construire une atmosphère suspendue, concentrée sur les images qui coulent régulières, de temps en temps secouée par de petites interférences électromagnétiques. D'abord des surfaces neutres et monochromes s'affichent, bruitées par de la « neige » sombre, comme si l'instrument qui les produit devait se stabiliser et se mettre au point. Doucement, photogramme après photogramme, on commence à apercevoir des formes. Soudainement le détail d'un objet se montre, on dirait un corps microscopique, clair sur un fond sombre, mais il ne dévoile pas sa nature (fig. 6.3). Ensuite de nouvelles formes s'affichent (fig. 6.4). S'agit-il d'une montagne vue par un télescope dans une planète éloignée ou d'une colline paraissant dans une comète qu'une sonde a survolée⁶⁵⁷ ? Ou alors sommes-nous devant un objet microscopique dont on dévoile la surface ? L'ambiguïté demeure. Nous sommes alors tentés d'y voir plus clair et de mieux examiner les détails, mais la nature de l'image pixélisée composée par une graine épaisse fait obstacle nous empêchant de cerner exactement le type d'objet que nous avons en face. Les nouveaux points de vue succèdent, des nouveaux angles s'affichent, il y a des agrandissements sur des étendues. Les superficies semblent rugueuses et des aspérités se montrent. La musique crée un effet de suspens et entretient le mystère. Autour de la septième minute et demie, les images se brouillent, trop pixélisées pour reconnaître quoi que ce soit. Est-ce un message de l'artiste qui nous indique qu'il ne faut pas chercher la solution dans les détails ou bien est-ce à nouveau l'instrument qui veut se régler à nouveau ? Quelques photogrammes après, nous avons des cailloux ou des pierres dans un paysage aride presque lunaire, ensuite des formes courbes s'installent dans un ciel étoilé et sombre, comme les traces de nuages poussés par le vent (fig. 6.5). Vers la fin encore des roches, des cailloux ou des cristaux, quelquefois rapprochés par zooms successifs, quelquefois aux allures d'un paysage rocheux, pourraient nous conduire enfin vers la solution mais il n'en est rien car nous restons dans le doute.

à l'adresse : <https://vimeo.com/385996918> [consulté le 5 août 2020]. Pour plus de détails voir le communiqué de presse de la Cité des sciences et de l'industrie de Paris

à l'adresse : http://www.cite-sciences.fr/fileadmin/fileadmin_CSI/fichiers/vous-etes/professionnel/presse-media/cp/CP_SCACTU_CSI.pdf [consulté le 5 août 2020].

⁶⁵⁷ Comme le genre image parvenu sur Terre de la sonde Rosetta de l'ESA durant l'exploration de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. À titre d'exemple voir l'image paraissant sur le site de la NASA à l'adresse : <https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=pia18867> [consulté le 5 août 2020].

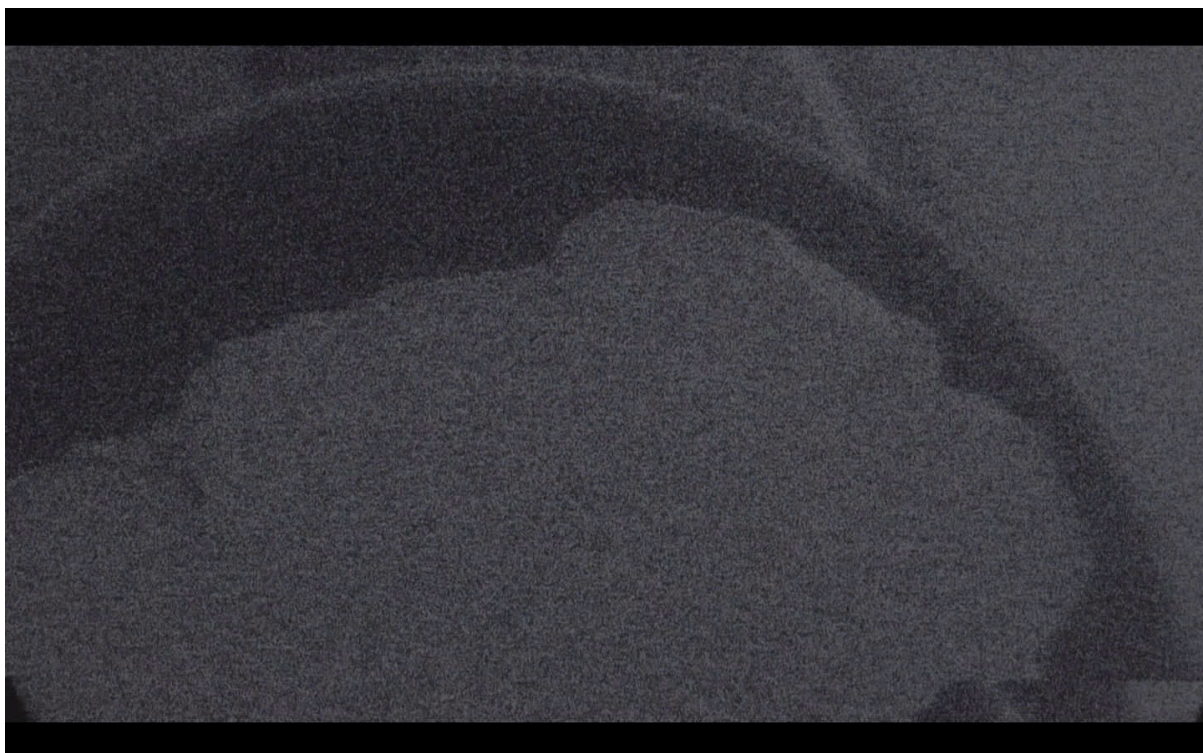


Figure 6.3, *Lunarama* par Caroline Corbasson, vidéo, 2019. Photogramme 0 min 37 sec.

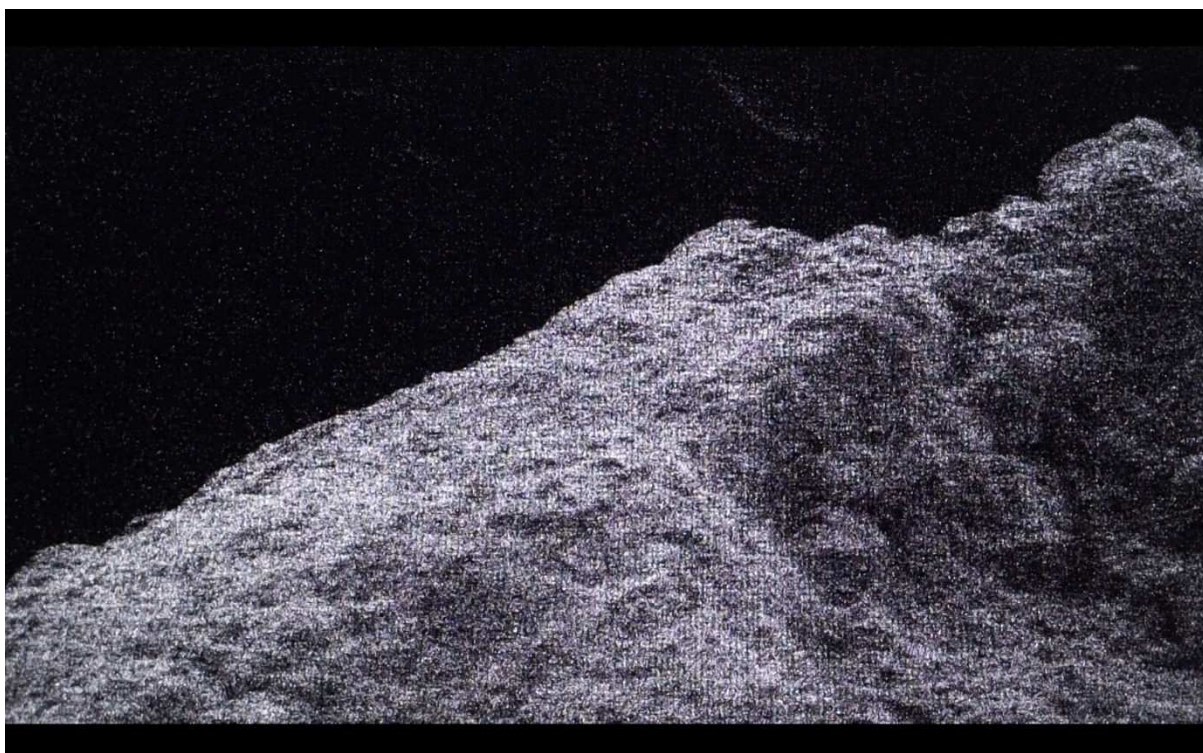


Figure 6.4, *Lunarama* par Caroline Corbasson, vidéo, 2019. Photogramme 5 min. 39 sec.

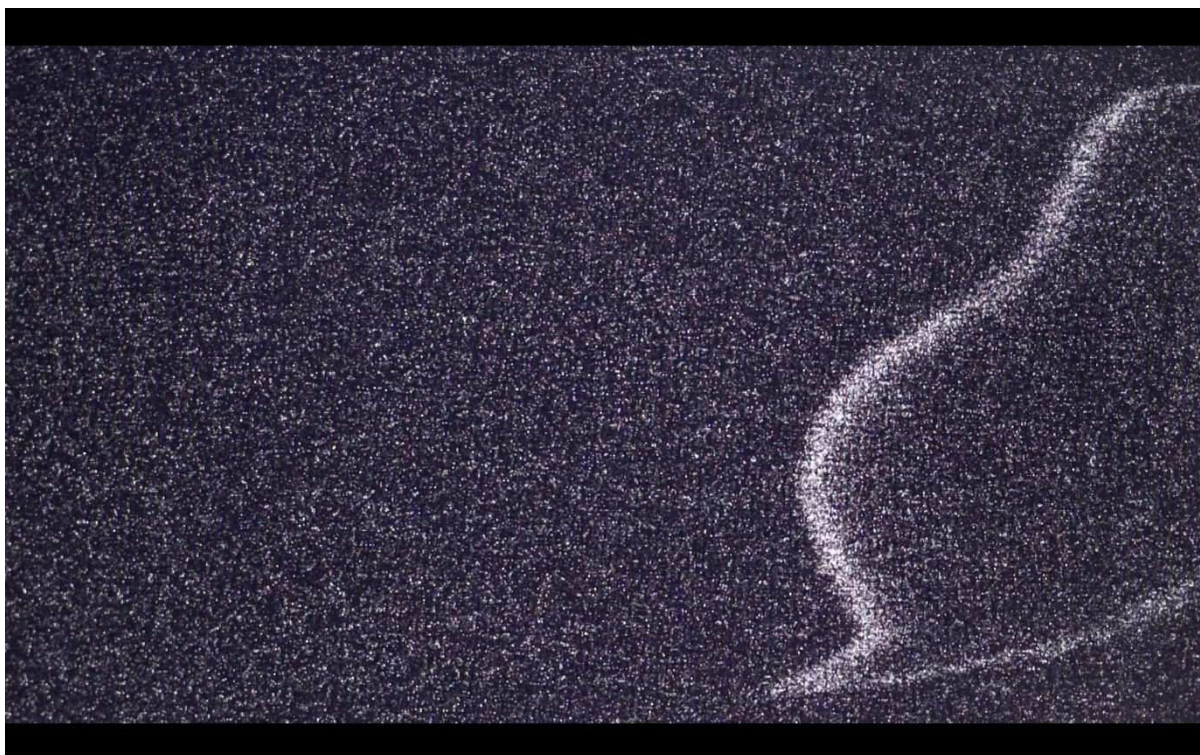


Figure 6.5, *Lunarama* par Caroline Corbasson, vidéo, 2019. Photogramme 8 min. 50 sec.

« Je pense que l'art c'est aussi une sorte de prisme à travers lequel on regarde la nature d'une autre manière⁶⁵⁸ » nous dit l'artiste. Et nous découvrons que cette œuvre dérive d'une série d'observations produites par un microscope électronique sur une petite météorite lunaire⁶⁵⁹. Celle-ci a fait partie de l'exposition, à côté de la vidéo, exhibée dans une vitrine avec des loupes pour pouvoir l'examiner. Ainsi la signification se précise davantage, l'analyse de la structure interne d'un petit fragment de la Lune, observée au microscope électronique à balayage, qui nous révèle ses paysages, ses surfaces rugueuses et ses petits cailloux, nous renvoie aussi à la superficie lunaire, à ses roches et à ses terrains. Par un petit échantillon on redécouvre notre satellite, sa matière et des nouvelles formes qui lui appartiennent. Une sorte d'écho⁶⁶⁰ s'établit ainsi entre la dimension microscopique de l'échantillon et celle macroscopique de la lune visible par télescope : les deux mondes se confrontent, suggèrent des liens entre leurs formes et leur composition commune.

L'œuvre de Corbasson met en lumière son intérêt pour l'imagerie scientifique. Malgré la première impression qui ressort de ses images vidéo, il n'y a pas de but documentaire et l'absence de précision de l'image pixélisée semble conforter cette idée. Il y a plutôt une plongée

⁶⁵⁸ Voir annexes 3 Caroline Corbasson, lignes 93-94.

⁶⁵⁹ Voir le site de l'artiste et l'œuvre sous l'écriture : *Lunarama* 2019 (<https://carolinecorbasson.com>) et le communiqué de presse de la Cité des sciences et de l'industrie de Paris, *op.cit.*

⁶⁶⁰ Voir annexe 3 Caroline Corbasson, lignes 58-62.

dans les formes intimes de la matière, une volonté de percer leurs secrets, plus par évocation du côté étrange et inattendu que par la recherche de détails qui pourraient nous éclairer sur sa composition. Il semble y avoir une tendance à faire sortir ces formes de leur contexte et leur conférer dimension autonome, une beauté qui ressort des caractères étranges des images par la mise en détail d'aspects insoupçonnés.

La description que nous avons faite de l'œuvre *Lunarama*, en tant qu'observateur privé de toute connaissance sur son contenu, en rapport à sa lecture éclairée par l'intention de sa productrice, dévoilée par la suite, suscite une interrogation sur le rôle que peut jouer l'interprétation. Y a-t-il nécessité de fournir une explication pour mieux comprendre l'œuvre d'art ? Autrement dit, l'appréciation de l'objet artistique est-elle soumise à sa compréhension par le propos de l'artiste ? Ou bien le fait d'ignorer son propos peut-il nous conduire à des chemins de la pensée plus fructueux ?

Si par compréhension nous entendons les propos de l'artiste⁶⁶¹ qui peuvent nous fournir des informations sur l'œuvre, son but, son mode de construction et l'histoire de sa genèse, la position de Caroline Corbasson est claire : une œuvre d'art peut vivre sans explications⁶⁶² et peut ne pas être tributaire de celles-ci. Ce point de vue, répandu parmi les artistes, laisserait libre cours à l'imagination et aux jeux d'associations d'idées pour réinventer l'objet de la représentation. Le sens deviendrait ainsi le produit d'un rapport personnel qui s'établit uniquement entre l'œuvre et l'observateur. Ce dernier peut se limiter à construire une signification circonscrite et déterminée, fruit d'une sensibilité esthétique à lui propre, mais c'est surtout son pouvoir d'imagination et d'allusion qui deviendrait potentiellement illimité. Il assumerait presque le rôle d'un deuxième artiste pouvant attribuer tout type d'idée, créant tout type d'histoire et de récit pouvant se rapporter à l'objet artistique, explorant par son imaginaire chaque chemin qui sort d'une pensée sur l'œuvre. Sa limite correspondrait ainsi à sa capacité inventive selon une condition que nous avons rencontrée dans l'*intentio lectoris*⁶⁶³. Certes, cet exercice herméneutique aux horizons très vastes est une position que l'on peut toujours assumer pour apprécier une œuvre, mais il peut être tout aussi fécond dans le rapport art science suivant un processus de connexion entre images et concepts appartenant à ces deux disciplines très distantes. Une image par exemple scientifique peut être assimilée dans un

⁶⁶¹ Nous écartons la lecture qui pourrait être faite par un historien de l'art ou un connaisseur (galeriste, expert ou critique) qui interviendrait dans le rapport direct entre l'œuvre et l'observateur. Ce genre de lecture, bien qu'importante pour une meilleure connaissance de l'objet artistique, ouvrirait d'autres pistes de réflexion que ne traitons pas dans notre étude.

⁶⁶² Voir : émission Podcast Science 247, *op.cit.*, 24 min. 45 sec. et 25 min 23 sec.

⁶⁶³ En tant que libre interprétation délivrée de l'*intentio auctoris* et surtout non soumise à l'*intentio operis*. Voir chapitre 3 paragraphe 3.5.

contexte artistique pour construire des significations différentes, pour véhiculer des valeurs qui sont chères à un artiste (Bio Art), pour proposer une nouvelle appréhension esthétique (Corbasson).

Depuis plus d'un siècle, le moyen artistique nous a habitués à des appropriations dans tous les domaines du savoir et de la technique, même ceux qui semblent contredire l'idée de l'art, comme l'urinoir de Duchamp (*Fontaine*⁶⁶⁴, 1917), et ceux qui sont produits avec les matériaux plus simples et communs, tels que l'assemblage de Picasso (*Tête de taureau*⁶⁶⁵, 1942) composé par une selle et un guidon de vélo. Par conséquent, dans ce même parcours d'acquisition des ustensiles et des concepts autrefois étrangers à l'art, peu de gens s'étonneraient aujourd'hui que cette acquisition continue son parcours d'expansion à des thèmes éthique (Bio Art) ou plus strictement scientifiques comme ceux que nous sommes en train d'examiner.

En revanche, il est moins aisé d'admettre que des représentations artistiques peuvent être assimilées ou être employées dans le domaine scientifique. Nous avons pourtant mis en évidence que dans le travail de la biochimiste Richardson l'emploi des motifs et d'œuvres artistiques, comme les méandres des vases grecs anciens ou la pratique de l'origami, est utilisé pour transmettre des informations sur les propriétés des corps invisibles comme les protéines. On pourrait objecter que son but était de vulgariser la science et par conséquent que l'adoption d'un schéma visuel explicatif pouvait être substitué par un autre tout aussi similaire, car c'est plus l'idée générale qu'il fallait privilégier sur la précision du détail demandée par la pratique scientifique, notamment de laboratoire. Cette objection ne saurait être retenue du fait que l'objet et les formes artistiques cités par Richardson se trouvent dans des articles ou des communications destinés à la communauté des spécialistes de la microbiologie. De plus, pour que son explication soit précise et détaillée, l'utilisation et l'exemple de formes artistiques ont été considérés comme une nécessité afin que la compréhension la plus précise et la plus complète parvienne à ses confrères, le superflu et la gratuité de la référence étant peu appropriés dans des articles scientifiques. Par ailleurs, nous avons vu comment une des plus importantes visualisations des protéines a vu le jour dans le domaine de la microbiologie, de la main d'un artiste comme Furugren, peu de temps après avoir fréquenté les Beaux-Arts de Stockholm. Peut-on établir qu'il y a des traits communs entre ces deux types de démarches scientifiques qui impliquent une participation de l'élément artistique ?

⁶⁶⁴ Une réplique est conservée au Centre Pompidou de Paris. Pour plus d'information sur l'œuvre, voir le site du musée à l'adresse : <https://www.centrepompidou.fr/cpv/ressource/cMdzAer/rxnBd7q> [consulté le 6 août 2020].

⁶⁶⁵ Cette œuvre a déjà été traitée à la p. 163.

Difficile d'établir des règles strictes mais la réponse se trouve probablement dans les conceptions de Hughes et Suárez sur les liaisons entre représentation scientifique et artistique⁶⁶⁶. Hughes met en lumière l'importance de la construction d'un sujet secondaire capable de produire un raisonnement de substitution et des informations pertinentes sur la cible de la représentation qui est le sujet primaire. Ainsi, le méandre d'un vase grec ancien peut devenir un sujet secondaire apte à fournir les informations nécessaires à faire comprendre une structure microscopique protéique (sujet primaire) et ses propriétés. Avec plus d'efficacité et de succès, le modèle en ruban construit par un artiste et chimiste depuis des dizaines d'années est employé couramment pour visualiser et étudier les propriétés des protéines. La question ne relève donc pas d'une barrière disciplinaire qui séparerait la visualisation en deux champs étanches l'un à l'autre, elle semble plutôt dériver d'une affaire pratique d'assimilation liée à la recherche de nouveaux types de mise en image concernant les concepts et les propriétés d'un objet. La théorie inférentielle de Suárez nous indique que la *force* d'une représentation repose sur sa capacité à conduire un utilisateur compétent et informé à des considérations sur la cible. Cependant, c'est bien l'utilisation constante faite par les scientifiques et répandue dans un secteur spécifique qui lui permet d'être « fixée et maintenue⁶⁶⁷ » dans les usages. Par conséquent, comme dans tout secteur disciplinaire l'introduction d'un nouveau mode de représentation demande un temps d'adaptation, une éducation du regard, une évaluation de ses fonctions et de ses avantages, une diffusion dans la spécialité afin que ses membres l'admettent comme modèle de référence. Ainsi, même si un scientifique avait l'intuition qu'une représentation artistique pourrait s'adapter et bien traduire des concepts scientifiques, comme l'a fait Richardson, il faudrait que la nouvelle visualisation se fraie un chemin pour se faire comprendre, accepter et entrer enfin dans les usages de la communauté scientifique.

En adoptant une nouvelle visualisation de dérivation artistique, un scientifique emprunterait le chemin le plus libre des interprétations possibles par rapport à son sujet artistique d'origine. Il laisserait libre cours à son imagination pour établir des liens, des analogies formelles ou des correspondances entre la composition artistique et d'autres sujets, par exemple scientifiques, qui lui tiennent à cœur. Les méandres grecs n'ont plus rien à voir avec l'élégance de la décoration d'un vase ancien mais ils peuvent être adaptés pour mettre en lumière une possible visualisation de la structure interne de la protéine. Il ne s'agit plus de situer le sujet dans son contexte d'origine, mais il faut savoir déceler dans l'œuvre les caractéristiques qui peuvent correspondre aux propriétés que le nouveau contexte scientifique exige de mettre en image efficacement. C'est une sorte de détournement par rapport à sa

⁶⁶⁶ Voir chapitre 3, paragraphes 3.2 et 3.3.

⁶⁶⁷ Sujet déjà évoqué à la p. 125.

destination première et une appropriation qui devient productrice de nouvelles significations. Suivant cette direction interprétative, il n'est plus nécessaire de connaître la signification que l'artiste voulait donner à son œuvre ni son contenu d'origine. L'acte inventif se déplace maintenant entièrement sur l'observateur-scientifique qui seul peut trouver les concordances justes entre l'objet artistique et l'objet ou le processus scientifique à mettre en image.

Une deuxième voie pour atteindre la visualisation scientifique par un moyen artistique se dessine dans le produit d'artistes qui ont assimilé des notions scientifiques. Pour ce faire, nous allons étudier le cas de l'artiste Attilio Taverna qui a pour but de construire une visualisation qui puisse contribuer à l'avancement de la recherche scientifique.

6.3 De l'intuition et du langage

Actuellement, nous remarquons qu'est présente une tendance de la pensée⁶⁶⁸ qui semble faire converger art et science dans un même pouvoir de connaissance de la réalité bien que par des moyens différents. Cette tendance veut aussi que les deux domaines puissent se compénétrer au point d'avoir une influence directe l'un sur l'autre et de stimuler la recherche et l'obtention de résultats. Si dans l'art l'assimilation d'images, concepts et démarches scientifiques semble désormais un fait acquis, la situation apparaît plus délicate et bien moins certaine dans le sens inverse. On est souvent confronté à l'idée selon laquelle l'art possède la capacité non seulement de remettre en discussion la réalité mais aussi d'en offrir un regard autre, un point de vue qui nous permet de découvrir des aspects insoupçonnés, une vision apte à nous faire réfléchir sur sa nature profonde et ses correspondances avec nos capacités de compréhension. Grâce à ses qualités d'enquête et au fait qu'il propose continuellement une nouvelle vision du monde, on suppose que l'art peut agir dans la recherche des causes d'un phénomène appartenant à la science ou bien est en mesure de contribuer à susciter une intuition scientifique susceptible d'expliquer des aspects de la réalité. Selon cette dernière position, on serait même conduit à faire correspondre l'intuition artistique à l'intuition scientifique du fait que les deux questionnent la réalité et cherchent des solutions à ses nombreuses énigmes.

Cependant, l'identité des entités que ces deux intuitions interrogent n'est pas assurée. Quand on réfléchit aux célèbres intuitions, comme celle de Poincaré en entrant dans un bus⁶⁶⁹

⁶⁶⁸ Tendance qui se manifeste dans des colloques, des débats ou des émissions comme celle d'Alberganti : L'art contemporain peut-il éclairer le sens de la recherche scientifique ? par Michel Alberganti, du 23/12/2011. 59 min., que l'on peut écouter à l'adresse Internet : <https://www.franceculture.fr/emissions/science-publique/lart-contemporain-peut-il-eclairer-le-sens-de-la-recherche-scientifique> [consulté le 22 août 2020].

⁶⁶⁹ Propos tenus par l'auteur dans son ouvrage : Science et Méthode (1908) et repris par BOHNKE, Georges, Henri Poincaré et la découverte des groupes fuchsien ou la géométrie en action, in *Philosophia Scientiæ*, tome 1, no 4 (1996), p. 97-105. Disponible à l'adresse Internet :

ou celle d'Edwin Schrödinger après un rapport amoureux⁶⁷⁰, au-delà des circonstances particulières dans lesquelles elles se sont produites, elles ne semblent pas pouvoir se référer au même domaine conceptuel qui détermine la recherche artistique. Si l'on considère en particulier l'exemple de Poincaré, il décrit le moment où l'idée a surgi dans son esprit en ces mots :

Au moment où je mettais le pied sur le marche-pied, l'idée me vint, sans que rien dans mes pensées antérieures parût m'y avoir préparé, que les transformations dont j'avais fait usage pour définir les fonctions fuchsiennes étaient identiques à celles de la géométrie non euclidienne⁶⁷¹.

Même s'il y a des facteurs qui semblent extérieurs aux sciences et qui peuvent déclencher une intuition, le mathématicien français raisonne par concepts géométriques, à l'intérieur d'une logique qu'est strictement liée à la géométrie et qui a comme point de départ et d'arrivée des entités appartenant à cette même discipline⁶⁷². Un discours similaire rapporté aux mathématiques, peut être associé au processus de découverte de Schrödinger qui produit une équation pouvant expliquer le comportement des électrons à l'intérieur de l'atome⁶⁷³. Encore une fois, bien que produit dans des circonstances extérieures, son raisonnement fait appel à des connaissances qui sont à l'intérieur d'une dimension uniquement mathématique.

La pensée d'Hubert Reeves va aussi dans cette direction lorsque dans son article *Réflexions à propos des représentations de l'univers*⁶⁷⁴ il soutient que l'idée pouvant expliquer la cause d'un événement inconnu doit rester à l'intérieur d'un système de contrôle et de vérification scientifique. Cette idée, qui devient ainsi une hypothèse, suit le même parcours que celui d'une enquête policière qui doit se recouper étape par étape avec la connaissance des phénomènes naturels que nous possédons.

Pourtant, le scientifique canadien admet que le monde de la physique et de l'astrophysique, ses deux domaines de spécialisations, sont tellement inconnus et présentent

http://www.numdam.org/article/PHSC_1996__1_4_97_0.pdf [consulté le 8 août 2020]. p. 100.

⁶⁷⁰ Voir : PAIS, Abraham. *Inward bound: of matter and forces in the physical world*. Oxford [Oxfordshire] : New York : Clarendon Press ; Oxford University Press, 1986, p. 252. On doit cette référence à l'ouvrage d'Étienne Klein cité ci-dessous.

⁶⁷¹ BOHNKE, *op.cit.*, p. 100.

⁶⁷² *ibid.*

⁶⁷³ KLEIN, Étienne. *Il était sept fois la révolution: Albert Einstein et les autres...*, Flammarion, Paris, 2016. Format e-book, chapitre : *Erwin Schrödinger, l'homme des superpositions*.

⁶⁷⁴ REEVES, Hubert, *Réflexions à propos des représentations de l'univers*, in *Colloque Images technique société, Culture technique n°22 - 1991*, Éd. Centre de recherche sur la culture technique, Neuilly-sur-Seine, France. p. 148-157. Disponible à l'adresse Internet : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/32668/C%26T_1991_22_148.pdf?sequence=1 [consulté le 8 août 2020].

des phénomènes tellement incompréhensibles, qui dépassent nos pouvoirs d'imagination⁶⁷⁵ au point d'autoriser la formulation de tout type d'hypothèses, même les plus étranges, pour être ensuite soumise à la vérification scientifique⁶⁷⁶. Néanmoins les images, notamment celles qui nous sont familières, bien que très utiles pour visualiser et essayer de comprendre les phénomènes du cosmos, présentent la limite de canaliser la pensée sur des chemins simples et souvent approximatifs. De cette façon – poursuit le scientifique – le monde des atomes demeure très difficile à mettre en image correctement et des figures comme des billes, qui ont servi de modèle d'atome à une époque, ont constitué une limite à l'exploration d'autres modèles⁶⁷⁷. Reeves indique :

Une des exigences les plus importantes de la science, c'est de changer nos images, c'est-à-dire de prendre conscience du fait que nous sommes limités par des imaginations que nous nous sommes faites nous-mêmes, qui nous ont aidés et qui, à un moment donné, ne nous aident plus⁶⁷⁸.

Les propos du scientifique canadien conduisent à deux genres de réflexions : l'utilité et l'importance des images dans le raisonnement scientifique d'un côté⁶⁷⁹ et la nécessité d'une nouvelle imagerie de l'autre côté. Cette dernière correspond au besoin de sortir des sentiers battus, de construire des chemins de la pensée qui répondent aux observations des phénomènes exotiques ou, en tout cas, difficiles à appréhender. Penser par images le Big Bang, les confins de l'univers, ou encore le monde des atomes et de leurs composants plus élémentaires se présente comme une mission bien ardue.

On s'est souvent posé la question de savoir si l'imagerie artistique, et notamment celle des arts visuels, pouvait contribuer à fournir des images aux concepts scientifiques relevant des aspects les plus étranges de la matière ou de l'espace. Si l'on s'attend à une image exacte

⁶⁷⁵ Reeves écrit : « quand on est dans le monde de la physique, de l'astrophysique [...] tout d'un coup nous entrons dans quelque chose de totalement inconnu qui dépasse généralement notre imagination ». REEVES, *op.cit.*, p. 150.

⁶⁷⁶ Ce même constat sur la formulation d'hypothèses au-delà de normes établies et des habitudes consolidées se retrouve dans les réflexions de deux postdoctorantes qui parlent de leurs expériences artistiques ayant influencé leurs recherches scientifiques in : ROCK, Jenny et HOWARD, Sunkita. Legitimizing Boundary Crossing for the Average Scientist: Two Cases Acknowledging How Arts Practice Informs Science. Leonardo [en ligne]. MIT Press, Avril 2018, Vol. 52, n° 3, p. 305-308. [Consulté le 7 août 2020]. DOI 10.1162/leon_a_01637.

⁶⁷⁷ Reeves écrit : « On a longtemps essayé de penser les atomes comme des billes. Aussi longtemps que cela a duré, on est resté bloqué dans des difficultés dont on n'a pu se tirer que le jour où l'on a été capable de changer ces images. » REEVES, *op.cit.*, p. 154.

⁶⁷⁸ *Ibid.*

⁶⁷⁹ Bien que Reeves mette en avant les limites que les images ordinaires peuvent représenter dans la recherche, d'autres scientifiques, en revanche, mettent en évidence l'importance des images dans leur raisonnement. Célèbre, à ce propos, est la lettre d'Einstein qui indique comment les signes ou plutôt les images jouent un rôle fondamental dans le mécanisme de sa pensée. Voir la lettre d'Einstein in : HADAMARD, Jacques. An essay on the psychology of invention in the mathematical field, ed. New York, NY : Dover Publ, [1945] 1954, p. 142-143 et sur l'intuition de Poincaré p. 12-14.

soumise à une vérification stricte selon les théories scientifiques actuelles, on pourrait difficilement établir une base de dialogue entre les deux disciplines. À l'inverse d'œuvres d'illustrateurs scientifiques, les œuvres d'artistes indépendants qui ne travaillent pas en contact direct avec des scientifiques, sortent généralement du cadre des théories établies et expriment un contenu alternatif, une vision personnelle, qui leur confère une originalité et une authenticité spécifique. Ainsi ces deux mondes apparaîtraient inconciliables : l'un exigeant une vérification pour être reconduite à l'intérieur de la recherche scientifique, l'autre paraissant peu apte à la lui fournir.

Cependant, c'est bien un scientifique renommé, l'un des pères de la mécanique quantique, qui fournit une clé pour construire une base de dialogue entre les deux domaines. Dans son ouvrage traduit en français sous le titre *Manuscrit de 1942*⁶⁸⁰, Werner Heisenberg focalise l'attention sur la différence entre deux modes de description de la réalité – en tant qu'état des choses – qui suivent deux types de langages distincts. Le premier vise à améliorer et à perfectionner la description d'un état des choses qu'il est destiné à étudier. Il détermine dans les détails les relations entre concepts, par exemple en reconduisant des concepts particuliers à d'autres plus généraux ou en faisant correspondre aux concepts des contenus d'expérience très spécifiques. Ainsi un système rigide des règles reliant les concepts entre eux et aux contenus d'expériences s'établit « de sorte qu'il est possible de décider univoquement, pour toute proposition relevant de ce système de concepts, si elle est “exacte” ou “fausse”⁶⁸¹ ». Ce type de langage est caractéristique du domaine scientifique, que cela soit dans les mathématiques ou dans les sciences de la nature. Bien qu'on ne puisse jamais parvenir à une description exacte et complète de la réalité – nous dit Heisenberg⁶⁸² – c'est le succès rencontré par un système qui établit avec quel degré de précision il décrit la partie de la réalité qu'il vise⁶⁸³. Le système exemplaire qui utilise ce langage est celui de Newton, où des termes comme « masse », « vitesse » ou « force » désignent des entités spécifiques qui sont essentielles à l'exactitude des processus mécaniques du système qu'elles décrivent. À la différence du langage ordinaire – ajoute le scientifique – ce type de langage technique est artificiel. Il se

⁶⁸⁰ Il s'agit d'un ouvrage posthume de Werner Heisenberg sous le titre : *Ordnung der Wirklichkeit*, paru pour la première fois en 1984, in *Gesammelte Werke* par W. Blum, H.-P. Dürr, H. Rechenberg, Piper, R., 1984, p. 217-306. Version consultée : HEISENBERG, Werner, *Le Manuscrit de 1942*, traduit par CHEVALLEY, Catherine. [1998] 2018. E-book. Dans la description qui va suivre de l'état statique et dynamique des choses contenue dans le paragraphe 2 « Le langage », nous nous référons en priorité à la traduction en français de Chevalley (p. 14-23) mais nous avons tenu compte aussi de la traduction en italien de Giuliana Gregorio in HEISENBERG, Werner, *Indeterminazione e realtà*, traduit par GEMBILLO, Giuseppe, GREGORIO, Giuliana et STAITI, Chiara, Napoli : Alfredo Guida Editore, 2002, p. 88-94.

⁶⁸¹ HEISENBERG, traduit par CHEVALLEY, *op. cit.*, p. 18

⁶⁸² *Ibid.*

⁶⁸³ Heisenberg ajoute : « [...] il est permis – si le système de concepts considéré fait ses preuves – de parler d'un portrait exact de la “partie essentielle” de l'état de choses considéré ; car il est clair qu'on ne fixe par là que la partie sur laquelle nous voulons orienter notre attention. » *Ibid.*

réfère uniquement à des relations à l'intérieur de domaines bien précis et définis, et il subit un appauvrissement des mots qui n'ont plus d'autres référents qu'à l'intérieur du système lui-même. La réalité qu'il décrit est appelée ainsi *statique* et la précision s'impose au prix d'une grave renonciation : il s'agit d'abandonner le rapport infiniment varié entre concepts et mots qui, lui seul, éveille en nous le sentiment d'avoir saisi un peu la richesse illimitée de la réalité.

Un second type de langage, qui s'oppose au premier, s'applique à combler cette lacune et, par la combinaison extrêmement diversifiée des mots, a le pouvoir de présenter un état des choses que l'auteur qualifie de *dynamique*. Dans cet état, la pensée qui est explicitée n'assume plus le rôle d'image la plus fidèle possible de la réalité, mais « elle doit plutôt former l'embryon d'autres suites de pensées ; ce n'est pas la précision des concepts qui importe, mais leur fécondité⁶⁸⁴ ». Par de multiples références, à la première pensée d'autres s'associent et des nouvelles surgissent et s'agrègent encore « jusqu'à ce que l'abondance de contenu propre à l'espace mesuré par ces pensées finisse par faire naître un portrait fidèle de la région de réalité qui est visée⁶⁸⁵ ». Si le but de la pensée statique est la clarté – affirme Heisenberg – la pensée dynamique conduit à l'interprétation, car ce que l'on cherche ce sont les liens, extrêmement variés, entre les divers domaines de la réalité que l'on peut interpréter.

Si par la pensée dynamique, l'auteur allemand se réfère en priorité à la philosophie⁶⁸⁶ et à la poésie, les arts visuels ne sont pas exclus, bien au contraire, ils semblent faire partie des langages pouvant atteindre un état dynamique des choses. Leur trait distinctif réside dans la capacité de véhiculer une vision nouvelle de la réalité, quel que soit son secteur, pour apporter une abondance de pensées nouvelles et les relier à d'autres formes de réflexion. Dans leur interprétation réside le concept même de fécondité, dans la mesure où les diverses références qui émergent de l'œuvre d'art conduisent à des parcours de la pensée qui non seulement interrogent le sujet de l'œuvre mais font naître aussi les considérations les plus variées, propices à de nouvelles interrogations.

L'exemple que Heisenberg donne de l'état dynamique va dans cette direction⁶⁸⁷. Il compare une carte topographique, qui fournit une image précise et détaillée d'une région spécifique, à l'observation qu'un individu peut y relever directement. Cette dernière le conduit à des découvertes variées et multiples. Poussés par des buts différents, de nouveaux aspects de la nature lui sont dévoilés. L'image que l'individu finalement parvient à acquérir possède des caractères de connaissance tout aussi précis et complets, bien qu'ils soient d'une nature différente par rapport au type de précision et de complétude que la carte topographique fournit.

⁶⁸⁴ *Id.*, p. 19.

⁶⁸⁵ *Ibid.*

⁶⁸⁶ En particulier à la dialectique hégélienne. *Id.*, p. 20.

⁶⁸⁷ *Ibid.*

La connaissance de la réalité que les arts visuels sont en mesure de produire s'inscrit dans le même processus de découverte que celui que l'individu observateur peut déduire de la variabilité des pensées et des observations particulières qui l'accompagnent dans un parcours d'exploration personnelle. À cet état dynamique des choses se rattache aussi la poésie, nous dit Heisenberg, car elle est dotée aussi du pouvoir de transmettre une connaissance de la réalité.

Bien que l'auteur allemand indique aussi les dangers de ces deux types de langages⁶⁸⁸, il souligne que les sciences sont toujours constituées par des systèmes clos sur eux-mêmes afin de décrire de manière claire et rigoureuse la partie de la réalité qu'elles ont pour objet. Toutefois, lorsque la science cherche à ordonner un nouveau domaine de l'expérience, elle ne peut pas y arriver au moyen d'une suite de déductions logiques à partir de son système de concepts connus. Une rupture est nécessaire, un saut vers d'autres systèmes ou à partir d'autres élaborations d'idées. Heisenberg l'explique de la manière suivante : « Seule la pensée intuitive [...] peut franchir l'abîme qui existe entre le système de concepts déjà connu et le système de concepts nouveau, la déduction formelle est impuissante à jeter un pont sur cet abîme⁶⁸⁹. »

Cette propriété autorise à penser que l'intuition ne doit pas rester à l'intérieur de l'état statique décrit par les sciences mais elle peut être animée, stimulée et déclenché par des pensées provenant des circonstances ou des situations extérieures. Par la nature propre des états dynamiques, caractérisés par la fécondité des idées diverses et variées qui se succèdent et se relient, ils constituent des conditions propices afin que l'intuition surgisse et se développe librement dans toutes ses possibilités. En ce sens, les circonstances extérieures qui ont rendu possibles les intuitions de Poincaré et de Schrödinger citées précédemment apparaissent plus compréhensibles. Mais si de telles circonstances sont susceptibles de favoriser l'intuition, peu de barrières devraient se poser devant le potentiel de la pensée dynamique des arts et notamment des arts visuels. Par leurs possibilités de susciter des pensées, de lier les idées et de construire des mondes, les arts devraient seconder le saut entre un système connu et le système nouveau que l'intuition est en mesure d'accomplir. Les pensées provenant des œuvres d'art seraient moins susceptibles de se confondre avec les entités scientifiques que de stimuler les associations et produire des confrontations par une multiplicité des parcours qui pourraient conduire à libérer l'intuition.

Pourtant, les cas notoires d'intuition scientifique provenant d'œuvres artistiques ne sont pas très nombreux. Quelle peut en être la barrière ? Sans doute l'interprétation. Les œuvres artistiques, notamment contemporaines, pour ceux qui ne sont pas accoutumés au langage

⁶⁸⁸ « Toute tentative pour parler de la réalité comportera en général des caractères à la fois "statiques" et "dynamiques". Le danger qui menace la pensée claire et purement statique est de dégénérer en une forme vide de contenu. Quant à la pensée dynamique, elle peut devenir vague et incompréhensible. » *Id.*, p. 21.

⁶⁸⁹ *Ibid.*

artistique dérivant des expériences avant-gardistes peuvent rester muettes, sans contenu, difficiles à comprendre ou tout simplement inintéressantes. Néanmoins, construire les conditions pour qu'une œuvre d'art exprime à la fois la vision du monde de l'artiste et soit susceptibles de fournir des indices utiles, voire des moyens de visualisation, aux scientifiques, est le défi relevé par des artistes comme Attilio Taverna⁶⁹⁰.

6.4 Attilio Taverna : une œuvre qui s'adresse à la science

Attilio Taverna naît en 1945 près de Vicence en Italie. Il fréquente l'Académie des Beaux-Arts de Venise et suit des cours d'esthétique à l'Université de Padoue⁶⁹¹. Il assimile ainsi un double enseignement : d'un côté l'outil technique qui l'aidera à mettre en forme ses idées, de l'autre côté une propension à doter l'art d'un pouvoir de connaissance de la réalité. Ses intérêts artistiques s'orientent rapidement vers les avant-gardes et notamment vers les figures de Piet Mondrian et de Kasimir Malevitch. Il effectue de nombreux voyages qui le conduisent à Milan où il fait connaissance de l'œuvre de Lucio Fontana, à Paris pour un voyage d'étude, et aux États-Unis où il entre en contact avec les minimalistes tels que Donald Judd, Frank Stella et la critique Barbara Rose⁶⁹².

L'œuvre picturale de Taverna se construit surtout à partir des années soixante-dix. L'influence minimaliste est présente dans ses premières productions et, comme l'artiste le met en évidence⁶⁹³, elle se manifeste dans un nombre de couleurs très réduit qui jouent sur des tonalités allant du gris fumé vers des variations du bleu. Même la structure est essentielle, condensée dans des formes qui renvoient déjà à une organisation géométrique et qui va devenir l'ossature de toutes ses compositions, comme on peut l'observer dans les tableaux des années quatre-vingt (voir fig. 6.6)

⁶⁹⁰ D'autres artistes comme le duo composé par Dmitry Gelfand et Evelina Domnitch travaillent en contact direct avec les scientifiques. Voir leur site Internet à la page : <http://www.portablepalace.com/#> [consulté le 7 septembre 2020].

⁶⁹¹ Il suit l'enseignement du professeur d'esthétique Dino Formaggio.

⁶⁹² Voir : SIMONCELLIS, Silvia, Intervista ad Attilio Taverna, in *Itinera – Rivista di Filosofia e di Teoria delle Arti e della Letteratura*, editée par le Dipartimento di Filosofia dell'Università degli Studi di Milano, 2003, disponible à l'adresse :

<http://www.filosofia.unimi.it/itinera/mat/interviste/?ssectitle=Interviste&rvwdid=tavernaa&rvwrid=simoncellis&format=html>, [consulté le 12 août 2020]. La version imprimable et téléchargeable est pourvue de numéros de pages et est celle à laquelle nous nous référons.

⁶⁹³ SIMONCELLIS, *op.cit.*, p. 2.

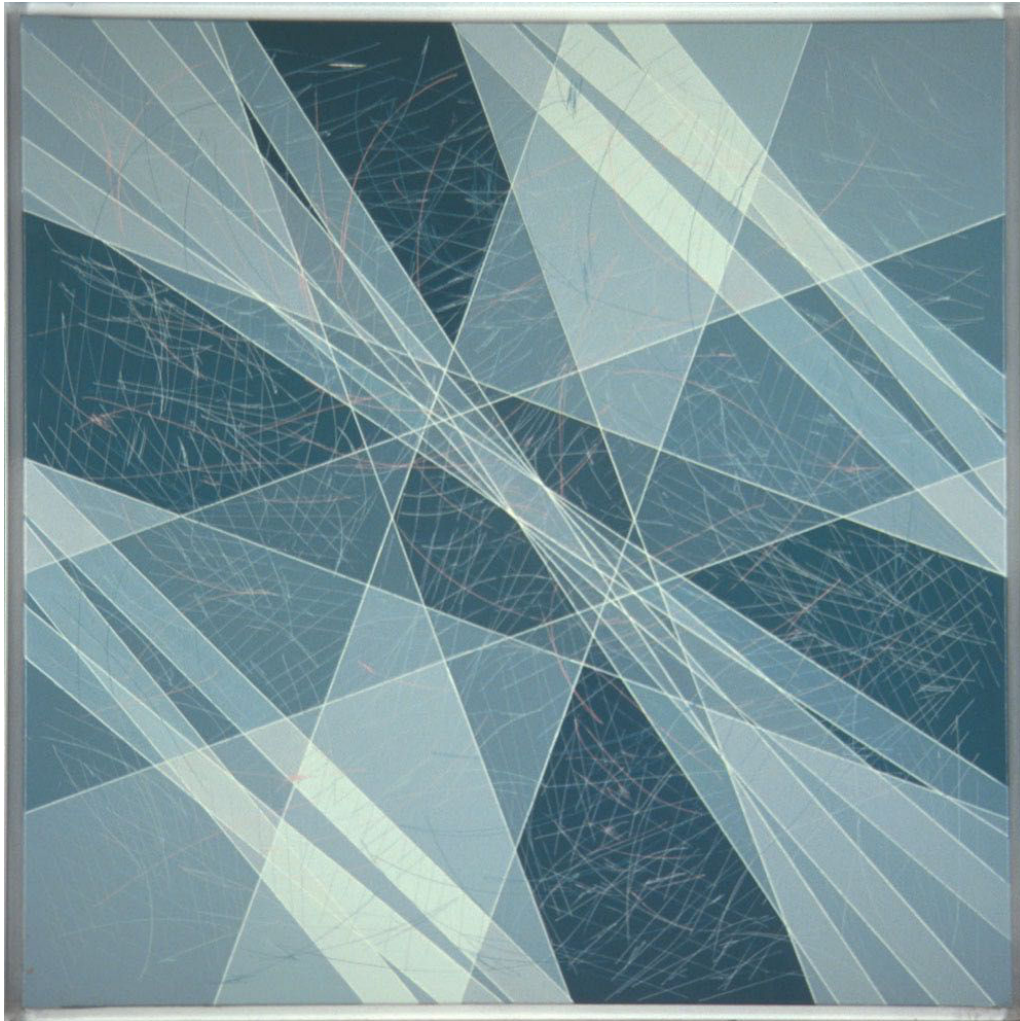


Fig. 6.6, *Sinfonia in grigio* par Attilio Taverna, 1987.

L'adoption d'un mode de représentation non figuratif fournit à l'artiste un outil privilégié pour associer des concepts aux figures. En observant le tableau, une série des bandes diagonales forme des rayons lumineux se détachant d'un fond bleu sombre qui définit l'espace interne de la composition. Ces rayons rectilignes sont groupés par trois en haut à droite et en bas à gauche, et semblent pouvoir maintenir la même disposition spatiale, la même énergie et le même mouvement de fuite au-delà du cadre. Ils contribuent à la construction d'un ordre symétrique centré sur le faisceau central d'autres bandes lumineuses qui, cette fois, dans leur mouvement diagonal de fuite se restreignent au milieu, donnant un sens de profondeur à la composition. À cette première structure une autre se superpose. Elle est définie par de larges bandes rectangulaires qui se croisent au centre formant des carreaux. Elle n'apparaît pas comme un élément superflu car elle est appliquée et agit comme une loupe ou une lentille permettant de distinguer le fond bleu de l'espace et les divers plans de la composition.

Toutes les figures sont disposées dans une organisation spatiale géométrique, régie par un contrôle rigoureux des agencements symétriques des lignes et des carreaux, des couleurs et des tons de lumière. Pourtant, des traits minces sur des tons clairs, parfois rouges, sont parsemés dans toute la surface du tableau comme des égratignures. Ils s’opposent à la rigueur de la structure géométrique, ils affichent une note dissonante dans la symphonie des couleurs, ils tentent de dé-construire le système ordonné des relations par l’introduction de signes étrangers, décousus et sans rythme. Ils semblent faire entrer l’irrationnel dans le rationnel. C’est l’évocation de thèmes chers à l’artiste pouvant s’associer au structuralisme, en tant qu’« enjeu de pensée non seulement interdisciplinaire ou transdisciplinaire, mais aussi “philosophique”⁶⁹⁴ » susceptible de se relier aux diverses disciplines comme les mathématiques et la philosophie. L’inspiration de Taverna s’oriente en particulier vers le structuralisme du collectif de mathématiciens appelé Bourbaki, pour qui l’ensemble des relations cohérentes et systématiques qui gouverne les éléments mathématiques procède par déductions logiques des axiomes de la structure. Dans cette optique toute hypothèse étrangère à ce genre de méthode se veut interdite⁶⁹⁵. Mais c’est surtout la position de Derrida qui intéresse l’artiste par sa lecture à contre-courant par rapport au structuralisme et surtout par sa position déconstructiviste⁶⁹⁶. Taverna voit dans l’auteur français une réflexion qui s’oppose aux structures traditionnellement acceptées tant dans le domaine philosophique que dans le domaine scientifique, se constituant autour d’une vision strictement déductive et axiomatique de la pensée. Ainsi la référence à Derrida devient la remise en discussion des dogmes d’une raison qui se voulait absolue et dogmatique, susceptible de construire des systèmes de pensée tout-puissants et exclusifs. L’opposition entre ces deux mondes, ou plutôt entre ces deux modes de pensée, se trouve représentée dans son tableau par une structure géométrique de fond, admirable par sa construction rationnelle mais limitée dans son pouvoir de connaissance, et une irruption des traces *déconstructivistes* susceptibles de la remettre en discussion, voire de compromettre sa solidité structurelle.

⁶⁹⁴ Voir l’article sur le structuralisme de Jean-Louis Chiss, Christian Puech et Michel Izard. Les auteurs mettent aussi en garde contre la facilité de réunir plusieurs disciplines sous la bannière du structuralisme. Bien que le concept de structure soit commun aux diverses disciplines (biologie, philosophie, herméneutique, mathématiques, etc.), chacune s’efforce de le préciser pour son propre compte, ne mettant pas en évidence une « essence commune », mais elles relèveraient « de types de rationalité hétérogènes ». In : CHISS, Jean-Louis, IZARD, Michel, PUECH, Christian : « STRUCTURALISME », Encyclopædia Universalis [en ligne]. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/structuralisme/> [consulté le 13 août 2020].

⁶⁹⁵ Voir : DELAHAYE, Jean-Paul, Structuralisme, mathématique, Encyclopædia Universalis [en ligne], URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/structuralisme-mathematique/> [consulté le 13 août 2020].

⁶⁹⁶ L’artiste italien dit avoir lu l’*Origine de la géométrie* de Husserl, introduction et traduction par Derrida (PUF, Paris, 1962, voir : SIMONCELLIS *op.cit.*, p. 3), mais il est aussi possible qu’il ait consulté « Lettre à un ami japonais », (in *Psyché : Invention de l’autre*, II, Paris, Galilée, 1987, p. 9-10) où l’auteur français précise ses idées sur le déconstructivisme.

À partir de cette position critique, l'artiste adopte un langage géométrique qui n'est pas dépendant des lois et des théories qui régissent les disciplines scientifiques. Ses constructions ne visent pas à émuler ou produire des variations de représentations géométriques provenant d'un langage formel mathématique⁶⁹⁷. Il s'applique plutôt à interroger le concept de Forme dans toutes ses possibilités d'expression, il vise à élaborer des structures qui puissent suggérer de nouvelles manières d'appréhender l'espace. La peinture devient pour lui un langage pour investiguer la nature la plus intime de l'espace et aussi de la réalité, dans un rapport avec la science qui n'est pas conflictuel mais qui peut fonctionner en parallèle pour fournir des idées et des concepts de spatialité et de forme susceptibles de contribuer à la connaissance. Cette position est proche à celle d'Heisenberg lorsqu'il écrit :

[...] les deux processus, celui de la science et celui de l'art, ne sont pas très différents. Science et art forment à eux deux, au cours des siècles, un langage humain avec lequel nous pouvons parler des parties les plus dissimulées de la réalité ; et les ensembles cohérents de concepts, comme les différents styles d'art, sont des mots ou groupes de mots de ce langage⁶⁹⁸.

Pour mieux comprendre la manière dont l'artiste produit ses visualisations de l'espace, il faut partir de sa technique⁶⁹⁹. L'exécution d'un tableau trouve ses premières origines dans de petits dessins que l'artiste réalise pour lui-même et où il trace les esquisses des motifs principaux qui apparaîtront par la suite. Ce sont les idées initiales susceptibles de varier et de mieux s'adapter à la composition lors de l'application en peinture. Faisant usage généralement d'une toile blanche et carrée⁷⁰⁰, il la pose horizontalement parallèle au sol, et étale la couleur dans de toutes petites portions de sa surface que l'on peut distinguer une fois le tableau terminé (fig. 6.7). Elles sont monochromes, disposées les unes à côté des autres, peintes soigneusement une à une, utilisant une peinture très huileuse et non acrylique, au risque de s'exposer à une erreur qui serait difficile à corriger une fois la couleur séchée. Si au final le nombre de nuances chromatiques peut se compter par centaines, la forme qui les encadre est tout aussi variée car elle s'exprime par des carrés, des rectangles irréguliers, des portions de cercle coupés, des triangles et encore d'autres figures polygonales.

⁶⁹⁷ SIMONCELLIS, *op.cit.*, p. 4.

⁶⁹⁸ HEISENBERG, Werner. *Physique et philosophie : la science moderne en révolution*. Éditions Albin Michel. Trad. par HADAMARD, Jacqueline. Paris, [1958], 1971, p. 133.

⁶⁹⁹ Technique qui nous a été décrite par l'artiste lui-même lors d'une conversation privée.

⁷⁰⁰ Le format de ses toiles varie généralement entre un mètre et demi et deux mètres de côté.

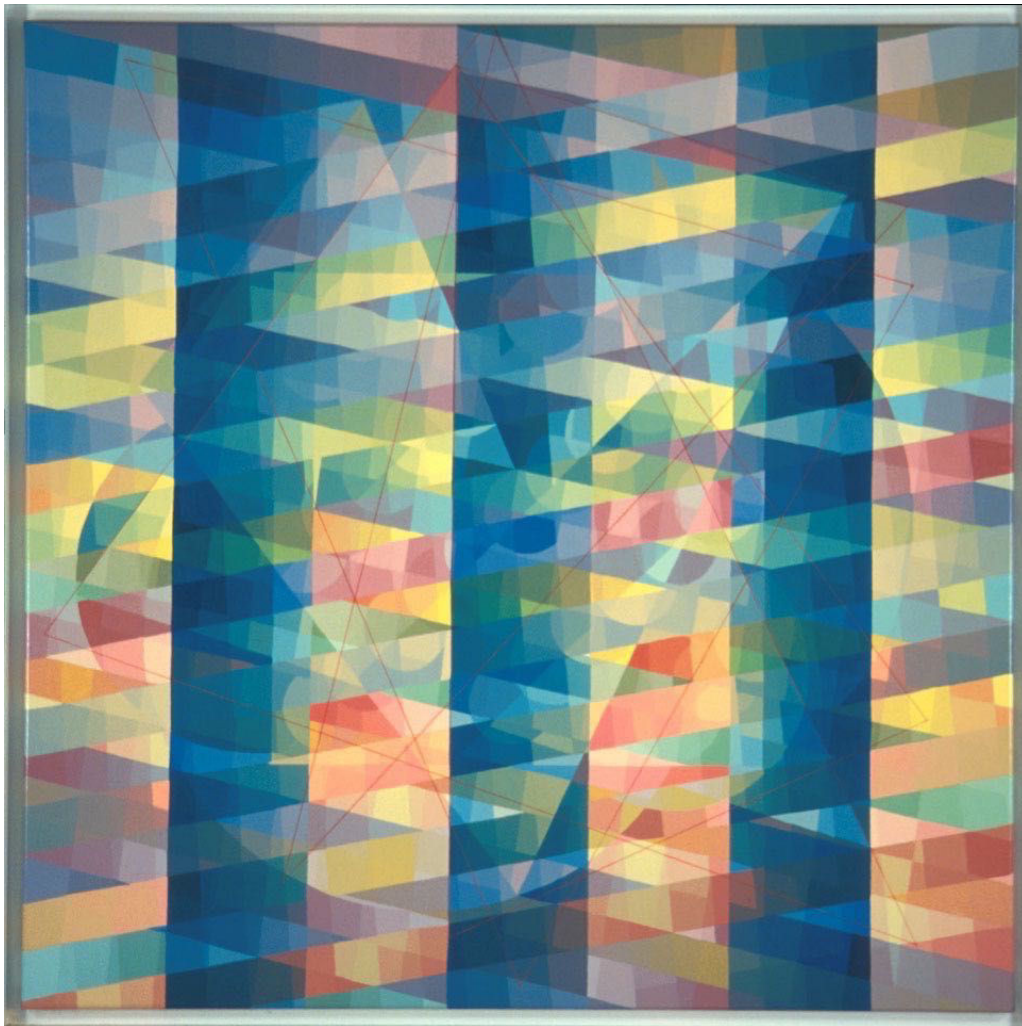


Fig. 6.7, *Sentieri interrotti*, par Attilio Taverna, 1994, 150 x 150 cm.

Bien que la forme des figures puisse le suggérer à une première impression, il n'y a pas de superposition des couleurs. Elles ne sont pas étalées de manière à recouvrir par couches successives les portions de surface afin de moduler et faire apparaître exactement la teinte que l'artiste veut exprimer. Leur effet est donné par association chromatique où les couleurs, l'un à côté de l'autre, produisent un effet de *transparence*⁷⁰¹. Il est ainsi possible de voir émerger des figures telles que des pyramides ou des solides aux allures de sphères, qui soudain disparaissent pour laisser la place à d'autres formes. À l'intérieur de chaque figure qui affleure, une nouvelle semble vite se constituer dans un changement continu où on ne saurait plus

⁷⁰¹ Cette technique a fait l'objet d'une étude en psychologie cognitive, d'abord par Metelli, professeur de psychologie à l'université de Padoue, publié in : METELLI, Fabio. The Perception of Transparency. *Scientific American*, avril 1974, Vol. 230, n° 4, p. 90-98. DOI 10.1038/scientificamerican0474-90, ensuite par Da Pos, professeur psychologie à l'université de Padoue, notamment in : DA POS, Osvaldo, La trasparenza percettiva nelle opere di Maria Micozzi e Attilio Taverna, in CAVEDON, A., & ZANUTTINI, L., (Eds.). *Tra percezione e arte*, Padova, il Poligrafo, 1997, p. 131-154.

distinguer où commence le premier, deuxième, le troisième plan. Ce basculement de perspective nous oblige à une reconstruction perpétuelle des figures du tableau. L'œil doit s'habituer à ce genre de peinture, il doit prendre ses marques et trouver ses repères.

Les trois bandes bleues verticales ne constituent pas uniquement un rythme dans une composition non figurative. Elles introduisent un premier plan, mais du fait d'être traversées par d'autres bandes diagonales plus petites et aux couleurs variées, elles laissent paraître d'autres plans qui semblent les traverser ou se situer derrière elles. Parmi ces petites bandes diagonales, celles aux chromatismes plus clairs et accentués tendent à renverser la situation en donnant la sensation visuelle de se placer au premier plan et laissant les teintes plus sombres s'éloigner vers la profondeur.

La lumière joue un rôle essentiel dans la composition. Elle met en évidence les triangles et les cercles, mais elle les dote aussi d'une profondeur pour qu'ils acquièrent de l'épaisseur comme pour former des pyramides ou des sphères. Elle s'insère également à l'intérieur de l'espace de la composition, par des croisements et des intersections, laissant émerger des dimensions nouvelles et d'autres figures plus éloignées.

Mais qu'est-ce que la lumière ? Taverna l'interprète à partir des données et des théories scientifiques. Il se pose la question de savoir si la lumière possède une forme et si sa nature constitutive est susceptible d'être visualisée⁷⁰². Il prend en considération les diverses expériences⁷⁰³ de la physique qui ont mis en évidence une double description de la lumière : l'une corpusculaire, l'autre ondulatoire⁷⁰⁴. Il élabore ainsi un type de mise en image qui associe au comportement corpusculaire la forme quadrangulaire⁷⁰⁵, qui évoque le *quantum* de Planck. Selon cette découverte du physicien Max Planck, les échanges d'énergie ne peuvent pas s'effectuer de manière continue mais uniquement par paquets, à savoir par sauts discontinus ou par transfert de petites unités d'énergie qui sont mesurables et qui semblent rendre la matière en quelque sorte *granulaire* dans l'infiniment petit⁷⁰⁶. De manière complémentaire, Taverna attribue au comportement ondulatoire la forme de la courbe, suivant les équations de De Broglie et surtout de Schrödinger, le premier arrivant à associer une onde aux particules de

⁷⁰² Voir SIMONCELLIS, *op.cit.* p. 7.

⁷⁰³ Taverna fait référence en particulier à celle de Jönsson qui prend en considération les électrons. Voir : JÖNSSON, Claus. Elektroneninterferenzen an mehreren künstlich hergestellten Feinspalten. Zeitschrift für Physik [en ligne]. Août 1961, Vol. 161, n° 4, p. 454-474. DOI 10.1007/BF01342460. Cette expérience de laboratoire a été confirmée par d'autres successives qui ont montré le même comportement pour les photons, les atomes et les petites molécules.

⁷⁰⁴ Pour approfondir les possibles interprétations voir : ESPAGNAT, Bernard d'. Traité de physique et de philosophie. Paris : Fayard, 2002, notamment p. 105-109.

⁷⁰⁵ Lors d'une conversation privée Taverna nous a dit la déduire des matrices d'Heisenberg.

⁷⁰⁶ Voir : Bernard PIRE, Quantum de planck, Encyclopædia Universalis [en ligne], URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/quantum-de-planck/> [consulté le 15 août 2020].

matière, le second parvenant à trouver l'équation prédictive de propagation de cette onde⁷⁰⁷. Ainsi ces deux éléments figuraux, l'un carré et l'autre courbe, fondamentaux dans sa peinture, le conduisent à élaborer de nouveaux types d'espace composés de structures enchevêtrées, de vibrations données par les variations chromatiques, et d'une lumière qui semble éclairer la nature la plus profonde de la matière (fig. 6.8).



Fig. 6.8, *Dove si distinguono qui logica ed esperienza ?*, par Attilio Taverna, 1995.

Le peintre pousse son investigation vers les fondements de l'espace, vers sa nature la plus impénétrable. Sa recherche artistique, même si elle s'inspire du principe de complémentarité⁷⁰⁸ (ondulatoire et corpusculaire), façonne un système de représentation indépendant, qui ne vise pas la simple transposition de concepts mathématiques et physiques dans des formes

⁷⁰⁷ Voir : CALAN, *op.cit.*

⁷⁰⁸ Principe de complémentarité de Bohr, voir : ESPAGNAT, *op.cit.* p. 117-118.

géométriques. L'artiste sait que les deux descriptions ne se complètent pas l'une l'autre, mais elles expriment plutôt deux conceptions antagonistes qui relèvent de certaines observations sur la matière à l'échelle de l'infiniment petit. Cependant, son intérêt se porte sur la mise en image d'une approche artistique capable de fournir des éléments de réflexion tant sur les phénomènes dont elle s'inspire que sur un domaine de connaissances plus étendu et profond visant la compréhension de la réalité. L'art pour lui est susceptible de fournir des idées touchant la nature la plus intime de la réalité, ses aspects secrets et des visualisations possibles que la science n'est pas en mesure de fournir⁷⁰⁹.

D'après certains scientifiques, l'une des fondations sur laquelle repose l'édifice de la vie et son caractère évolutif est représentée par la notion de *cristal aperiodique*. Pour la comprendre il faut remonter à l'ouvrage de Schrödinger *Qu'est-ce que la vie ?*⁷¹⁰ datant de 1944. Le scientifique autrichien pense que le processus qui sous-tend ce type de cristal est « le support matériel de la vie⁷¹¹ ». Pour mieux saisir ce concept, il part d'une équation simple qui définit la structure réelle de la matière pour laquelle la molécule est égale au solide qui est égal au cristal⁷¹². Il clarifie ce propos en expliquant que les forces qui unissent la molécule sont de même nature que celles qui unissent les atomes d'un solide et par conséquent d'un cristal. « La molécule possède la même solidité de structure qu'un cristal » indique l'auteur⁷¹³. Mais ce qui compte surtout pour lui, c'est la différence entre le cristal périodique et aperiodique. Les deux se constituent par des associations de plus en plus grandes à partir d'une petite molécule. Dans le premier cas (le cristal périodique) la molécule se répète indéfiniment dans la même structure suivant les trois directions de l'espace et permettant l'accroissement du cristal. La répétition consiste à reproduire à l'identique la molécule un nombre potentiellement illimité de fois (périodicité). Ce processus, qui aux yeux du scientifique paraît être bien monotone, s'oppose à une deuxième *méthode*⁷¹⁴ qui consiste à construire des agrégats à partir de la molécule sans faire appel à la répétition, mais par le biais de variables qui interviennent dans le processus de formation de l'agrégat (cristal aperiodique). À ce genre de cristal, Schrödinger associe le gène,

⁷⁰⁹ Voir l'article du peintre in : TAVERNA, Attilio, Does the Complexity of Space Lie in the Cosmos or in Chaos?, Volume 1 numéro 3, Chaos and Complexity Letters, par ORSUCCI, Franco F., et SALA, Nicoletta, 2005, Nova Science Publishers, p. 291-293. Voir le site de l'éditeur à l'adresse : http://www.novapublishers.org/catalog/product_info.php?products_id=4733 [consulté le 17 août 2020]. L'article est reproduit aussi dans le catalogue d'exposition : BIANCOTTO, Maria Luisa et PRANDSTRALLER, Gian Paolo (dir.), *Attilio Taverna - forma, luce, quanti*, Padova, Galleria Cavour, (24 janvier - 9 mars, 2014), 2014, p. 73-78.

⁷¹⁰ Ouvrage qui nous a été signalé par l'artiste lui-même. Nous utilisons la version en traduction française : SCHRÖDINGER, Erwin, DANCHIN, Antoine et DEBRU, Claude. *Qu'est-ce que la vie ?*, Trad. par Léon KEFFLER. Christian Bourgois, Editeur, [1944], Paris, 1986.

⁷¹¹ SCHRÖDINGER, *op.cit.* p. 43.

⁷¹² Schrödinger oppose à cette structure de la matière celle qui lui est complémentaire composée par : « gaz = liquide = amorphe », *id.* p. 148-149.

⁷¹³ *Ibid.*

⁷¹⁴ Ce mot paraît dans le texte. *id.*, p. 151.

ou : « peut-être – nous dit-il – l'ensemble de la fibre chromosomique⁷¹⁵ », qui détermine la transmission des caractères héréditaires.

L'intérêt de Taverna porte sur le passage d'une structure ordonnée, construite par des cristaux, laquelle peut s'accroître pendant un temps très long, et la *rupture* qui se produit à un moment donné conduisant à un développement différent dans l'évolution de l'agrégat⁷¹⁶. Cette rupture est en mesure d'interrompre le processus moléculaire qui se répète à l'identique et sans cesse. Elle peut donner naissance à des changements dans la structure d'agrégation des atomes qui sont susceptibles de produire les premières modifications constituant la base pour une future naissance de la vie. Cette brèche dans la régularité qui rompt une chaîne monotone de production d'objets identiques entre eux, conduit Taverna à la relier au concept de *brisure de symétrie*. Cette notion couvre un vaste champ conceptuel, qui s'appuie sur le couple symétrie/brisure de symétrie, et qui est largement traité dans divers domaines des sciences⁷¹⁷. Dans la microbiologie par exemple la brisure de symétrie possède un rôle fondamental dans le vivant et Pasteur l'associant à l'asymétrie serait parmi les premiers à l'affirmer selon ces mots : « La vie telle qu'elle se manifeste à nous est une fonction de l'asymétrie de l'univers et une conséquence de ce fait⁷¹⁸. » C'est justement pour la naissance et pour l'évolution de l'univers que la brisure de symétrie demeure un concept qui se révèle déterminant afin de proposer des modèles explicatifs. Gilles Cohen-Tannoudji écrit à ce propos :

La brisure spontanée de symétrie est le concept (emprunté à la mécanique statistique) qui permet précisément d'élaborer des scénarios d'histoire de l'univers depuis l'état initial où toutes les particules étaient de masse nulle et indifférenciées, où toutes les interactions étaient unifiées, jusqu'à l'état dans lequel il se laisse observer aujourd'hui, en passant par toute une série de transitions de phases où les particules se différencient, certaines d'entre elles acquérant de la masse, les symétries se brisent en symétries résiduelles, de nouvelles structures et de nouveaux états de la matière se forment⁷¹⁹.

Comment mettre en image les brisures des symétries, l'émergence de nouvelles structures et la formation de nouveaux états de la matière ?

⁷¹⁵ *ibid.* Cette association est généralement considérée comme une intuition remarquable du physicien autrichien. Seulement les travaux suivants et en particulier ceux de James D. Watson et Francis H. C. Crick, en 1953, mettront en lumière la structure de l'ADN. Ces deux auteurs, nous dit Antoine Danchin dans la préface du livre, ont été lecteurs de l'ouvrage de Schrödinger, p. 10.

⁷¹⁶ L'artiste trouve une correspondance dans les quasi cristaux. Sur leur structure et sur leur découverte voir : Marc AUDIER, Michel DUNEAU, Quasi-cristaux, Encyclopædia Universalis [en ligne], URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/quasi-cristaux/> [consulté le 16 août 2020].

⁷¹⁷ Voir l'article « Symétrie » par Francis Bailly et Rémy Mosseri, in LECOURT, Dominique (dir.). Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences. 4e éd., rev. augmentée. Paris : PUF, 2006. Quadrige. Dicos poche, p. 1040-1044.

⁷¹⁸ *Id.*, p. 1043.

⁷¹⁹ Propos tenus dans l'article « Invariance de jauge », par Gilles Cohen-Tannoudji, in LECOURT, *op.cit.*, p. 639.

En utilisant l'image artistique Taverna s'approprie ces notions. Si l'on considère la figure 6.8, l'objet de la représentation, en forme de cristal, semble contredire sa propre cohérence structurelle statique pour exhiber la dynamique interne qui gouverne la formation de nouvelles structures. Elles émergent de sa partie plus interne et profonde pour s'afficher sur les parties les plus externes dans des figures comme des pyramides et des portions de sphères. Chacune de leurs surfaces s'ouvre à la formation de nouvelles figures. Les surfaces acquièrent ainsi une profondeur et de nouveaux espaces se forment, reliés entre eux ou indépendants, pour permettre la naissance de nouvelles formes aux allures de carrés, de cubes, de triangles. Le changement est continu et l'objet initial ne cesse de produire des liens inattendus, de faire apparaître des combinaisons géométriques différentes ou des schémas insoupçonnés. C'est la nature combinatoire de ses fragments qui permet une reconstitution continue, et un agencement inédit, des figures qui composent la forme du cristal. En l'occurrence, dans le tableau cité, des ruptures se manifestent, comme au premier plan, où une figure pyramidale inversée se fracture en son sein par un des rares traits noirs monochromes en forme de triangle allongé. Des rythmes s'interrompent comme lorsqu'on passe des petits carreaux multicolores aux plus larges plages de blanc monochrome. Mais ces pauses dans la composition ne servent qu'à reprendre la construction, à édifier de nouveaux assemblages et redéfinir l'ordre des rapports.

Au premier plan, un mince trait rouge définit une combinaison de lignes droites et courbes qui se superposent comme une grille à la figure principale qui rappelle un cristal. Cette nouvelle organisation de lignes rouges a-t-elle une fonction ? Sans doute veut-elle rappeler une forme de déconstructivisme, telle que nous l'avons rencontrée dans la figure 6.6 sous des traits minces et continus, mais qui, cette fois-ci, se présenteraient de manière continue et plus élaborée. Ou probablement, cette disposition géométrique de lignes rouges est censée rappeler une figure plus idéale et abstraite, plus *logique*, comme le titre l'indique, et donc moins dépendante des accidents (*l'expérience*) que la figure principale met en lumière par ses évolutions de formes et de structures en formation. D'où le titre provocateur qui demande : « Où la logique et l'expérience se distinguent-elles ici ?⁷²⁰ » En tout cas, elle apporte un élément qui semble idéaliser les diverses figures géométriques qui apparaissent en dessous d'elle, les mettant en relief par jeux de rappels, et donnant une clé de lecture pour mieux saisir les multiples composants de la structure principale.

Les intérêts de Taverna pour les sciences le conduisent à investiguer aussi les notions exprimées par Einstein, notamment dans la relativité générale, sur l'espace-temps. Cette

⁷²⁰ Nous traduisons de l'italien.

théorie, qui réunit sous une même structure l'espace et le temps, expose les effets de la gravitation sous des termes géométriques⁷²¹. Ceux-ci décrivent comment la masse des corps est susceptible d'influencer la forme de l'espace (et du temps) qui les entoure. Plus la masse est importante plus cette déformation de l'espace sera conséquente. Les effets d'une telle *courbure* de l'espace-temps ont permis de prédire avec une très grande précision les orbites des planètes, ou bien ont conduit à calculer avec exactitude la déviation des rayons lumineux autour des corps très massifs comme les étoiles⁷²².

Mais ce qui rend cette théorie très suggestive, c'est la possibilité de concevoir que l'espace (et aussi le temps qui lui est strictement lié) n'est plus un bloc uniforme, une sorte de chambre vide tridimensionnelle, pouvant accueillir des objets de toute taille. La relativité générale met en évidence, avec précision, la manière dont l'espace se déforme en fonction de la masse des corps. Il peut ainsi se dilater et se comprimer, ou être traversé par des vibrations, comme de petites vaguelettes, par des ondes gravitationnelles prévues par la théorie d'Einstein et récemment confirmées par les observations instrumentales⁷²³. Mais il peut aussi assumer des formes extrêmes, difficiles même à imaginer, et d'autant plus à visualiser, comme à l'intérieur d'objets où la matière est très concentrée tels que les trous noirs et dans des objets encore hypothétiques mais étudiés, tels que les trous de ver⁷²⁴.

Taverna est tout aussi sensible aux diverses formes que l'espace-temps peut assumer notamment depuis la description qu'en a fait Einstein⁷²⁵. La composition *Fogli di spazio tempo e vibrazioni* (fig. 6.9) semble rendre compte de la complexité et des possibilités que ce type d'espace peut assumer.

⁷²¹ LÉVY-LEBLOND, Jean-Marc, Relativité - Vue d'ensemble, Encyclopædia Universalis [en ligne], URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/relativite-vue-d-ensemble/> [consulté le 18 août 2020].

⁷²² « Sur le plan expérimental, la théorie einsteinienne put prédire dès le premier quart du XX^e siècle de faibles déviations par rapport à la théorie newtonienne pour certains phénomènes tels que les orbites planétaires (déplacement séculaire du périhélie de Mercure) ou la trajectoire des rayons lumineux passant auprès d'une masse importante (déviation des directions stellaires au voisinage du Soleil). » *ibid.*

⁷²³ PIRE, Bernard, Ondes gravitationnelles, Encyclopædia Universalis [en ligne]. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/ondes-gravitationnelles/> [consulté le 18 août 2020]

⁷²⁴ LUMINET, Jean-Pierre, Trous noirs, Encyclopædia Universalis [en ligne]. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/trous-noirs/> [consulté le 18 août 2020]. Luminet décrit aussi comment la visualisation numérique et scientifique soit aujourd'hui possible, du moins pour l'aspect extérieur de ces étranges corps célestes.

⁷²⁵ Voir SIMONCELLIS, *op. cit.*, p. 5.



Fig. 6.9, *Fogli di spazio tempo e vibrazioni*, par Attilio Taverna, 1999.

Par rapport à la figure 6.8, où l'espace se concentrait à divers niveaux à l'intérieur d'un corps central, ici il paraît se dilater vers l'extérieur dans des déclinaisons qui prennent volontiers la forme de feuilles rectangulaires et aplaties. Ces feuilles, présentes surtout sur la partie droite du tableau mais pas seulement, utilisent le même procédé de la transparence que la figure 6.7. L'effet produit laisse ainsi entrevoir d'autres espaces qui se recomposent de l'intérieur, mettant en relief une profondeur difficilement concevable dans un plan à deux dimensions. Ces étendues vibrent au son d'un chromatisme mosaïqué, composé par des petits émaux carrés ou par de listels plus allongés légèrement courbes. Par endroits, les feuilles se resserrent comme en haut à droite où elles se superposent, parfois elles se dilatent, se plient et s'interpénètrent, ou subissent des contorsions comme sur la partie gauche de la composition. Elles sont soumises à un processus de rupture sous la force des rayons qui les traversent comme

au centre de l'image par une bande blanche et verticale, ou plus haut par une autre bande transversale plus mince et sombre. Si l'on suit le titre du tableau, ces « feuilles d'espace-temps et vibrations⁷²⁶ » montrent une étonnante capacité à se reconstruire sous des variations qui sont innombrables et inépuisables.

Taverna mène une opération plastique risquée car elle ne se dote pas d'un formalisme mathématique qui pourrait le conduire à établir un dialogue et, peut-être, une adaptation dans la visualisation scientifique. Ses compositions s'inspirent des notions scientifiques mais la manière dont l'auteur se l'approprie est formulée et reproduite en termes artistiques. Sa démarche particulière n'admet pas de concession à la facilité de lecture et ne se pose pas en termes de vulgarisation par rapport aux sujets qu'il traite. Pourtant sa conviction demeure intacte lorsqu'il s'agit de considérer l'art comme un moyen d'accès privilégié à la connaissance de la réalité.

Du point de vue d'un scientifique, l'interprétation du peintre peut néanmoins être contestée en raison d'une utilisation des concepts physiques jugés inappropriés par rapport à la forme de visualisation choisie par l'artiste. Les visualisations numériques que les puissants ordinateurs sont en mesure de produire pourraient convenir et suffire à la recherche d'une mise en image des propriétés physiques d'un objet. Pourtant beaucoup de sujets scientifiques, notamment dans le domaine de l'invisible, demeurent difficiles à figurer. Il semble qu'il existe un décalage – qui se maintient – ou une distance appréciable, entre la description mathématique d'objets et sa représentation visuelle. Même si l'on faisait abstraction des diverses conceptions qui ont tenté de percer la nature de l'électron⁷²⁷, et si l'on assumait que l'une d'entre elles reçoive un consensus unanime, quelle forme pourrait-on fournir à l'électron ? Ce problème subsisterait car, même si sa nature n'était pas corpusculaire mais relevait d'un mode d'excitation d'un certain champ électronique, la nécessité de le visualiser pour avancer dans une plus ample connaissance de l'objet resterait insatisfaite. Une difficulté similaire se présente lorsque les instruments scientifiques détectent et fournissent beaucoup de données sur le comportement et les propriétés d'objets invisibles. Privés d'une forme stable, fruit d'un accord commun, ils sont destinés à dévoiler leur apparence visuelle uniquement dans les pensées individuelles des spécialistes qui se penchent sur le sujet.

Cependant, si l'on considère le cas du modèle construit par Furugren, l'opération de mise en image a été axée sur l'attribution de certaines caractéristiques à des figures, tels qu'un ruban et des flèches, qui opportunément distribuées dans l'espace permettent de présenter des

⁷²⁶ Nous traduisons de l'italien : « *Fogli di spazio tempo e vibrazioni* ».

⁷²⁷ Voir les différentes conceptions de l'électron au fil du temps, que nous avons évoqués à p. 33.

propriétés et d'en déduire d'autres⁷²⁸ sur un objet invisible tel que la protéine. Ces caractéristiques adaptaient des données instrumentales et des théories chimiques connues à l'époque qui n'ont rien d'arbitraire. Pourtant le fait de transférer données et théories à des figures spécifiques, élaborant ainsi un modèle précis, a été le fruit du choix individuel de Furugren. L'artiste chimiste suédois s'est basé sur des images de la littérature scientifique de son temps mais il a opéré aussi un certain nombre de choix plastiques personnels pour rendre son modèle en ruban viable et efficace.

On pourrait difficilement affirmer que les formes que ce modèle exprime sont *réelles*. Pourtant elles permettent de visualiser et de déduire des propriétés qui sont en connexion avec la réalité. Il serait en effet compliqué de démontrer que les protéines possèdent *vraiment* des formes de flèches et de ruban. Leur représentation fonctionne par symbolisation tout en étant très efficace. Elle est soumise aux conventions d'idéalisation et d'abstraction que nous avons mises en lumière⁷²⁹. Ainsi l'adhésion à une image proche de la perception visuelle n'est pas nécessaire pour construire des représentations fonctionnelles dans le monde de la science.

L'outil qui semble le mieux s'adapter relève d'un langage géométrique par des figures qui ne relèveraient pas forcément d'une science fondée sur des constructions axiomatiques mais plutôt sur des formes épurées, ôtées des accidents, relevant d'une simplification des caractères apparents réduite à l'essentiel, pour être aptes à accueillir des données instrumentales ou refléter des théories. Telles sont les fondations du modèle en ruban. Et les constructions visuelles de nouveaux modèles pourraient provenir d'autres formes « géométriques » qui sont en mesure de servir de motifs pour construire un tissu de relations bien proportionné et adéquat pour mettre en image les caractéristiques d'objets invisibles. La question qui se pose n'est pas d'ordre disciplinaire dissociant les influences possibles qui proviennent de l'art et qui sont susceptible d'impacter la visualisation scientifique. Il s'agit plutôt d'attribuer à des symboles des propriétés spécifiques d'une série d'objets appartenant à la même catégorie scientifique, tout en sachant moduler les variations des données instrumentales au type de symbole choisi. Le ruban, hypothétiquement, aurait pu être remplacé par d'autres formes, tel qu'une ligne en pointillé ou une série de petits cercles, à condition d'avoir trouvé dans ces figures les moyens de restituer les propriétés de la protéine avec la même efficacité. Ce n'est pas le symbole en soi qui fait la différence, ce sont les propriétés qu'on lui attribue et qu'un agent est en mesure de construire et d'expliquer pour que la communauté de destination les interprète correctement.

⁷²⁸ Voir chapitre 4, paragraphe 4.2.2.

⁷²⁹ Voir chapitre 2, paragraphe 2.1.1 et 2.2.1.

Le problème qui peut soulever des interrogations est dans quelle mesure l'introduction des nouveaux symboles pourrait recevoir un consensus dans la communauté scientifique. Ce genre de parcours est parsemé d'obstacles. Certaines d'ailleurs légitimes, pour la bonne raison qu'il faut être attentifs au fait de produire des images qui répondent à des critères de rigueur et d'exactitude dans les prévisions des propriétés ou du comportement de l'objet considéré. D'autres obstacles sont plus ancrés dans une pratique scientifique qui fait plus confiance aux méthodes établies et qui est moins encline à de nouvelles expériences dans la représentation.

Les compositions de Taverna sont probablement plus soumises à ce genre d'obstacle qu'à une pertinence de ses motifs plus ou moins juste, ou stricte, aux notions scientifiques qui l'inspirent. N'étant pas scientifique, l'artiste invente des motifs pour visualiser des concepts scientifiques, mais il n'est pas censé posséder les compétences techniques qui pourraient le conduire à savoir adapter ces motifs aux données instrumentales. Ce sont des compétences que Furugren maîtrise et qui ont conduit son modèle à s'imposer dans le monde de la biochimie. Sans que des scientifiques, sensibles aux constructions plastiques d'un artiste comme Taverna, interviennent pour adapter ses images à la recherche de laboratoire, ses tableaux risquent de rester dans le domaine de l'art sans pouvoir franchir celui de la science expérimentale. Certes, les compositions de Taverna sont toujours susceptibles de fournir des images au scientifique passionné d'art, qui peut les confronter à celles dérivant de sa pratique habituelle. Elles sont aussi en mesure de lui plaire ou d'enrichir son imagerie visuelle. Elles peuvent même lui inspirer de nouvelles formes de visualisations. Mais le chemin qui conduirait les tableaux du peintre à entrer dans la pratique d'une communauté scientifique semble ardu sans l'intervention d'un intermédiaire capable de leur attribuer des significations précises, les rendant souples et à la fois rigoureuses afin qu'elles s'intègrent aux procédures et aux expériences de laboratoire. En ce sens, le chemin pour que ses motifs soient intégrés dans des visualisations scientifiques n'est pas impossible mais apparaît difficile.

En considérant à présent l'œuvre de Taverna d'un point de vue artistique, on remarque qu'il adopte des moyens que l'on pourrait qualifier de classiques dans la mesure où ses peintures assimilent la tradition des avant-gardes⁷³⁰ et la poursuivent. La construction de l'espace reçoit l'héritage des recherches cubistes qui visaient à abandonner toute perspective pour accueillir la multiplicité des plans et des points de vue sur l'objet. Dans ses œuvres, on reçoit parfois l'impression de repérer un solide géométrique qui s'insère dans un espace tridimensionnel mais il ouvre vite en son sein de nouvelles profondeurs, il se superpose à d'autres figures ou il se restructure par différentes combinaisons. La couleur joue un rôle

⁷³⁰ *Classique* en oppositions aux courants actuels qui délaissent la peinture et la tradition non figurative de ce dernier siècle. Nous allons voir dans quel autre sens nous allons lui attribuer l'appellatif de *moderne*.

essentiel dans cette reconstruction continue. Elle définit les petites surfaces monochromes qui s'agencent mutuellement pour produire des éloignements et des oppositions, ou bien pour fournir les premières indications d'une figure naissante. La lumière, éclairant certaines parties des objets ou des plans que la composition expose, contribue à consolider le processus de reconstruction. Couleur et lumière ne sont pas étrangères aux solutions plastiques que des artistes comme Victor Vasarely (1906 – 1997) et le mouvement artistique de l'art optique et cinétique ont menées dans la seconde moitié du siècle dernier. Mais Taverna est moins intéressé par le fait de rendre équivoque et ambiguë la perception des volumes⁷³¹ ou à faire ressurgir la profondeur des objets et des plans par des effets optiques, qu'à instituer une nouvelle vision de l'espace imprégné des concepts scientifiques. Il n'est pas à exclure que ses intérêts picturaux se soient adressés au futurisme par le sens du mouvement que les structures présentes dans la composition (fig. 6.9) peuvent susciter. En particulier, il ne serait pas non plus impropre de voir certaines de ses recherches sur la dynamique de l'espace se rapprocher de celles de Giacomo Balla (1871 – 1958), notamment par ses études sur le chromatisme⁷³² et par l'interpénétration des plans⁷³³ des figures qui conduisent à un effet de profondeur.

Dans la réception et la récupération des avancées de la tradition picturale, à partir du cubisme et des avant-gardes, nous avons étiqueté le peintre Taverna comme classique. Le pinceau et la toile qu'il emploie sont d'ailleurs parmi les instruments les plus traditionnels dans le monde de l'art pour exprimer des idées. Mais sa modernité⁷³⁴, et donc son actualité, se manifeste dans l'assimilation des concepts issus de thèmes scientifiques récents qui sont censés modifier profondément notre conception de la réalité et du monde dans lequel nous vivons. Ces notions s'articulent autour des sujets comme la relativité générale qui conduit à concevoir l'espace comme une entité capable de se modifier, de se courber et d'assumer, au sein d'entités exotiques (trous noirs et trous de ver), des configurations exceptionnelles ; la brisure de symétrie qui conduit à la différenciation des matériaux pour atteindre les formes les plus élémentaires de la vie ; ou encore la nature des entités les plus petites qui constituent la trame et le tissu qui se cache derrière la matière et qui compose le monde. Pourtant, ces thèmes occupent généralement l'intérêt d'une partie de la communauté restreinte des scientifiques et

⁷³¹ Voir : GAUTHIER, Michel et PIERRE, Arnaud. Vasarely: le partage des formes. Paris, Centre Pompidou, 2019. Catalogue d'exposition, p. 18.

⁷³² Par exemple la série de *Compénétrations iridescentes* des années 1912-1914 dont la n.7 est conservée au musée Galleria d'arte Moderna de Turin, dont on peut voir l'image à l'adresse : <https://www.gamtorino.it/it/le-collezioni/catalogo-delle-opere-online-gam/compenetrazione-iridescente-n-7> [consulté le 20 août 2020].

⁷³³ On pense au tableau *Mon instant du 4 avril 1928 à 10 heures 2 minutes* de 1928 conservé à la Collezione Balla à Rome. Aucune reproduction n'a été trouvée sur Internet.

⁷³⁴ Dans ce contexte le mot « moderne » n'indique plus la modernité en tant que période historique et artistique, comprise entre le début du XV^e siècle et la fin XIX^e se caractérisant par la figuration. Il signale plutôt le caractère de nouveauté de sa peinture qui se rapporte à l'époque actuelle.

seraient destinés à rester confinés dans des débats de spécialistes si les revues et les sites de vulgarisation ne s'employaient à ouvrir une fenêtre sur ce monde compliqué et hermétique à la compréhension. Pour Taverna, l'approche de ces matières ne relève pas de la suggestion ou d'idées qui pourraient fournir des sujets avenants pour ses peintures. Il est question pour lui de mener des études sur les thèmes scientifiques et proposer des solutions plastiques qui répondent aux questionnements de la science. Il récupère ainsi une conviction qui dote l'art d'un pouvoir de connaissance sur la réalité qui est susceptible de s'intégrer à d'autres formes d'enquête épistémiques, scientifique et même philosophique⁷³⁵.

Si l'on comparait Taverna et Corbasson on remarquerait tout d'abord que l'artiste française est plus intéressée par le fait de déceler l'aspect esthétique de la science. Sa démarche artistique vise à relever une forme de beauté dans les images scientifiques qui s'effectue par association entre le microcosme et le macrocosme, par le fait de saisir dans une forme ses aspects étranges et insoupçonnés, par l'habileté de savoir extraire de l'imagerie scientifique des allusions et des renvois à une quête personnelle que l'observateur de ses œuvres est invité à partager. L'image scientifique, aussi bien que les notions qui lui sont associées, doit se libérer de son cadre et de sa signification d'origine pour pouvoir exercer son pouvoir esthétique. Les croisements entre les deux disciplines peuvent advenir par *accidents*, dans la mesure où l'œuvre de l'artiste part d'un contexte de science, mais en brise le lien pour énoncer des mondes désormais poétiques et indépendants. Le scientifique perçoit alors que la matière traitée lui est familière, mais il doit s'employer à saisir les significations diverses et la beauté secrète qui se cachent derrière elle. L'artiste, par son œuvre, le conduit à l'exploration de ces dimensions inattendues.

« La découverte... ça je laisse au travail scientifique⁷³⁶ » nous confie Corbasson, lorsqu'il s'agit d'entrer dans les mécanismes et dans la méthode heuristique des sciences. Taverna adopte une position opposée. Il ne laisse pas la découverte scientifique à son cadre d'origine mais il se l'approprie de manière à relever le défi d'une compréhension de l'espace par la voie de l'art. L'auteur italien veut y participer et apporter sa contribution. Son esthétique vise moins la beauté qu'une forme de connaissance. Même si ses constructions plastiques suscitent une appréciation qui possède des caractères plaisants ou agréables, elle demeure soumise à un but heuristique. La dimension artistique se trouve ainsi investie par les questionnements qui occupent la recherche scientifique.

⁷³⁵ La tradition de la pensée qui dote l'art d'un pouvoir de connaissance sur l'essence de la réalité (ontologique) est ce que Schaeffer nomme *théorie spéculative de l'Art*. Bien qu'en ayant une position critique et parfois défavorable, il fait une synthèse claire et approfondie de cette conception de l'art. Voir : SCHAEFFER, Jean-Marie. *L'art de l'âge moderne: l'esthétique et la philosophie de l'art du XVIIIe siècle à nos jours*. Paris : Gallimard, 1992. NRF essais. Voir en particulier l'introduction, p. 11-24.

⁷³⁶ Voir annexe 3 Caroline Corbasson, ligne 66.

Taverna et Corbasson représentent deux aspects d'une même orientation artistique qui se confronte avec la science. Elle ne saurait être confondue avec un mouvement artistique précis, du fait qu'il manque une action collective d'artistes susceptible de suivre des approches similaires, une convergence de propos ou des règles établies, comme ce serait le cas s'il y avait un manifeste. Elle exprime pourtant une affinité d'intérêts pour un domaine qui, à l'époque actuelle, fournit un formidable réservoir d'images et de notions capables de susciter un grand étonnement, une profonde admiration⁷³⁷ et une interrogation sur la nature des choses. Que cela soit dans les découvertes qui révèlent les mondes du cosmos, dans la recherche des constituants fondamentaux de la matière ou dans la quête menée sur la nature même de la réalité, la science apparaît comme un facteur déclencheur de l'inspiration et de la recherche artistique.

⁷³⁷ La science n'est toujours pas un élément de séduction pour les artistes. Une démarche artistique qui vise à la critiquer et la parodier est celle du liégeois Eric Duyckaerts (1952-2019), voir BEYAERT-GESLIN, Anne et DONDERO, Maria Giulia (dir.). *Arts et sciences: Approches sémiotiques et philosophiques des images*. Liège : Presses Universitaires de Liège, 2014. *Cultures Sensibles*, p. 33. Nous signalons en particulier sa vidéo intitulée *La barre de Sheffer*, faisant partie de la collection du Centre Pompidou et disponible à l'adresse Internet : <https://www.dailymotion.com/video/x1ibpv> [consulté le 21 août 2020].

CONCLUSION

L'image nourrit un rapport complexe avec la réalité. La tendance à croire qu'il peut y avoir des illustrations qui en soient le miroir est à prendre avec beaucoup de précautions. L'habitude qui nous accompagne dans nos actions quotidiennes conduit à croire que ce que nous voyons correspond avec exactitude au monde qui existe en dehors de nous. Par le même processus d'acquisition de la connaissance, les instruments scientifiques qui nous permettent d'explorer l'infiniment petit ou l'infiniment grand dévoilent avec fiabilité des propriétés d'objets invisibles, comme si nos capacités de vision étaient augmentées jusqu'à pouvoir les atteindre.

Pourtant, la fiabilité n'implique pas l'exactitude ni la complétude⁷³⁸ dans le monde de la mise en image scientifique. Les instruments, comme les divers types d'appareils microscopiques ou même les télescopes, sont de formidables outils de recherche et ils fournissent une imagerie conséquente, mais ils demeurent toujours redevables aux théories qui sont le produit de l'intelligence d'une époque donnée. La pratique du codage des informations issues d'une captation instrumentale demeure elle aussi soumise à des pratiques établies et aux usages que chaque discipline a coutume de consolider et homologuer.

En dernier recours, c'est l'homme en tant qu'individu connaisseur qui filtre les données qui lui arrivent de la réalité qu'il perçoit. Il est toujours soumis non seulement à la limite représentée par les capacités de ses sens, comme la perception d'une toute petite quantité du spectre électromagnétique (spectre visible), mais surtout par le mécanisme du cerveau qui gère les informations perçues. Le processus d'élaboration cérébrale conduit à une construction prédictive et probabiliste de la réalité. Les expériences menées en psychologie cognitive et en neuroscience conduisent à penser que les couleurs ne sont pas réelles mais elles sont fabriquées par notre cerveau qui les associe aux longueurs d'onde de la lumière. Devant des situations spécifiques, celui-ci génère pourtant des erreurs dans leur élaboration et leur visualisation. Ce sont les illusions optiques, aujourd'hui bien étudiées, qui en donnent des exemples saisissants. Il en va de même pour la perception de la structure de l'objet, c'est-à-dire son agencement spatial dans l'environnement. Le cerveau reconstruit continuellement sa forme sur la base des connaissances précédemment acquises à partir d'objets similaires et par rapport à la situation spécifique que l'observateur regarde. Là aussi de nombreuses expériences témoignent d'un fonctionnement prédictif qui est susceptible, dans certaines circonstances, de produire des

⁷³⁸ Nous avons relié la définition de ces deux mots à l'abstraction et à l'idéalisation. Voir chapitre 2.

interprétations non correctes des images. Mais au lieu de montrer ses limites, ces recherches nous amènent au cœur de sa stupéfiante mécanique interne qui a conduit le genre humain à survivre et à se développer dans les divers environnements.

En tenant compte de l'ancrage des théories à une époque donnée, des systèmes de codages qui privilégient des procédures établies et des processus fonctionnels qui dirigent les mécanismes de fonctionnement de notre cerveau, il apparaît difficile d'affirmer que l'on peut accéder à la vraie nature d'un objet et à l'image qui lui correspondrait. Par conséquent, les images ne peuvent qu'être conditionnées par la pensée individuelle, par les connaissances d'un temps déterminé et par le médium qui les décrit. Dans ce cadre, suivant la pensée de Nelson Goodman, il est apparu nécessaire de considérer l'image, quelle que soit sa nature et quel que soit son support (photographique, picturale, filmique ou dessinée ; scientifique ou artistique), comme un système symbolique apte à construire un monde – une *version* du monde – qui est susceptible d'être correct selon des référentiels auxquels il se rapporte. Chaque version, non seulement est redevable aux versions précédentes sur lesquelles elle s'est construite, mais elle est aussi en mesure d'influencer les représentations d'autres secteurs disciplinaires qui contribueront à bâtir de nouvelles versions du monde.

La réflexion de Chakravartty a mis en lumière que dans sa manière de re-produire le monde la représentation scientifique est soumise à deux conventions : l'abstraction et l'idéalisation. La première indique le processus de construction d'un système représentationnel qui sélectionne seulement certains des nombreux facteurs potentiellement pertinents pour la compréhension et l'explication de l'état ou du comportement d'un objet (cible). Cette sélection omet des éléments qui font partie de l'objet ou de son comportement mais qui ne sont pas retenus dans la représentation. Bien qu'incomplète, celle-ci demeure toutefois correcte et acceptable pour décrire des propriétés de l'objet dans un contexte scientifique spécifique. La seconde forme de convention, nommée idéalisation, consiste à appliquer un processus de distorsion ou de déformation à l'objet présent dans la représentation, tel qu'il ne pourrait jamais exister dans la réalité, du moins selon les lois et les théories admises. Proche d'un mode fictif de représentation, l'idéalisation conduit tout de même à des descriptions et à des résultats prédictifs corrects, qui sont utilisés couramment dans les modèles scientifiques. En définitive, la plupart des représentations dans le domaine de la science assimilent les deux conventions sur divers niveaux.

Par analogie, le processus d'abstraction a été relié à l'art non seulement pour le caractère de sélection des traits formels que l'image artistique comporte nécessairement, mais aussi pour l'opération mentale qui consiste à privilégier la vue en tant que mode de connaissance préférentiel de la réalité. À partir de la Renaissance, la tendance à faire converger l'expérience

visuelle vers l'expérience de connaissance se répand et se généralise dans le milieu artistique, trouvant un exemple fondateur dans l'œuvre et dans les réflexions de Léonard de Vinci. L'habileté de réunir les éléments essentiels à la connaissance et à la reconnaissance de l'objet (permanence, stabilité et objectivité), et la capacité à les mettre en image selon un principe régulateur qui élabore une figure prototypique, faisant office de modèle, favorise la naissance de l'image scientifique naturaliste. Grâce aussi à l'imprimerie les modèles se propagent, soutiennent et apportent une contribution essentielle à l'explication du texte. Les planches anatomiques de Vésale indiquent que la même opération d'abstraction est employée encore aujourd'hui dans les manuels universitaires de médecine.

Le processus d'idéalisation a été mis en rapport avec l'art notamment à partir d'une période de changement artistique dont les précurseurs (Cézanne, Van Gogh et Gauguin) ont posé les bases pour des mouvements comme le fauvisme et le cubisme. Ces avant-gardes, en tant que cas exemplaires d'une tendance plus générale dans les arts visuels, ont su redéfinir l'approche à l'objet par un processus de déformation et de modification radicale. Restituer la réalité dans un tableau par des formes dissemblables à son apparence visuelle ne signifiait pas uniquement introduire la dimension intérieure du peintre dans le tableau, mais correspondait aussi à la nécessité de découvrir les aspects cachés du réel au-delà de ses manifestations concrètes. La période des grandes découvertes scientifiques qui marque la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle se répercute aussi sur les artistes, probablement moins en ce qui concerne l'influence d'une théorie comme celle de la relativité d'Einstein, mais sûrement davantage pour ce qui est de l'effet que le commodisme de Poincaré et les géométries non euclidiennes ont produit. Le processus d'idéalisation en art peut ainsi être interprété sous une optique fonctionnaliste dans la mesure où la fonction d'une œuvre s'assimile à une procédure qui implique et renouvelle l'expérience de la réalité.

Le rapprochement entre représentation scientifique et représentation artistique a été au centre des réflexions de deux auteurs, Hughes et Suárez, qui ont mis en évidence une convergence vers un même mode de fonctionnement. Selon Hughes le sujet d'une représentation (sujet secondaire), qu'il soit une théorie physique comme celle des ondes ou bien l'image allégorique d'un tableau, ne se limite pas à renvoyer vers un sujet primaire (la cible) en nous donnant des informations ou une description de ses propriétés. Il nous invite à penser le sujet primaire en termes d'un sujet secondaire comme si ce dernier avait une vie propre, une dynamique interne, apte à expliquer et à anticiper le comportement et les caractéristiques de la cible. Ainsi la représentation conduit au *raisonnement de substitution* qui lui confère un pouvoir inférentiel et prévisionnel.

Suárez adopte le même type de raisonnement mais le précise en indiquant que le sujet secondaire (source) doit posséder une *force* qui consiste à conduire un agent informé et compétent à pouvoir formuler des considérations sur la cible. Cette force se fonde généralement sur un consensus construit au sein d'une communauté spécifique (objectivité) et sur l'usage apte à faire fonctionner efficacement la source dans sa liaison avec la cible (efficacité). Une fois la force établie, le raisonnement de substitution conduit l'agent à pouvoir émettre des déductions sur la cible à partir de la source. L'adhésion à une forme de réalisme (similarité) en tant que source ressemblant à la cible n'est pas nécessaire à la construction d'une représentation réussie et efficace.

Le système de Hughes autorise à penser que la barrière qui s'est instituée entre art et science ne relève pas d'incompatibilité intrinsèque aux deux domaines. Si le mode de fonctionnement de la représentation repose dans les deux cas sur le raisonnement de substitution, l'opposition se déplace sur l'opportunité d'adopter un mode de visualisation plutôt qu'un autre et sur l'interprétation qu'on peut lui attribuer. Si pour Suárez la force est alimentée par les usages établis, l'obstacle potentiel se déplace alors dans l'introduction de nouvelles sources qui pourraient déstabiliser les utilisations courantes, admises et conventionnelles, qui sont instituées par les agents d'une communauté scientifique. Dondero, dans le processus de construction de l'image scientifique, met d'ailleurs en lumière l'importance et le rôle que jouent les règles représentationnelles et expérimentales (les codes) d'une discipline avec lesquelles l'agent doit constamment négocier pour produire la figuration de l'objet de ses recherches.

Ces règles ont pour but de conduire la communauté des scientifiques qui reçoit l'image d'un objet à pouvoir l'interpréter correctement. La stabilisation du sens, et donc son institutionnalisation, apparaît nécessaire afin que le produit scientifique puisse être véhiculé convenablement à l'intérieur de la communauté et afin que sa lecture ne présente pas d'ambiguïtés. La polysémie typique d'une œuvre artistique ne peut qu'être remplacée par une interprétation qui tende à faire coïncider le propos de l'auteur avec la compréhension du lecteur. Les codes sont des outils qui vont dans cette direction et contribuent à diriger la lecture et à restreindre au maximum la liberté d'interprétation. Pourtant les codes, comme Mercier le met en évidence, ne relèvent pas uniquement d'une discipline scientifique spécifique mais découlent d'une pratique culturelle plus ample, qui s'est enracinée historiquement dans la mentalité occidentale et dérive aussi d'une lecture traditionnellement liée aux images artistiques.

La réflexion menée a conduit à la mise en évidence de l'existence d'un rapport analogique entre représentation scientifique et représentation artistique fondé sur les

conventions de l'abstraction et de l'idéalisation, ainsi que sur le mode de fonctionnement dérivant du raisonnement de substitution. Une convergence possible entre les deux domaines apparaît pourtant freinée par les usages et les codes qui, dans le domaine scientifique, semblent repousser toute possibilité d'assimilation des produits artistiques. Un double questionnement a donc traversé notre étude : des formes et des motifs issus des arts visuels ont-ils pu être introduits dans le domaine de la recherche scientifique ? Et y a-t-il eu au moins un modèle né de la main d'un artiste et qui s'est imposé dans une spécialité scientifique ? La réponse est affirmative pour les deux interrogations.

Dans le domaine de la microbiologie, l'utilisation des motifs artistiques de la part de la biochimiste Richardson a été importante pour communiquer des résultats de recherches effectuées sur les propriétés d'objets invisibles comme les protéines. En particulier, l'emploi des méandres des vases grecs anciens ou l'exemple de l'origami ont favorisé la compréhension de certains modes de repliement des protéines. D'abord destinées à des articles ou des conférences pour la communauté des spécialistes, certains de ces motifs artistiques comme les méandres grecs sont couramment utilisés aujourd'hui dans les manuels universitaires.

Si l'on devait s'appuyer sur la littérature qui traite de l'origine d'un des modèles les plus employés pour visualiser les protéines on ne pourrait qu'attribuer son invention à la biochimiste Richardson. Mais poussant un peu plus loin nos recherches et vérifiant systématiquement les sources des articles qui l'ont adopté dans les années 70-80, nous avons découvert que le modèle en ruban est né de la main d'un homme qui était d'abord artiste et qui est devenu ensuite professeur de chimie à l'université : Bo Furugren. Cet homme suédois, ayant une double formation artistique et scientifique, a su répondre à l'un des enjeux les plus compliqués dans la biochimie de son époque : construire un modèle fiable et efficace de protéine. Ses dessins publiés dans des articles scientifiques en 1973 et en 1975 laissent peu de doutes quant à la paternité de ce modèle qui, depuis, ne cesse d'être utilisé dans les articles scientifiques et dans les manuels universitaires pour visualiser la structure des protéines. Certes, en l'adoptant Richardson a contribué à son succès et à sa diffusion notamment grâce à un article célèbre datant de 1981. Mais l'opération que Furugren a su élaborer est de taille : il s'agissait de faire correspondre aux détections instrumentales une forme cohérente, claire et à la fois adaptable aux diverses configurations des protéines. Le succès du modèle en ruban qu'il a inventé lui a donné raison. Peu de chimistes savent que ce mode de visualisation des protéines est issu d'un artiste dessinateur qui venait de sortir de Beaux-Arts de Stockholm et qui est resté dessinateur toute sa vie parallèlement à sa carrière universitaire. Cela apporte la confirmation nécessaire pour établir que la pratique artistique peut contribuer à la construction de modèles employés dans la recherche scientifique.

Dans la seconde partie comprenant les deux derniers chapitres de notre étude, il a été question d'aborder les productions artistiques qui s'inspirent directement d'images ou de notions scientifiques. La vue d'artiste met généralement en image sur des sites ou dans des revues de vulgarisation scientifique des suppositions qui sortent des investigations ou des spéculations des sciences. L'apport imaginaire qu'elles recèlent ne peut pas les faire correspondre à la fiabilité d'un genre d'image issu par exemple d'une détection instrumentale. Elles s'inscrivent pourtant dans un type de visualisation où l'imagination traduit en images des données et des connaissances scientifiques. Ce genre a influencé directement Furugren dans la construction de son modèle en ruban par l'œuvre de l'illustrateur scientifique Irving Geis, et est susceptible de fournir des éléments utiles pour la mise en image d'objets inconnus ou invisibles.

Les photographies retouchées provenant de détections astronomiques et paraissant par exemple sur des sites Internet comme ceux de la NASA ou de l'ESA contribuent à produire une esthétisation de l'image scientifique. Conformément à un idéal de beauté facilement accessible, composées de couleurs vives et accentuées, ainsi que par des formes surprenantes, elles sont néanmoins en mesure d'évoquer des catégories esthétiques bien plus anciennes comme le sublime. Certaines de ces photographies, comme celles de Michael Benson, produisent un effet que nous avons associé à la surprise, à l'admiration et à l'élévation. Le sentiment d'une puissance de la nature et la fascination pour l'immense, l'infini et l'illimité émergent aussi de cette imagerie astronomique. L'homme peut ainsi paraître dans toute sa petitesse vis-à-vis de ces phénomènes majestueux, mais sa capacité de pouvoir les saisir est en mesure de le conduire à dépasser ses limites et à l'inciter à élever ses forces et ses facultés au-delà des préoccupations ordinaires.

Dans le monde de la micrographie, une autre tendance caractérise l'esthétisation de l'image : le merveilleux. On le retrouve notamment dans les photographies microscopiques présentes dans les concours internationaux mais aussi dans les revues de divulgation scientifiques. Faisant ressurgir généralement les micro-organismes qui peuplent le monde microscopique, ceux-ci se présentent dans des formes insolites et excentriques, quelquefois bizarres ou drôles, dans tous les cas surprenantes et singulières. L'étrangeté de certains matériaux est aussi exhibée mais elle s'insère elle aussi dans une dimension féerique qui semble surgir des régions cachées du monde invisible. L'esthétique de la micrographie est redevable aussi à un phénomène d'emprunt qui se manifeste par l'association de la forme d'origine du spécimen photographié et de celle qui évoque des thèmes artistiques. L'appréciation esthétique est déterminée notamment par la capacité de l'image à susciter l'idée d'un paysage ou d'une œuvre picturale contemporaine. Certaines photographies astronomiques peuvent s'inscrire

dans une tendance similaire, mais plus articulée, permettant de saisir le contenu des rythmes, couleurs, proportions et formes dans une autonomie plastique qui se détache d'un référent figuratif notoire au même titre qu'une œuvre d'art picturale contemporaine non figurative.

Les deux artistes Corbasson et Taverna sont emblématiques d'une tendance qui se manifeste dans l'art actuel et qui veut que les notions et l'imagerie scientifiques soient perçues comme une source d'inspiration. Les œuvres de Corbasson laissent transparaître une interprétation libre de la science qui lui permet de construire des liens entre le microcosme et le macrocosme, de faire ressortir des aspects insoupçonnés de la nature, des connexions inattendues entre les choses, pour découvrir le monde d'une manière plus originale. Allant dans un sens inverse, un libre processus d'interprétation des motifs présents dans une œuvre artistique est susceptible de présenter des aspects très féconds pour la science. Délivrée de toute attache à son contexte d'origine, une composition artistique peut recéler des éléments visuels qui sont en mesure de s'adapter pour traduire des concepts ou des phénomènes scientifiques. Un scientifique pourrait ainsi s'appropriier ces éléments pour mettre en image le comportement ou les propriétés d'un objet, comme la biochimiste Richardson l'a fait en utilisant les motifs des méandres des vases grecs anciens pour expliquer la structure interne des protéines.

Dans sa démarche artistique, un peintre comme Taverna se propose de fournir des constructions plastiques qui répondent aux questionnements de la science. Par l'imagination et par ses études sur les théories scientifiques actuelles, ses compositions géométriques mettent en images les notions de cristal aperiodique, de brisure de symétrie, d'espace-temps et cherchent à donner une forme à la lumière en essayant de percer les secrets de sa nature intime. La transparence qui fait émerger des figures variées, les divers plans qui laissent entrevoir de multiples espaces, le changement continu de perspective mis en évidence par les contrastes chromatiques, caractérisent un langage pictural qui suggère des idées pour la visualisation des concepts scientifiques.

L'image scientifique ne semble pas pouvoir s'inscrire dans un type de représentation clos et imperméable aux influences extérieures. Son mode de fonctionnement qui relève d'un processus symbolique et les conventions qui l'accompagnent sont assimilables à ceux qui déterminent la représentation artistique. Les visualisations scientifiques se fondent sur des critères de rigueur et d'exactitude, mais leur utilisation courante dans la pratique de laboratoire et dans la communication entre ses membres tend à résister aux changements pouvant provenir d'autres domaines. Pourtant, les exemples de Richardson et surtout le modèle de Furugren témoignent du fait que les arts visuels et les sciences expérimentales sont susceptibles de s'intégrer pour construire des visualisations scientifiques réussies.

L'attrait et la fascination suscités par les découvertes de la science allant de l'infiniment petit à l'infiniment grand et remettant en cause la notion établie de réalité, ont provoqué une réponse du monde de l'art que nous avons identifiée en particulier avec l'œuvre de Corbasson et de Taverna. Si l'on suit les divers projets de collaboration entre artistes et scientifiques qui se manifestent de plus en plus dans le monde entier, il est possible que cette réponse artistique trouve un accueil favorable dans la pratique et dans la recherche scientifique.

ANNEXE 1 MATTEO BONAZZI

Entretien avec Matteo Bonazzi (8 novembre 2019)

Enquêteur : Gabriele Fedozzi (GF)

- Enquêté : Matteo Bonazzi (MB)
- Transcripteur : Gabriele Fedozzi
- Date : 8 novembre 2019
- Lieu : par téléphone
- Durée : 44min40s

[Début de la transcription]

GF : Prima domanda : esattamente quale lavoro fai ?

5 MB : Biologo ricercatore, direi.

GF : Lavori in un laboratorio ?

10 MB : Sono responsabile di un équipe di... diciamo... 10 persone in unità di ricerca. Quindi se lo devi mettere in un contesto amministrativo francese sono *responsable d'équipe* in un *unité de recherche du CNRS*.

GF : Perfetto ottimo.

15 MB : E il mio ruolo è *directeur de recherche du CNRS*. Quindi ho un posto da... come si dice.. da *fonctionnaire*.

GF : Perfetto, hai partecipato a dei concorsi di fotografia, nel ramo della... la chiamo microbiologia ?

20

MB : Sì sì, quello della Nikon Small World¹ e la stessa foto, perché alla fine è quella che m'era venuta bene [*petit rire*], ne ho altre carine ma niente di particolarmente spettacolare e ce n'era un'altra interna l'istituto Pasteur quando lavoravo lì.

25 GF : D'accordo benissimo

MB : e quella l'ho vinta !

GF : ah.. d'accordo, beh anche con l'altra hai avuto un *honourable mention*²...

30

MB : Sì l'altra è un *honourable mention* che non è male però non era stata messa in nessun mese dell'anno³...

¹ Concours qui prime les photographies issues de la microscopie : <https://www.nikonsmallworld.com/> [consulté le 8 novembre 2019].

² Pour voir la photographie de Matteo Bonazzi : <https://www.nikonsmallworld.com/people/matteo-bonazzi> [consulté le 9 novembre 2019].

³ Référence aux meilleures photos primées qui sont affichées en tant que photos du mois ou de l'année.

35 GF : ok ok però si trova ancora su internet...

MB : Sì sì c'è c'è ma si trova un po' dappertutto, perché nel frattempo in realtà la proprietà intellettuale rimane dell'Istituto Pasteur, della mia capa e quindi ogni tanto vengo contattato io in quanto autore della foto da gente che dice la posso mettere in un libro ? Per illustrare così.. io rimando sempre alla mia capa, la mia ex capa, perché insomma è 40 lei e l'Istituto Pasteur che detengono la proprietà, il *copyright* quelle cose lì.

GF : Sì certo.

MB : Però sì un po' dappertutto, cioè dappertutto no però insomma la trovi in diversi posti.. 45

GF : infatti. Ascolta... quali sono secondo te le caratteristiche che apprezzi di più delle foto della microbiologia o, chiamiamole in senso più lato, del microcosmo ? E poi ti chiedo anche se secondo te questo tipo di fotografia ha un nome... Perché io la definisco microbiologia ma poi magari è un altro nome... 50

MB : No microbiologia, quello che si definisce ufficialmente microbiologia è quello che studio io ed è la biologia dei batteri praticamente, patogena e non patogena. Però quello che definiamo microbiologia... c'è chi anche ci mette in mezzo virus e parassiti... In realtà c'è un po' dibattito ma microbiologia per tanti vuol dire la batteriologia, lo studio dei batteri 55 quindi va al di là... è un sottocampo della microscopia, nel senso che [nella] microscopia puoi fare cellule, puoi fare quello che ti pare insomma, diciamo può essere limitante... come si può chiamare... microfotografia forse ?

GF : sì ok. 60

MB : anche se poi forse microfotografia non lo so se.. dipende se qualcuno imposta dei limiti fino a tot mm [*petit rire*] e fotografia fino a tot [*petit rire*] micrometri, però forse più microfotografia, più che microbiologia.

65 GF : sì mi piace teniamo microfotografia, va bene.

MB : Anche perché c'è chi lo fa... c'è chi fa della microscopia su dei materiali per esempio.

GF : esattamente 70

MB : quindi non è nulla di biologico però... e sono bellissime anche quelle foto lì, ci sono mi sa anche nei calendari Nikon, c'è chi manda delle fotografie del microscopio elettronico, del microscopio scansione, di nanoparticelle e cose così, bellissime da vedere ! sono incredibili, bellissime... quello che è bello secondo me è appunto vedere dei dettagli che non vedi ad occhio nudo e per alcune cose, per alcune strutture sia biologiche che non, è la simmetria tipo per esempio per le nanoparticelle per esempio non sono naturali, cioè sono fatte dall'uomo, ma quando le vedi al microscopio elettronico hanno tutte una simmetria, una geometria che è bellissima da vedere. E se no quando vai a vedere per esempio al microscopio quei micro ehm... come si chiamano... sono degli animaletti 75 acquatici, non mi viene il nome.. ehm... degli organismi monocellulari acquatici, vedere al microscopio ottico o elettronico, è bellissimo perché tu vedi tutti i vari dettagli : la simmetria le varie parti che vanno a caratterizzare... ma come quando vedi per esempio l'occhio di una mosca al microscopio, è allucinante... i dettagli che puoi vedere e che non puoi vedere ad occhio nudo. 80

85

GF : Certo certo interessante quanto mi dici. Adesso a proposito di questo giustamente come vengono scelti i soggetti da mostrare in foto che hanno uno scopo estetico, secondo te sono trovati durante una ricerca in laboratorio e poi trasposti in foto oppure sono direttamente costruiti in laboratorio in vista che ne so di un concorso ?

90

MB : Dipende dal campo di studio. Per esempio chi fa nanoparticelle può effettivamente divertirsi a fare qualcosa di artificiale che però sia bello da vedere, quello che facciamo noi hai un po' le mani legate a un certo punto, nel senso che non puoi, una cellula è una cellula, come viene viene. Quello che possiamo fare, diciamo che lo scopo principale che abbiamo noi è quello di comunque prendere fotografie anche se non sono esteticamente bellissime ti mostrano un fenomeno naturale che farà poi parte del tuo articolo, della tua cosa, mentre... siccome per dimostrare una nostra tesi devi spesso prendere molte foto per poi fare delle quantificazioni, per dire se il fenomeno che tu osservi è frequente o se lo vedi una volta ogni morte di papa quindi non è rilevante, quindi prendendo tante fotografie è chiaro che puoi capitare per caso su quella, come è successo a me su quella famosa fotografia che hai visto tu⁴, non l'ho fatta io apposta ma a forza di prendere fotografie un giorno al microscopio sono cascato su questa cellula e ho detto : madonna ma questa è bellissima ! e quindi prendi la foto sapendo che quella la tieni da parte e dici che oltre a fare parte di un articolo scientifico può anche essere usata per concorsi. Quello che fanno tanti giornali, tutti i giornali scientifici quando tu pubblichi un articolo ti chiedono sempre se hai una foto particolare che vuoi sottoporre al giornale per fare per esempio la copertina di quel numero della rivista per esempio, quindi credo che tutti quelli che hanno il nostro lavoro hanno sempre un occhio di riguardo... l'interessante, l'importante è dimostrare la tua tesi, però se nel frattempo caschi anche su qualche immagine e dici questa sarebbe bella da tenere per sottoporla a fare una copertina, la tieni sempre un po' a riguardo. Facendo il nostro lavoro non lo facciamo apposta, nel senso non passiamo del tempo a cercare la foto bella. Magari c'è gente che come passione oltre la biologia ha quella appunto della fotografia e quindi si dedica, che ne so... un giorno a settimana o al tempo libero, che ne so... il sabato viene a lavorare lo stesso apposta per cercare magari di prendere l'immagine bella, anche se non ha nessun significato scientifico. Non è il mio caso nel senso che non ho tempo per farlo [*petit rire*], però un'altra cosa invece che abbiamo fatto, c'è un'altra foto che ho fatto che è una via di mezzo tra quello che stiamo dicendo ed è stata scelta come copertina di un giornale, era una foto di microscopia elettronica a scansione, non so se hai presente, sono immagini quasi in 3D, ti danno un'idea del rilievo di una struttura, [in] microscopia elettronica, e su quella puoi farci del Photoshop, puoi colorare, nel senso... le modificazioni di Photoshop sono vietatissime per qualsiasi pubblicazione scientifica, è chiaro che dal momento in cui lavori a un'immagine per farci una copertina di un giornale, lì hai mano libera, puoi fare quello che ti pare : puoi cambiare i colori puoi togliere delle cose, aggiungere delle cose perché è chiaro che lì non stai più dimostrando un fenomeno naturale ma stai semplicemente facendo una foto artistica, e quindi in quel caso lì.. te la posso mandare se la trovo sul computer. C'eravamo divertiti a fare una specie di cosa un po' alla Andy Warhol : abbiamo preso questa fotografia elettronica che per definizione è in bianco e nero, grigia essenzialmente, con Photoshop ti puoi divertire a colorare delle parti diverse già per illustrare un pochino qual è una struttura rispetto a un'altra ma poi per fare associazione di colori magari estetici ecc. ecc. Quindi è un po' una via di mezzo, lì è una foto di qualcosa di naturale che hai preso per far vedere un fenomeno sulla quale però poi ti ci puoi divertire tu con Photoshop, con dei colori flash, con delle cose un po' così...

100

105

110

115

120

125

130

⁴ Il se réfère toujours à la photographie du concours Nikon parue sur le site : <https://www.nikonsmallworld.com/people/matteo-bonazzi> Consulté le 9 novembre 2019.

135 non ha più un utilizzo scientifico nel senso proprio del termine, però può essere scelta appunto per essere la copertina di un giornale, qualcosa del genere.

GF : Perfetto hai risposto alle due domande successive che ti volevo fare. Ascolta, quindi all'origine una fotografia è in bianco e nero e una fotografia scientifica è in bianco e nero però è vero...

140

MB : No no assolutamente.

GF : ecco esatto dimmi un po'..

145 MB : Oddio dipende.. Le fotografie al microscopio elettronico sono per definizione in bianco e nero perché il microscopio elettronico quello che fa è che spara degli elettroni su un uno schermo e quindi tu puoi schermare questi elettroni e quindi vedi delle cose, cioè se l'elettrone passa è luce, se l'elettrone non passa è buio. E quindi questo va a ricostruirti, senza entrare troppo nei dettagli, questo va ricostruirti un'immagine che è in bianco e
150 nero, cioè luce è buio e quindi la foto che ne risulta è per forza in bianco e nero o grigia, insomma come lo vuoi dire tu. Invece la microscopia... perché c'è poi la microscopia laser e la microscopia ottica, la microscopia ottica può essere semplicemente una lente di ingrandimento, quindi quello che tu vedi è essenzialmente trasparente, se tu guardi solamente una cellula microscopio, una cellula vivente che si muove, che fa tutte le sue
155 cose, al microscopio dove hai solo una luce una lampadina che ti illumina il tuo campione, quello che vedi è essenzialmente trasparente, nel senso.. quindi di nuovo più o meno in bianco e nero, comunque non colorato, perché le cellule singole sono trasparenti essenzialmente, quando invece vai a fare una foto come quella che hai visto tu⁵, in quel caso cosa fai fissi, usi dei composti chimici per fissare le cellule, nel senso
160 che le uccidi e le fai stare lì ferme immobili e poi usi degli anticorpi contro delle proteine, praticamente tu colori i vari comportamenti della cellula associandogli un fluoroforo, che sono delle molecole che rispondono a un' eccitazione di luce, che può essere laser o una lampadina e emettono una luce in una gamma, in una finestra particolare, dello spettro elettromagnetico. Quindi poi a seconda della videocamera che è associata al microscopio
165 tu puoi prendere ognuno di questi colori singolarmente, quindi hai di nuovo delle immagini in bianco e nero che tu poi ricomponi, dici questo canale piuttosto che bianco e nero lo faccio rosso, per esempio nella foto⁶, non so se ce l'hai sotto [gli occhi], mi sa che la cellula la vedi con dei fasci rossi, che è lo scheletro praticamente della cellula, poi puoi mettere un altro colore, lo puoi mettere verde, un altro colore lo puoi mettere... poi scegli tu artificialmente il colore che vuoi dare alle fotografie, però.. è difficile dire che
170 è in bianco e nero, ce ne sono alcune che sono in bianco e nero alcune che sono semplicemente non colorate, è un contrasto quando vedi una cellula trasparente bianco e nero boh... è trasparente... non lo so [*petit rire*]... mentre la microscopia come quella dell'immagine così è una microscopia a fluorescenza, quindi spesso il microscopio ti rimanda delle foto che sono effettivamente in bianco e nero, ma che tu componi, quella che vedi tu è praticamente una composizione di diverse immagini, una nella quale vedi la cellula, una nella quale vedi batteri, una nella quale vedi mi sa che c'è il nucleo della cellula, quindi le componi una sopra all'altra dando dei colori diversi a ogni canale e ti dà una foto come quella che hai visto tu. Mi sa che ne esistono diverse versioni anche di
175 quella foto lì, una volta ho provato a fare la cellula con quei fasci rossi, un'altra c'è una versione con i fasci che sono blu, puoi scegliere tu effettivamente, è abbastanza arbitrario.

180

⁵ Toujours la même photographie, reproduite à la fin de l'interview. Voir figure 1

⁶ Chaque fois qu'on se réfère à une photographie ce sera toujours la même de la figure 1.

GF : Certo benissimo, hai risposto perfettamente alla domanda. Comunque una cosa da sapere,
185 quella foto che tu hai fatto che io ho visto è che ci siamo mandati, quella che ha vinto
l'*Honourable Mention* di Nikon, con quella foto lì ha uno scopo estetico o l'hai trovata a
partire proprio da una ricerca scientifica : hai detto *tac.*.. la fermo questa ha anche un
valore estetico oltre che scientifico ?

MB : Sì sì assolutamente l'esperimento è stato fatto per dimostrare un fenomeno scientifico non
190 per fare una bella foto poi è botta di culo, magari con tutti gli esperimenti che fai al
microscopio ti capita esatto quella foto e ti dici questa è bellissima la tengo nel cassetto
e alla fine paradossalmente quella foto lì non è mai finita in un articolo scientifico [*rire*],
invece l'abbiamo usata per altri scopi però l'esperimento che è stato fatto da cui è risultata
195 quella foto lì è stato un esperimento con un vero significato scientifico non era per fare
una bella foto. Diciamo che abbiamo trovato una bella foto facendo l'esperimento.

GF : D'accordo perfetto perfetto.

MB : È vero che come dicevamo se il tuo scopo è quello di fare una bella foto e basta e hai del
200 tempo da perdere, ci sono modi per fare degli esperimenti che hanno più possibilità di
darti una foto spettacolare diciamo, però essendo, trattandosi comunque di cellule, di
batteri, hai la mano un po' legata, nel senso che purtroppo cioè sono fenomeni naturali,
quindi se succede bene se non succede non ci puoi fare più che tanto.

GF : Ok e ascolta secondo te quali sono le caratteristiche che è necessario mettere in luce per
205 partecipare a un concorso di fotografie di questo tipo diciamo di microfotografia?

MB : Ma.. non lo so, dipende molto anche dalle regole imposte dal concorso, in quel caso lì
210 non ce n'erano in particolare se mi ricordo bene, era giusto qualsiasi foto presa al
microscopio che fosse esteticamente bella o interessante e non so... dipende se tu hai
un'idea tua, se chi fa anche questi concorsi di foto e che si dà un tema, io non ho mai dato
un tema particolare quello che per il mio punto di vista una foto che sia bella deve essere...
deve avere una certa simmetria deve essere... non lo so non ci ho mai pensato in
215 particolare, i colori come abbiamo detto li puoi scegliere tu a posteriori, quindi non è una
cosa che pensi quando prendi la fotografia, per me quando trovo una cosa che può essere
interessante viene da una forma della cellula, tempo fa a trovammo una cellula che era
fatta a forma di cuore, magari non è esteticamente bella da mandare a un concorso però
era divertente, quindi presi quella foto lì per fare così per divertire, però nel mio caso
220 particolare quello che mi attrae in questo tipo di foto, però ripeto è il mio senso, è
simmetria, cose che si ripetono, colori un'associazione di colori che sta bene che è
particolarmente interessante, questo.

GF : E adesso mi dici quello a cui sensibile, rovesciamo la domanda : c'è invece un'intenzione,
225 vuoi mostrare qualcosa in queste fotografie, che ne so un'idea, un'emozione, un proposito,
un tipo di bellezza ?

MB : Ma penso di sì, trattandosi di fenomeni comunque di cellule e batteri [*petit rire*] non è
possibile, però penso bellezza, nel senso dimostri quanto la natura possa comunque fare
230 delle cose che sono incredibili. Se pensi ai fiocchi di neve, le cose che tu non vedi, la
simmetria delle conchiglie nautilo, quando le tagli in due, cioè tutta la geometria è là. Nel
caso di quella foto lì non è tanto geometria perché sono tutte comunque.. non c'è
geometria ma c'è un senso estetico di come possano essere belle anche queste cose anche
se non le vediamo, anche se qualcuno magari dice una cellula che schifo ! [*rire*] poi
invece viste così, possono essere belle. Sì una nel mio caso quando vedo queste foto che

235 mi colpiscono ecc. [dico] guarda la natura come cavolo riesce comunque a fare delle cose
che sono spettacolari da vedere. Questo è probabilmente il senso, quello che affascinante
anche come si diceva prima queste strutture regolari che si ripetono, geometria eccetera
eccetera, la cosa che è interessante, non si applica alla foto lì della cellula, però ripeto le
240 conchiglie oppure questi organismi unicellulari marini eccetera eccetera, è affascinante
trovare comunque delle regole matematiche che permettono il ripetersi di alcune strutture
che vanno poi a dare una conchiglia, un organismo eccetera eccetera, quindi vedere che
come la matematica che alla fine ci siamo inventati noi, però si ritrova anche nella natura
perché alla fine è forte, come legame tra l'uomo e la natura, cioè per lo meno la
matematica probabilmente esisteva, noi l'abbiamo chiamata matematica e le abbiamo
245 dato delle regole, dire che la matematica l'abbiamo inventata noi forse è un po' troppo,
cioè visto che queste cose si ritrovano in natura vuol dire che erano lì prima di noi, però
è forte che siamo riusciti a definire certe regole che si ripetono e si ritrovano in tante cose
della natura : i frattali, i famosi frattali che sono stati descritti ormai parecchio tempo fa,
se vedi una foto al microscopio di.. non mi ricordo se è un broccolo.. uno dice un broccolo
250 che se ne frega ! però se lo guardi al microscopio è una struttura a frattali, quindi è forte
come cosa, così.

GF : Adesso veniamo alla domanda più nel settore artistico : che cos'è l'arte per te ?

255 MB : L'arte, ouh là.. È un modo di esprimersi, credo, di comunicare qualcosa, di comunicare
sensazioni, emozioni, o di trasmettere il bello o la nostra concezione di bello.

GF : Quindi secondo te l'arte coincide con la bellezza..

260 MB : La bellezza è poi molto soggettiva, quindi quello che può essere bello per l'artista che ti
trasmette qualcosa magari non è bello per me, quindi.. Però penso che l'artista che dà vita
a una forma d'arte qualsiasi essa sia, penso che lo faccia con l'idea di far vedere qualcosa
che per lui è bello forse.. non ci ho mai pensato particolarmente però non ce lo vedo uno
che dice questo fa schifo te la faccio vedere come forma d'arte ! [*petit rire*] cioè poi a me
265 magari, lo ricevo, quando penso all'arte contemporanea, non so... c'ho un po' di problemi
con l'arte contemporanea, alcune cose che vedo le guardo e dico pffff... [non] mi piace,
mi fanno un po' schifo, però penso che l'artista che l'abbia pensato la famosa *merda
d'artista* [Manzoni], a me non piace però penso che la persona che l'abbia fatta, l'abbia
fatta in un senso ti faccio vedere qualcosa.. però in quel caso lì forse non è tanto ti faccio
270 vedere qualcosa di bello ma ti faccio pensare, da un lato forse alcune forme d'arte forse
per trasmettere il bello penso magari alla pittura, alla scultura eccetera eccetera, altre
forme d'arte come può essere il cinema, la musica eccetera eccetera, forse anche oltre a
far vedere qualcosa di bello far pensare a qualcosa, essere provocatori che ne so... un
dipinto, che ne so.. la Monnalisa [di Leonardo] magari non ti fa per forza pensare a
275 qualcosa ma è trasmettere il bello, la *merda d'artista* magari è più per farti pensare a
qualcosa che trasmetterti il bello, spero... [*petit rire*].

GF : Ascolta ti faccio una domanda riguardo l'immagine scientifica : c'è un testo che se vuoi
in una prossima occasione ti posso mandare di un.. di un epistemologo o scienziato della
280 scienza che sostiene che tutte le immagini scientifiche, o meglio è più sottile, lui sostiene
che tutte le rappresentazioni scientifiche, che siano modelli su cui lui soprattutto si basa
o derivazione di modelli quali sono le fotografie rispondono a due criteri, sostiene lui,
uno è il criterio dell'astrazione e l'altro il criterio dell'idealizzazione, che cosa intende ?
il criterio dell'astrazione dice lui è l'omissione che qualche volta è piccola qualche volta
285 è molto grande nei modelli e nelle rappresentazioni, quindi anche nelle immagini, di
dettagli che sono pertinenti nello spiegare un sistema che si sta indagando, il che non

significa che sia a priori un sistema difettoso dice lui, no tutt'altro, ma serve proprio per dare meglio l'immagine, il modello, la rappresentazione, del processo che sto studiando, dell'oggetto che sto mettendo in rilievo eccetera eccetera. Sei d'accordo con questa idea ?

290

MB : Sì in linea di principio sì, nel senso che se ci rifacciamo di nuovo alla stessa famosa foto della cellula infettata, è bella ti fa vedere qualcosa che succede cioè questi batteri che fanno queste code di actina che è una proteina delle cellule eccetera eccetera, ed è sicuramente qualcosa che succede veramente in un organismo infettato dal batterio, ma quello che vedi lì è una cellula di... non so più che animale era, da dove l'avevamo presa la cellula, però è una cellula isolata su un vetrino di un campione di laboratorio infettata come una dose di batteri che probabilmente una persona non incontrerà mai, insomma diciamo che è effettivamente se tu volessi andare a vedere queste cose per come succedono veramente sarebbe troppo complicato, non abbiamo... forse non abbiamo ancora tecniche sufficienti per andare a guardare dentro un organismo a quel tipo di risoluzione che cosa succede, per cui effettivamente per meglio spiegare un fenomeno ti rifai a dei sistemi molto più semplici, quindi piuttosto che un animale, un organo prendi una cellula e fai vedere in quella cellula perché è piatta, perché è larga perché, si vede bene, perché al microscopio si guarda bene e cerchi di capire il fenomeno utilizzando un modello. Poi è chiaro che nella vita vera è un po' il limite di quello, del tipo di ricerca che facciamo, noi facciamo vedere quello che succede nelle cellule e spesso il commento che abbiamo quando cerchiamo di pubblicare i nostri risultati è ok tu vedi questo in cellule isolate, in un organismo succede la stessa cosa ? e dici sì boh... forse, ci sono delle buone possibilità che succeda, però o hai delle possibilità o delle tecniche che ti permettono di provarlo direttamente sull'organismo che comunque è un modello, nel senso che se vuoi andare a vedere cosa fa un'infezione con di quel batterio lì ovviamente non prendi un essere umano ma di nuovo prendi un modello che può essere un modello animale, un topo, una cavia, quello che vuoi, quindi effettivamente la scienza spesso si rifà comunque a dei modelli molto più semplici e spiegare qualcosa che è estremamente complesso, quindi effettivamente non è che... sì è difettoso nel senso che non è mai la cosa vera diciamo... però diciamo che sono delle convenzioni che ti permettono di usare dei raccourcis [delle semplificazioni] sì e modelli, delle semplificazioni esatto. È un po' come quando abbiamo studiato fisica a scuola, anche lì è tutto il modello, praticamente la regola matematica, il piano inclinato la palla una palla che rotola non è non avrà mai un piano inclinato perfetto, liscio, lucido, però uno dice vabbé, diciamo che in regola generale è così, quindi sì sono abbastanza d'accordo.

295

300

305

310

315

320

GF : E sei d'accordo anche quando lui dice che oltre a l'astrazione secondo gruppo su cui su cui si dividono i modelli le rappresentazioni e di conseguenza anche le fotografie, è quello dell'idealizzazione cioè questo modello non esisterà mai in realtà, mi hai già risposto ma chiedo conferma, in realtà questo mondo non può esistere nella natura perché le condizioni non saranno mai esattamente quelle, lui fa l'esempio molto più semplice di del sistema di Newton, nonostante oggi sia superato dal sistema gravitazionale di Einstein, ma diceva perché il sistema di Newton che ha funzionato per decenni e funziona ancora benissimo se noi vogliamo inviare una sonda che ne so su... Venere, però presuppone che il sole sia al centro di un universo come all'epoca lo concepiva Newton e perché sia fermo stabile immobile deve avere massa infinita cosa che neanche Newton credeva però è una convenzione un'idealizzazione...

325

330

335

MB : Sì. Per la biologia è meno così nel senso che come dicevo quello che vedi nella foto della cellula sicuramente succede, magari non a livello così estetico come in quella foto lì, però succede quindi penso che in quel caso lì dipende forse dalla disciplina scientifica che si prende in considerazione, in quello che facciamo noi cerchiamo di metterci nelle

- condizioni più semplici per studiare un fenomeno, ma studi un fenomeno che si produce
 340 che dovrebbe auspicabilmente prodursi, in molti casi è stato provato, quindi diciamo che
 ci semplifichiamo la vita ma per dimostrare qualcosa che in linea di principio funziona o
 dovrebbe funzionare nella vita vera. Magari secondo regole diverse, con efficienze
 diverse però insomma dovrebbe funzionare, me se no stiamo a casa [*petit rire*].
- 345 GF : E ascolta domanda un po' più particolare, siamo alla fine dell'intervista, però ti chiedo
 secondo te l'arte o il senso estetico, poi possiamo discutere sui termini, l'arte o il senso
 estetico può contribuire in qualche maniera alla ricerca scientifica secondo te ?
- 350 MB : Sì sì. Più nell'altro senso direi cioè la ricerca scientifica può contribuire all'arte. L'arte
 può contribuire...
- GF : so che è più difficile come domanda però ti pongo... siccome tu hai anche una sensibilità
 estetica al punto tale che hai prodotto delle fotografie artistiche...
- 355 MB : in quel senso lì... io lo vedo nell'altro senso, cioè che la ricerca scientifica può contribuire
 all'arte.
- GF : però in senso inverso ?
- 360 MB : Non saprei se l'arte può contribuire...
- GF : in base anche la tua esperienza personale per esempio...
- 365 MB : Sì sì. Ma... no non credo perché come dicevo incappi in foto che sono interessanti ma
 facendo qualcosa di scientifico è difficile far... può darsi per puro caso magari ti metti lì
 e dici adesso faccio un esperimento che so che verrà fuori esteticamente bello ma che
 non vorrà dire niente e ti capita di vedere qualcosa che sia scientificamente interessante.
- 370 GF : e supponi che... faccio un esempio completamente *farfelu* come si direbbe in francese ma
 è giusto per dare un'indicazione, se vai a vedere una mostra, che ti piaccia o non ti piaccia
 non importa, come hai detto tu alla fine puoi avere la qualità della bellezza, che ne so..
 vai a vedere un dipinto del 500, ti piace chi ci piace dici cavolo stupendo ! oppure vai a
 vedere una mostra un po' più contemporanea che come dici tu un po' più difficile da
 375 capire perché qualche volta c'è un pensiero dietro magari non lo colgo quel pensiero e
 questo ragionare, questo fatto di esporti a delle riflessioni anche sulla visione, cosa che
 fa un quadro o una scultura potrebbe in qualche maniera... ti chiedo...
- 380 MB : Sì sì in quel caso lì può darti delle idee può ispirarti, io adesso magari faccio molto più
 riferimento a quello che facciamo noi per cui sono un po' più limitato, però magari
 qualcuno che studia la matematica, la fisica, qualcosa del genere, vedi qualcosa che ti fa
 pensare a... sì effettivamente sì... in certi campi della scienza sì, nel mio campo forse un
 po' più difficile a meno che uno non pensi proprio nel senso sono lì, sto guardando questa
 cosa faccio completamente astrazione del mio cervello parte a pensare altre cose mi viene
 in mente qualcosa di scientifico, però è un po' troppo tirato per i capelli, però
 385 effettivamente per altre forme di scienza effettivamente perché no, sì, guardi qualcosa ti
 dà un'idea così si potrebbe darsi però lo vedo più nell'altro senso che la scienza può
 portare, può influenzare l'arte. Poi magari mi sbaglio c'ho una visione più limitata io non
 lo so...

- 390 GF : No no, ma a me interessa proprio la tua opinione, ti faccio l'ultima domanda : qual è l'intervallo di misure in micron suppongo con cui si fa la foto della microbiologia, cioè c'è un limite oltre il quale diciamo la materia vivente diventa più difficile o meglio diventa non più visibile, perché entriamo supponiamo in un campo come quello della materia, dei componenti stessi basilari come le proteine o le molecole.
- 395 MB : Vediamo un po', puoi vedere sì.. fino alle proteine sì possono vedere quindi io pensavo a livello di scala sei al nanometro, quindi al di sotto del micrometro, sicuramente forse anche sotto... penso che la risoluzione è tutta una questione di dire soluzione di ottica e di microscopi disponibili al giorno d'oggi quindi sei nell'ordine dei nanometri, la
- 400 microscopia elettronica hai un po' più di risoluzione però sempre nell'arco dei nanometri se non dico stupidaggine posso verificare... al di sotto non è più visibile, lo puoi comunque studiare con altre tecniche, che non sono più.. non è più microscopia diciamo.
- GF : E voi nel vostro laboratorio fino a dove arrivate ? Fino al nanometro ?
- 405 MB : Sì sì sì abbiamo c'è una piattaforma di microscopia che ha diverse macchine che ci permettono di arrivare fino al nanometro o a decine di nanometri. Posso verificare i dati di preciso..
- 410 GF : è giusto per avere un'idea.
- MB : Al nanometro sicuramente sì
- GF : E voi riuscite a visualizzare fino alle proteine ?
- 415 MB : Sì più o meno, nel senso che quello che tu vedi nella foto famosa lì sono effettivamente delle strutture proteiche, poi non è una proteina unica però quei fasci che vedi nella cellula sono è una proteina che polimerizza quindi sono tante ripetizioni della stessa proteina quindi la proteina singola in microscopia elettronica sì forse beh.. adesso hai
- 420 delle tecniche di *single-particle* quindi teoricamente sì, puoi arrivare ad a vedere la singola proteina.
- GF : Bene bene. Allora guarda Matteo ha risposto a tutte le mie domande quindi ti ringrazio tanto perché è stata molto utile e hai confermato tutta una serie di opinioni che avevo
- 425 quindi benissimo..
- MB : Perfetto, ho risposto bene !
- GF : Non potevi rispondere meglio, quindi ottimo. È molto interessante il tuo caso perché
- 430 associ alla mente di un ricercatore, cosa che ti garantisco non è comune...
- MB : No dipende perché poi dipende perché poi alla fine è una disciplina che estremamente creativa quindi penso che non siano poi.. penso che per fare questo lavoro un minimo di senso artistico, qualcosa del genere ce l'abbiamo, poi c'è chi dà più sfogo. Comunque sì.
- 435 GF : Però interessante notare, che mi par di capire, se nel laboratorio dove lavori o con i colleghi con cui hai lavorato qualcuno fa vedere o emerge un effetto estetico da una foto che fate di ricerca, la condividete anche tra voi, mi par di capire, no ?
- 440 MB : Sì sì assolutamente. Ma infatti quello che volevo dire alla fine, almeno nel mio settore facciamo un sacco di microscopia e ogni volta che tu guardi, leggi un articolo eccetera

eccetera, io, ma come tanti altri, hai comunque un occhio di riguardo dici cavolo non solo mi ha fatto vedere una cosa interessante scientificamente ma me l'ha fatta vedere con delle immagini che sono bellissime perfette con una risoluzione anche se non è
445 strettamente necessario, nel senso che posso farti vedere quello che voglio farti vedere, dimostrarti la mia teoria, facendo delle foto che sono buone ma senza niente di particolare, quindi c'è sempre un po' nella ricerca almeno dove si usa della microscopia la gara a chi fa la foto più bella, più... col microscopio più risolutivo che ti fa vedere le cose... abbiamo comunque io e altri colleghi ci guardi sempre, magari dici sì è bello
450 articolo però che foto di merda che ha fatto ! Poi per carità il significato scientifico rimane sempre valido, però ecco ripeto poi magari alcuni se ne strafregano ti dicono beh.. io ti voglio dimostrare qualcosa non me ne frega niente di fare la cosa esteticamente bella e altri invece vabbè te lo faccio vedere e siccome mi piace anche fare le foto belle, precise, fatte bene al microscopio, che non siano saturate nei canali eccetera eccetera, mi impegno
455 anche di più per fare qualcosa che non solo sia scientifico ma anche bello senza magari dice bello ma senza magari arrivare a foto da concorso di fotografia, però insomma c'è del margine. Però sì penso che in tanti che fanno la microscopia sono tutti comunque attirati dalla foto che oltre a essere scientificamente importante è anche bella da vedere quando la guardi insomma.

460

GF : Ma non credi che questo bello da vedere quando la guardi, questo esteticamente rilevante possa influenzare non tanto la validità della prova, no quello no, ma un'altra cosa : l'attenzione, la memorizzazione, il fatto che ti rimanga più in mente, per il fatto che ti rimanga più in mente di quella meno bella, supponiamo, faccio una supposizione, ti
465 chiedo in quanto scienziato, magari ti permette nella tua mente di riflettere di più, di prenderla più a riferimento..

470

MB : No penso di no. Alla fine alla base c'è sempre la scoperta scientifica che guida quello che fai, però può influenzare nel senso sì c'è chi anche adesso mette fin troppa attenzione nel modo in cui rappresenti una cosa, della foto che sia più bella di un'altra eccetera eccetera, ma anche dal punto di vista... nel senso comunque quando tu scrivi un manoscritto dove vuoi dimostrare qualcosa, una tesi, lo mandi a una giornale per pubblicazione, il giornale lo manda un set di esperti possono essere tre, quattro, cinque, quello che è, e loro valutano la scoperta scientifica, però in tanti anche adesso insistono sul fatto della foto, il grafico
475 quello no, però ci sono altre tecniche di ricerca e devi sempre fare qualcosa che sia fatto meglio, fammelo vedere meglio, e quindi alla fine è un po' a rischio, nel senso che il limite tra il messaggio scientifico e l'esteticamente bello non deve andare mai verso troppo verso esteticamente bello. Cioè io sto scrivendo un articolo scientifico, non sto dipingendo facendo un'opera d'arte eccetera eccetera, mentre alcuni giornali, alcune riviste, alcuni editori insistono molto anche sull'estetica dell'immagine ed è un po'... cioè non deve mai andare a scapito di quello che fai vedere, del messaggio perché magari c'è un laboratorio che ha accesso a un certo tipo di microscopia che non ti darà mai la foto spettacolare meravigliosa, ma comunque la ricerca che fa quell'equipe di ricerca è fantastica e non possono essere penalizzati dal fatto che non possono fare foto come
480 quelli che hanno un microscopio della madonna a disposizione, deve essere un po' regolata la cosa. Però penso che chiunque faccia microscopia fai anche caso al fatto che se sia bella l'immagine o meno.

490

GF : Quindi lo rilevi. Interessante..

MB : Non tutti, perché per esempio il mio collega che lavora con l'equipe con me se ne strafrega, ti fa vedere delle immagini che sono effettivamente scientificamente, ti illustrano un fenomeno, però non mi ha mai fatto vedere.. non ho mai rilevato in lui

495 questa ricerca non solo ti faccio vedere la cosa ma è anche una gran bella foto, lui se ne
strafrega, che è normalissimo... L'importante è far vedere qualcosa di un fenomeno
scientifico che sia quantificabile, tutto quanto.. che poi sia bello è un qualcosa in più.

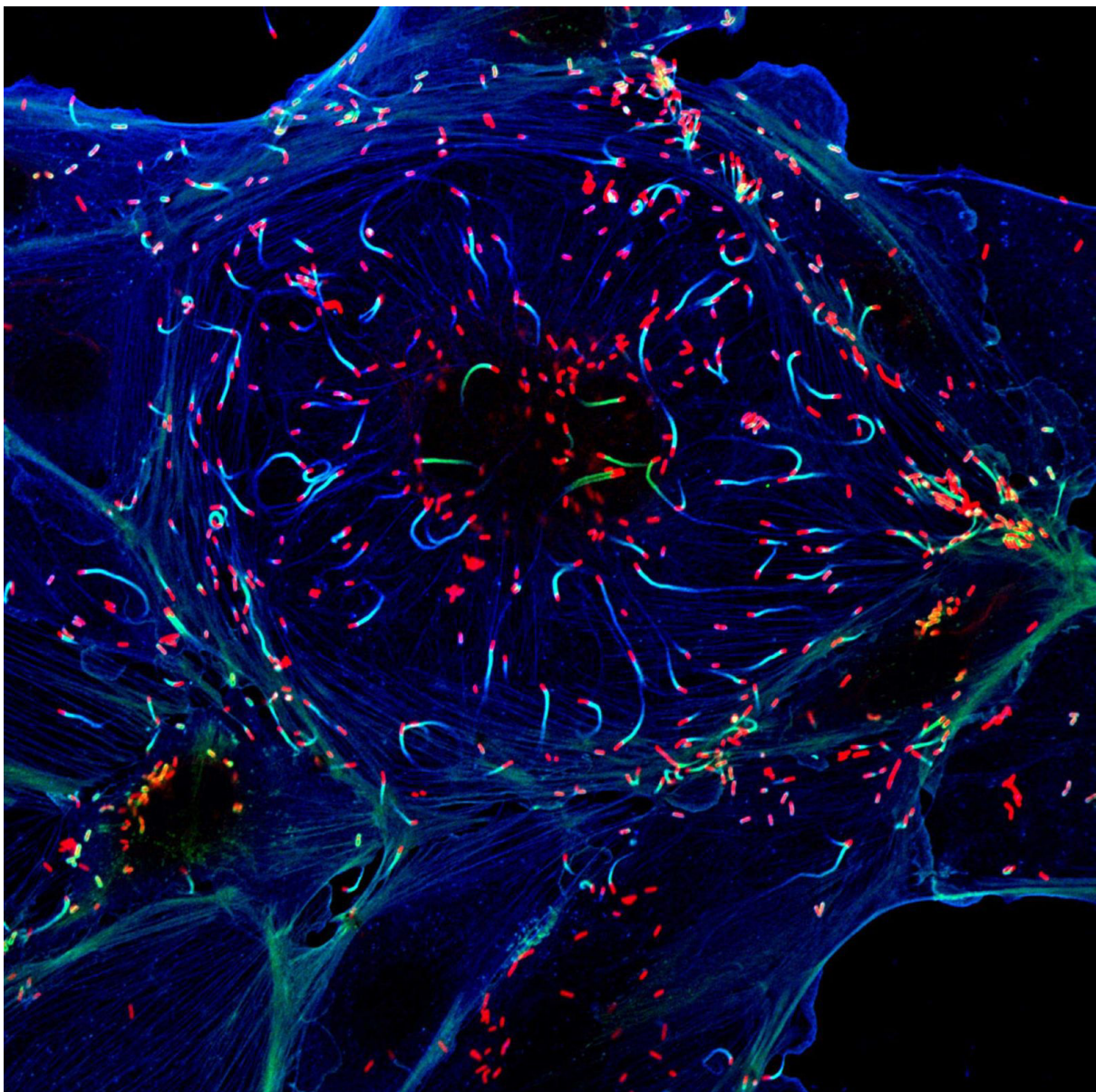
GF : Bene. Matteo Io ti ringrazio per la disponibilità.
Grazie ancora.

500

MB : Figurati, con piacere.

[Fin de la transcription]

505



510 Figure 1 : *Listeria monocytogenes*. micrographie par Matteo Bonazzi, Institut Pasteur.

ANNEXE 2 BO FURUGREN

Échanges avec Bo Furugren durant les mois d'avril et mai 2020.

- Enquêteur : Gabriele Fedozzi (G.F.)
- Enquêté : Bo Furugren (B.F.)
- Date : du 25 avril 2020 au 16 mai 2020.
- Modalité : questions-réponse par e-mail

Nous reproduisons les échanges que nous avons eus avec Bo Furugren en suivant approximativement un ordre chronologique mais aussi thématique, ce qui permettra une meilleure compréhension de l'ensemble du contenu. Parmi les nombreux e-mails échangés, nous ne conservons que les passages qui ont un intérêt pour notre étude en évitant les formalités d'usage dans la correspondance, les répétitions et les parties inutiles. Pour faciliter la lecture, certaines lignes sont en italique comme la courte synthèse qui précède chaque échange ou nos 8 questions posées dans l'e-mail du 27 avril.

G.F. : e-mail du 25 avril 2020

Dans le premier mail envoyé à Furugren nous expliquons la raison pour laquelle nous le contactons.

- 5 G.F. : I would like to contact you because I am interested in your illustrations in the field of
chemistry and especially in a drawing that appeared in the article Holmgren et al. (1975) [1].
I am currently doing a PhD at the University Paris 1 Sorbonne in aesthetics and art science. My
subject concerns the relations between art and science in the field of the invisible. I found your
10 drawing of the above-mentioned article because I am trying to establish the origin of ribbon
diagrams.
I am interested in your drawing also because I have the impression that it represents a break with
the tradition of illustration in chemistry.
Would you be so kind as to accept that in a next e-mail I ask you some questions to better
understand the origin of your chemistry drawings?
15 Your information could be very useful in my research.

- [1] Article : A Holmgren, B O Söderberg, H Eklund, C I Brändén, Three-dimensional structure of
Escherichia coli thioredoxin-S2 to 2.8 Å resolution, Proceedings of the National Academy of
20 Sciences Jun 1975, 72 (6) 2305-2309; DOI:10.1073/pnas.72.6.2305. (Fig.3, p.2307, please find
attached document).

- B. F. : réponse du 25 avril 2020, il nous indique un dessin précédent celui de 1975 et nous confie
qu'il n'y avait pas de programmes d'ordinateur à cette époque-là et que le modèle suivi pour son
premier dessin en ruban (1973) était celui de Kendrew.*

- B.F. : The drawing in Holmgren et al. is not the first ribbon diagram I made. The first ribbon
drawing I made was of the coenzyme-binding domain of horse liver alcohol dehydrogenase. We
had then no computer program which was able to draw stereo pictures. I made the drawing from the
30 so-called Kendrew models, which the lab built up. That, I think, is first drawn ribbon diagram with
this characteristic style in the world. I don't know when it was published, perhaps 1972 or 1973 in
papers by Brändén et al.

Some simplified drawings have existed before that, but not with the style or manner like mine.

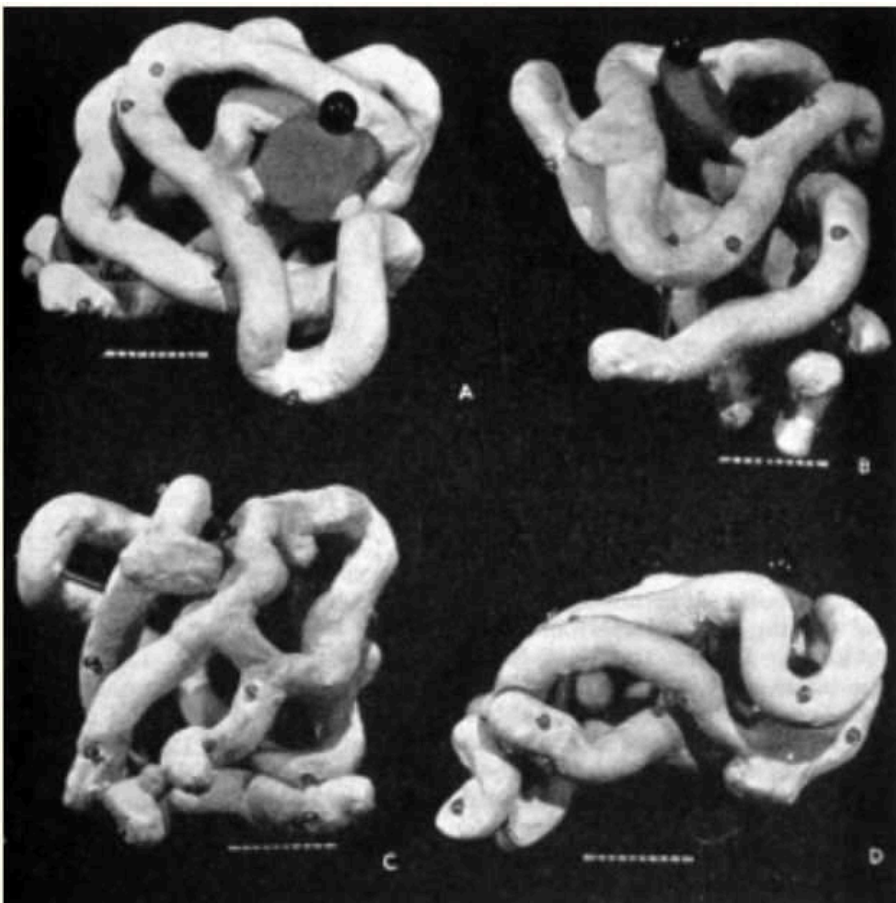
35

G.F. : e-mail du 27 avril 2020

Nous demandons si le modèle de Kendrew auquel il fait référence correspond bien à celui représenté dans les images que nous lui envoyons :

40

G. F. : I am giving you two pictures of the Kendrew model, could you please confirm that it is this model you followed to compose your drawings (the 1973 and the 1975 one)?



Source: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5980623/#pro3417-bib-0024>

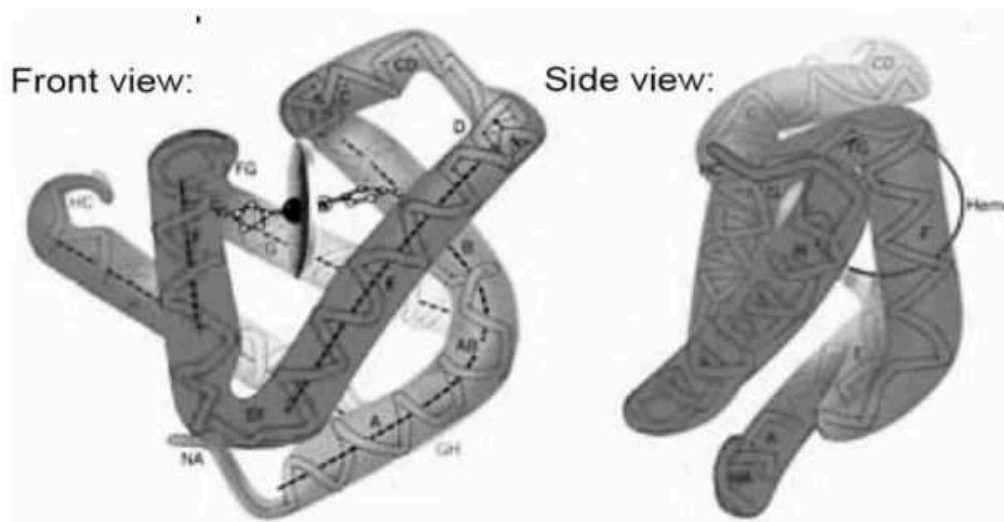


Fig. 4.11. The myoglobin molecule is built up from eight stretches of α helices that form a box for the heme group. Histidines interact with the heme to the left and right, and the oxygen molecule sits at point W. Helices E and F build the walls of the box for the heme; B, G, and H are the floor; and the CD corner closes the open end. After Dickerson and Geis [1].

Source: Dickerson and Geis, *The Physics of Proteins An Introduction to Biological Physics and Molecular Biophysics* by Hans Frauenfelder.

45 *B. F. : réponse du 29 avril, il apporte une large explication du modèle de Kendrew contenue dans la pièce jointe n.1(the Kendrew models)
(Voir pièce jointe n.1)*

50 *B. F. : Complément de réponse datant du 15 mai 2020 avec les photos du modèle de Kendrew ayant servi pour les dessins en ruban (voir les photos ci-dessous).*

55 *B.F. : I have found photos on the Kendrew model I started drawing my protein pictures from in the early 1970's. You will find them attached.*



Photo 1 modèle de Kendrew



Photo 2 modèle de Kendrew



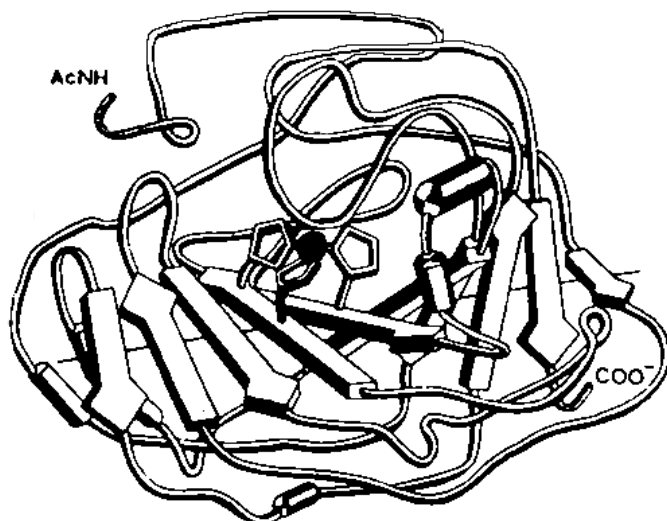
Photo 3 modèle de Kendrew

60 *G.F. : e-mail du 27 avril 2020 avec 8 questions*
Toutes les questions ont été posées le 27 avril. Les échanges ont duré quelques semaines et les
dates sont indiquées dans les réponses.

65 *G.F. : 1. Did you follow any specific scientific models other than Kendrew's to compose your*
drawings (1973 and 1975)?

B. F. : réponse du 6 mai 2020.

70 1. During 1960's a team of crystallographers (Bror Strandberg, Anders Liljas and others) at Uppsala
university solved the three-dimensional structure of the enzyme carbonic anhydrase. Anders Liljas
made a simplified drawing showing the polypeptide conformation. The team I worked with was part
of The Swedish Agricultural University, also in Uppsala, but we often had discussions and meetings
together.



Anders Liljas drawing of carbonic anhydrase. This copy is from 1972 but I think he had made it earlier.

85

The polypeptide chain is represented with a thread or wire, the b-structure as arrows and the a-helices as cylinders. He had some of the arrows pointed in the wrong direction.

90 AF1, dessin paraissant dans l'article de Liljas (1971)¹

I did know his drawing but I can't say I had so much use of it. I developed my own style. When I was given the task to make a simplified drawing from the Kendrew model, I got free hands. The team-leader Brändén knew that I was an artist beside being a chemist, so we had no discussion. I kept him informed during the progress of my work. That was all. He and the rest of the group was very satisfied. They got an image which was simple and clear. My original drawings have not been published.

100

G.F. : 2. Did you develop them from discussions with your colleagues or on your own? How did your collaboration for the illustrations in the two articles (1973 and 1975) come about?

105 *B. F. : réponse du 6 mai 2020.*

2. Concerning discussions, see above.

As far as I remember I refreshed the original drawings a little for the 1973 article with the help of a computer-plot. By that time the team had been able to measure the coordinates of the a-carbons in the structure which was necessary for using a computer program to plot a stereo diagram. Fig. 1 in the article. This computer program named OR-TEB has been available since the early 1960's, but it is not possible to use it without the coordinates.

In a paper from 1974 (Eklund et al. FEBS letters 4:200–204) I have a drawing showing details of the interactions between the coenzyme and the enzyme. Unfortunately, the reproduction of the drawing is not very good.

For the 1975 article I was asked by my friend and college Bengt-Olof Söderberg to make a ribbon drawing and I made it with an OR-TEB plot as model. He just said that he wanted a drawing in the same style as the one in the 1973 paper. No other discussion was needed.

120

¹ Furugren nous signale que ce dessin est apparu dans : LILJAS, A., KANNAN, K. K., BERGSTÉN, P.-C., WAARA, I., FRIDBORG, K., STRANDBERG, B., CARLBOM, U., JÄRUP, L., LÖVGREN, S. et PETEF, M. Crystal Structure of Human Carbonic Anhydrase C. Nature New Biology [en ligne]. Février 1972, Vol. 235, n° 57, p. 131-137. [Consulté le 27 mai 2020]. DOI 10.1038/newbio235131a0 mais nous l'avons trouvé aussi dans une autre publication datant de 1971 : LINDSKOG, S., HENDERSON, L.E., KANNAN, K.K., LILJAS, A., NYMAN, P.O. et STRANDBERG, B. 21 Carbonic Anhydrase. Dans: The Enzymes. Vol. 5 [en ligne]. [S.l.]: Elsevier, 1971, p. 587-665. [Consulté le 23 mai 2020]. ISBN 978-0-12-122705-0. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60104-3. Fig. 1, p.610.

G.F. : 3. Why did you use ribbon-like shapes? In what ways did these shapes prove suitable for describing the structure and functions of a protein?

125 *B. F. : réponse du 6 mai 2020.*

3. I used ribbon-like shape because it is easy to make the drawing three-dimensional. The folds and curves of the polypeptide chain will appear clearly. As a protein structure is very complex and contains a huge number of atoms it's necessary to simplify it rather drastically for some purposes. It is important for the understanding of the structure to know the conformation of the polypeptide chain. This chain is the backbone of the structure.

130

G.F. : 4. As a chemist, when composing this type of drawing, do you think it would create a break from previous ways of visualizing proteins?

135

B. F. : réponse du 6 mai 2020.

4. Yes, I think it is a break. The reason for that is that the style was copied and is now widely used by computer programs.

140

G.F. : 5. I have the impression that your style of drawing is not based solely on scientific sources. Is it possible that the drawings in question (1975 and 1973) had some kind of artistic influence (comic strips, paintings, artistic drawings or other)?

145

G.F. : 6. During or before the period 1973-1975, did you study art or have any practical artistic training (drawing, painting or other courses)?

B. F. : réponse du 8 mai 2020.

Here are my answers to your questions 5 and 6.

150

5. and 6. I have been drawing and painting all my life. In the 1960's I studied art history parallel to mathematics. In 1968 I was a student at a preparatory art school in Stockholm and 1969 I was accepted at the Royal Institute of Art in Stockholm. I was a student there until spring 1972. In 1971 I began research studies for my thesis in chemistry at the Swedish Agricultural University in Uppsala. I was not able to combine the art studies and the research studies so I quit the art studies.

155

I think one can say that my drawings is a combination of scientific sources and my own artistic talent.

160 *G.F. : 7. Did you use art in the representation of chemistry subjects in your university courses? If yes, in what way do you think art can contribute to scientific representation?*

G.F. : 8. Could you tell me what extra-scientific sources influenced your graphic style in scientific representation in the 1960s and 1970s?

165

B. F. : réponse du 15 mai 2020.

Answers to your questions 7 and 8

7. Yes, I did. Both in my lectures and in the textbooks and teaching materials I have written. Art in education (not only in chemistry) broadens the student's minds and perspectives. They have to use both their brain halves. Furthermore, there are things which cannot be explained with words only.

170

Then you have to complement with pictures. Even when the picture is very complicated, e.g. a protein structure, it's important to show it to the students, because you then have something to point on when you talk.

175 I would like to present you two projects I was carried out in Uppsala which I think would show
how I look on teaching. I'm attaching a presentation I did on a pedagogic conference in the 1990's.
I could not find the digital original so I had to scan the text.

180 8. This is a good question but not so easy to answer. I really don't know. I have mostly drawn
animals since I was a boy and I still do. But I don't think that has influenced my graphic style. I
have thought much about this question of yours but have not come to any conclusion – yet.

Trois thèmes complémentaires rattachés aux questions et traités séparément :

185 a) Sur la possibilité que son modèle à ruban ait pu avoir été influencé par la bande dessinée
(question 8).

G.F. : e-mail du 15 mai 2020 :

190 Concerning answer 8, I'd like to make a hypothesis, it's just a perhaps banal and unfounded
reflection: I have the impression that your graphic style could be related in some way to the styles
found in black and white comics, especially from the '50s and '70s. A sober and svelte style, capable
of capturing the essence of the representation in a few pencil strokes and in a limpid manner. What
made me think of this is above all the way you adapted the letters like COOH in your 1975
195 drawings, your use of lines to construct the figures and the use of shadows to evoke depth. This
style is probably the most suitable for giving a certain flexibility to the representation of a protein
allowing it to accommodate several different types of configurations depending on the specific type
of macromolecule you want to put on the image. This comparison with a drawing from comics is
just a conjecture because I have no evidence to support this idea.

200 *Réponse de Furugren (16 mai 2020) :*

I read comics in the 50's. My favourite artist was Burne Hogarth who draw Tarzan for a time.
He had a rather dramatic style. Sometimes I looked in the comics our children had during the 80's. I
can't quite brush away your hypothesis, because as an artist you will be influenced on a lot of
things. It's difficult for me to point at comics or posters or any sort of images. I might have got
205 impact from most of these things.

I agree with you on what you write on the style and flexibility.

210 b) Sur l'origine de la forme de la flèche qui indique le feuillet bêta.

G.F. : e-mail du 8 mai 2020 :

I examined and researched some more information about the drawing of Anders Liljas that you
kindly sent me and I found that it already appears in 1971 in Boyer, The Enzymes Vol.V.
215 In your opinion, the visualization of the B-structure as arrows seems already consolidated (you also
use it as a shape in your drawings), according to you where does its form come from, like a long
and thick rectangle with a pointed head?

Réponse de Furugren (16 mai 2020) :

220 The earliest arrows for the beta-structure I have found is in Dickerson and Geis: The structure and
action of proteins 1969 (Harper & Row), page 88. See attachment. I don't have any literature left
from my biochemistry studies in the middle of the 60's and 1969 I entered my art studies, so I have
no clues on how it started.

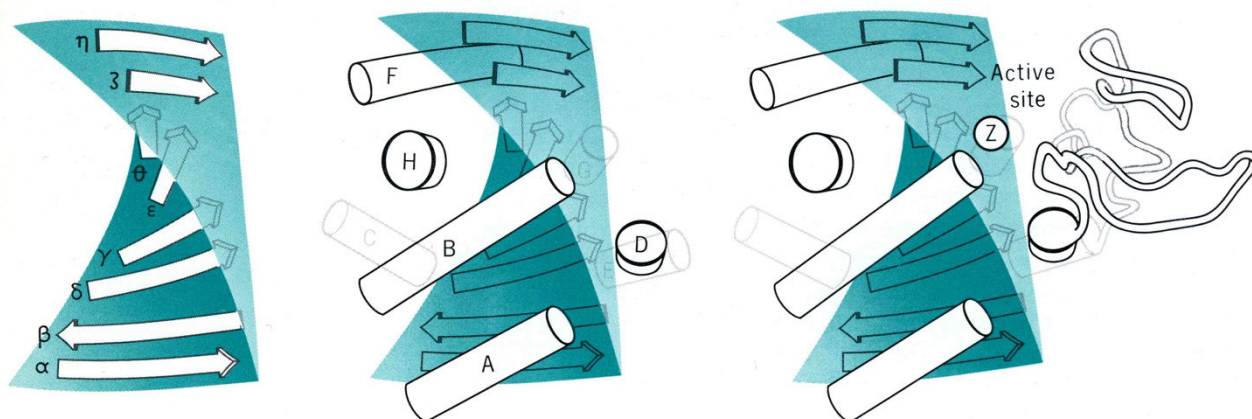
225 The idea with the arrows is twofold: To show that the beta-structure forms a sheet, often called a
beta pleated sheet, and to point out the direction of the polypeptide chain. The chain starts with the
so-called amino end, NH_3^+ in the attached figure. It ends with the COOH- or COO^- -group. That is

the direction in which the protein is synthesized. In the attached figure I have covered the beta-arrows with a screen just to show the sheet the arrows create.

The main structural elements of carboxypeptidase A, seen as in the large drawing on page 90. Left: eight-chain twisted β sheet. Center: β sheet packed with a helices. Right: addition of the extended chain that molds the shape of the active site depression.

degrees of perfection, which employ another 35 percent of the residues. A single "random-chain" region (in the sense of page 87) uses another 20 percent, and the remaining residues occur in the chain segments needed to tie these features together.

* Lipscomb has called attention to this additional example of the illogical nature of the English language. Carboxypeptidase cuts residues from the end of the chain; therefore, it is *not* an endopeptidase!



230

Fig. AF2, image d'après le livre : The structure and action of proteins, Dickerson and Geis, Harper & Row, 1969, p.88.

235

c) Sur un dessin paru dans l'article Rossman et al. (1975) qui nous semble tout à fait compatible avec son style (fig. AF4), nous recevons la réponse que le dessin est fort probablement de lui et il nous envoie en pièce jointe le dessin qui aurait servi de modèle et qu'il utilisait pour ses cours de chimie à l'université (fig. AF3). De plus il nous fournit des informations sur d'autres dessins publiés dans des articles de 1975, 1976 et 1981.

240

G.F. : e-mail du 13 mai 2020 :

I noticed an image similar to your style in an article by Liljas published in 1975 [1] and I would like to ask you if you worked with him to do this drawing (please see the attached file).

245

[1] Rossman M. G., Liljas A., Branden C-I., Banaszak L. J., Evolutionary and structural relationship among dehydrogenases, in Enzymes edited by Boyer, vol. XI Oxidation-Reduction - part a, Dehydrogenase (I) Electron Transfer (I), third edition, Academic Press New York, San Francisco, London, 1975, p.68.

250

Réponse de Furugren (13 mai 2020) :

The style of the attached drawing in the paper from 1975 is my style but I'm not sure if I remember it. My name is mentioned in the acknowledgments, so it's very likely that I have made it, at least Fig. 4 a). But not Fig. 4 b). To do the drawing I was working with C. I. Brändén. I had made a similar drawing of the same NAD⁺ binding region one year earlier, but from a little different angle. I don't know if it has been published. It was used in teaching. You will find it attached.

255

260 In the same volume of *The Enzymes* (ed. P. D. Boyer) in the article by Brändén, Jörnvall, Eklund, Furugren, page 124 I have drawn a more advanced version of the coenzyme binding domain of alcohol dehydrogenase. I have also drawn the image on page 131.

265 The same two pictures are to be find in Eklund et al. 1976. Three-dimensional structure of horse liver alcohol dehydrogenase at 2.4 Å resolution. *J. Mol. Biol.* 102, 27-59.

In Eklund et al. 1981, *J. Mol. Biol.* 146 pages 561-587 is a ribbon drawing of mine of the whole enzyme (p. 569).

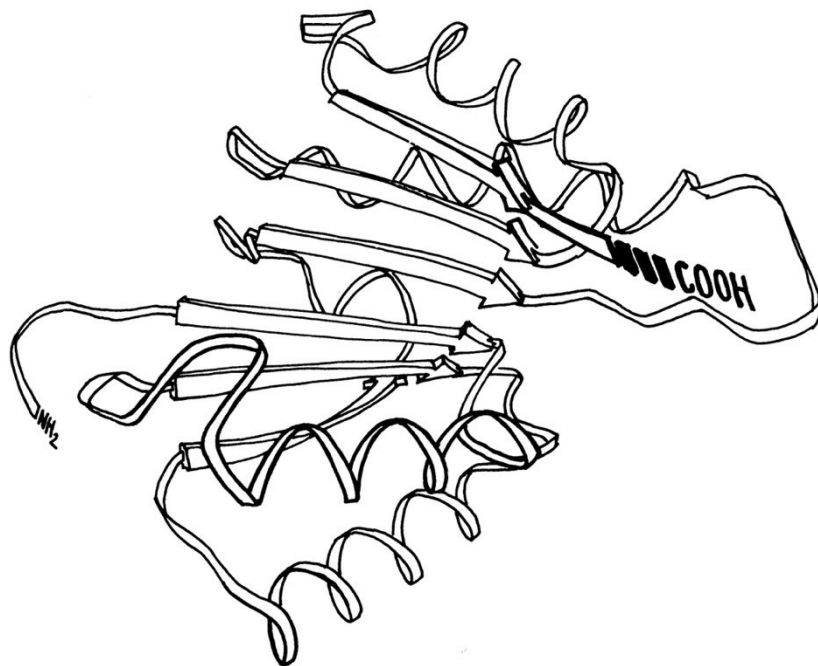


Fig. AF3, protéine déshydrogénases à NAD⁺, dessin que Bo Furugren nous a envoyé ayant probablement servi de modèle à l'illustration paraissant in Rossman et al. (1975)

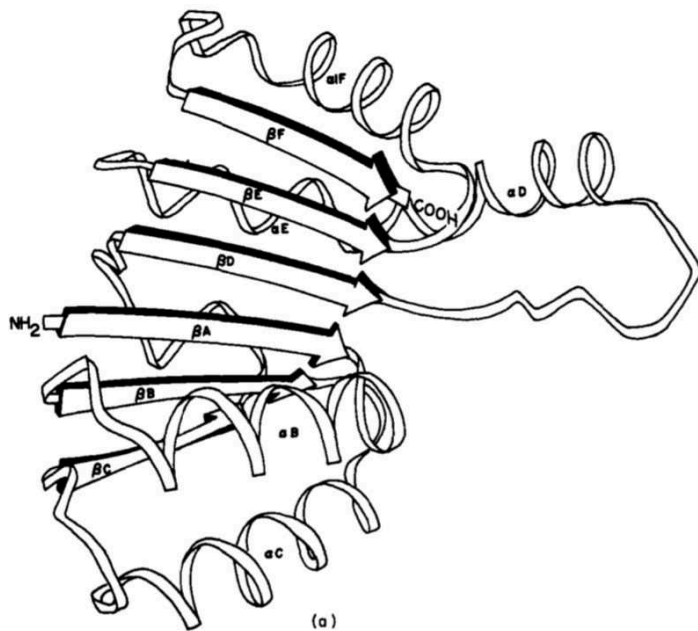


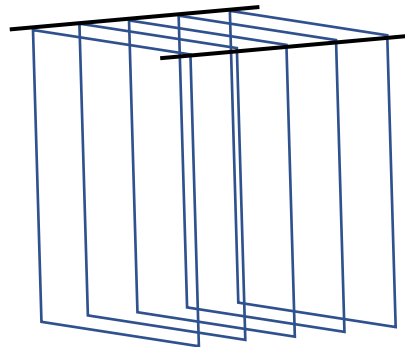
Fig. AF4, protéine déshydrogénases à NAD⁺, dessin paraissant in Rossman et al., p.68

Les deux pages suivantes comportent la pièce jointe 1 (The Kendrew models) telle que Bo Furugren nous l'a envoyée.

The Kendrew models

It's neither of the models you sent.

The Kendrew models I used for the first ribbon drawing are so-called skeletal models. Before it was possible to build the entire protein structure in the computer you had to build it by hand. The result from the x-ray diffraction is the electron density of the molecule and at that time the contours of the electron density was plotted on big sheets of plastic. By hanging these sheets in front of each other, it was possible to see the electron density in three dimensions.

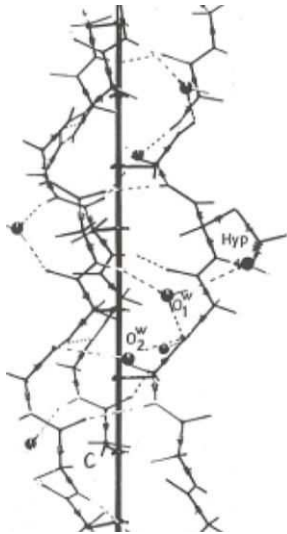


With the help of the information in these sheets the researchers could build a model of the molecule with so-called skeletal models. The models consisted of α -carbons, peptide bonds and the different sidechains of the amino acids. These models were called Kendrew models.



Here Dr William Lipscomb is building a molecular structure with Kendrew skeletal models with the help of the electron density maps on the plastic sheets.

It took time to build the model and the basic structure, as the polypeptide chain, was very difficult to recognize. Therefore, I was asked to try making simplified drawings which could show the conformation the polypeptide chain in three dimensions.



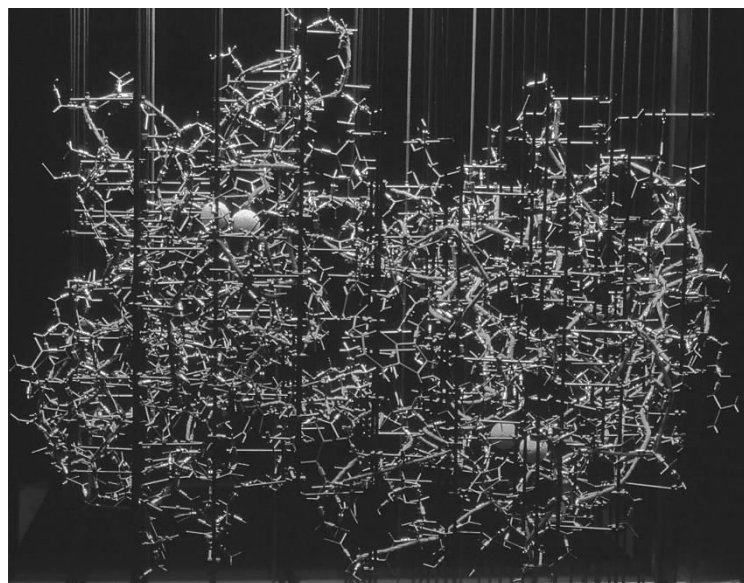
This is a model of collagen built with Kendrew skeletal models. Just to show how the models look like.



Dr Kendrew with an early myoglobin model, 1962 (Courtesy Science Photo)

I made several drawings in 1972 and perhaps before, one of which was chosen for the publication.

This is another model of another protein, just to give an idea of how the model I used looked like. Unfortunately, I can't find any picture of the protein model I used. It's evident that the model has to be simplified for a better understanding.



The sheets and the Kendrew models are now forgotten tools in protein structural science

Pièce jointe 2 Liljas

Nous avons envoyé quelques questions par mail à Anders Liljas chimiste et auteur de nombreux articles dont certains contiennent des dessins en ruban de Furugren.

Questions par mail le 14 mai 2020.

G.F. : I'm contacting you because Doctor Bo Furugren kindly suggested your article [1] where I noticed that a picture is very interesting for my research (please see the attached file with two versions of the picture, p.610 of the article).

Since I would like to know more about it, I would be very grateful if you would agree to answer a few questions about it.

Questions:

- 1) Where do the arrow patterns that indicate the β -protein structure (Fig. A) come from? Do they refer to any similar patterns previously known?
- 2) How was the assembly between the thread that connects the arrows (β structure) and the cylinders (α helix) in fig. B?
- 3) Was there a similar design that the author was inspired to make this drawing?
- 4) Is there a specific author for this drawing or was it made by several scientists?

[1] : S. LINDSKOG, L.E. HENDERSON, K.K. KANNAN, A. LILJAS, P. O. NYMAN, B. STRANDBERG, Carbonic Anhydrase, in BOYER, The Enzymes Vol.V, 1971,)

Pièce jointe en référence au texte du courrier électronique (attached file) :

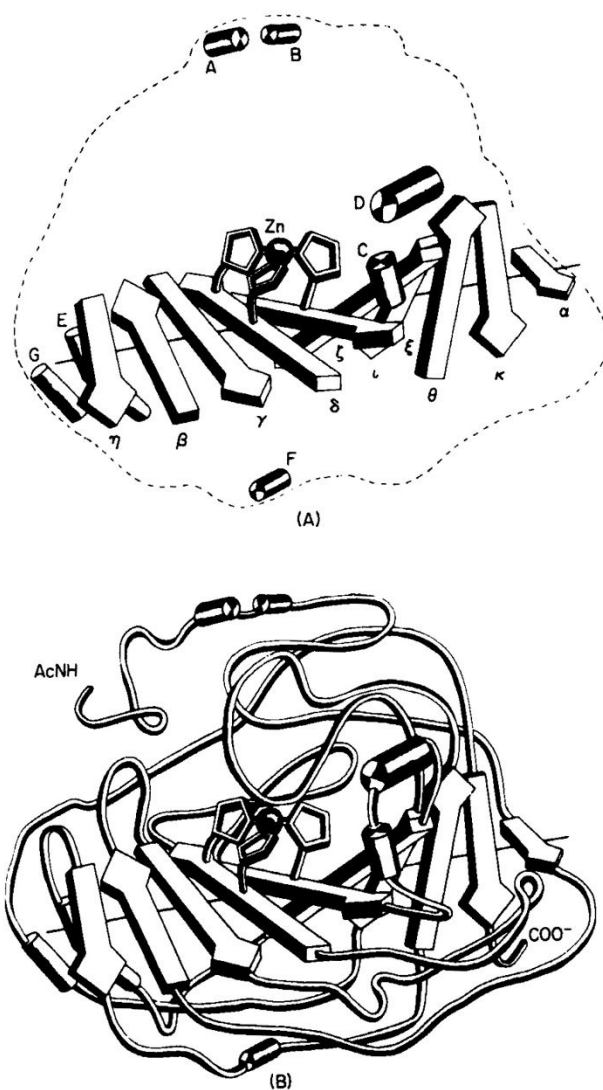


FIG. 1. (A) The main features of the secondary structure of human carbonic anhydrase C. Helices are represented by cylindrical shapes marked with Latin letters. The arrows correspond to the different strands of the large β structure denoted with Greek letters. The arrows are pointing from amino end toward carboxyl end. The β -structure strands are twisted around a common axis indicated with a solid line. The zinc ion is firmly connected to the β structure through its three ligands from the protein, all being histidyl residues. The dashed line represents the molecular boundary. (B) The main-chain folding of the human C enzyme from the acetylated amino end to the carboxyl end. The viewing angle is the same as in (A) looking into the active site cavity.

Réponse par mail de Anders Liljas, le 15 mai 2020 :

A. L. : Thanks for your questions. Both pictures were done from a model we had built to honor our group leader, Bror Strandberg, when he turned 40. The inspiration came from some illustrations in the book "The Structure and Actions of Proteins" by Dickerson & Geis from 1969. The model was built in metal in our basement workshop led by Lasse Krantz. I guided the model building that started by the bent beta sheet¹ held by a rod going through all the strands. The helices were made as cylinders and the connectors were made from thick copper threads. The drawings that you refer to were simply produced from photographs of the model. I cannot remember who did the drawings, but they are quite accurate copies of the model that still exists, I believe in possession of the Strandberg family.

¹ « the bent beta-sheet » a fait l'objet d'une correction de la part de Liljas in « the twisted beta-sheet ».

ANNEXE 3 CAROLINE CORBASSON

Entretien avec Caroline Corbasson
Date 14 Février 2020

- Enquêteur : Gabriele Fedozzi
- Enquêtée : Caroline Corbasson
- Transcripteur : Gabriele Fedozzi
- Date : 14 Février 2020
- Lieu : atelier de l'artiste, Paris
- Durée : 1 min 34 sec (premier enregistrement) + 40 min 21 sec. (second enregistrement).

[Début de la transcription]

G.F. : Je voulais vous poser quelques questions concernant votre parcours. Quel est le parcours qui vous a amené à l'art, ou à un intérêt vers l'art ? Vous avez fait les Beaux-Arts je pense avoir compris.

- 5 C.C. : moi ça remonte très tôt, j'aimais dessiner depuis que je suis tout petite, j'aime dessiner, dessiner et dessiner, c'est mon mode d'expression et c'est ça qui m'a amenée vers l'art, parce que je ne viens pas d'une famille artistique, je n'ai pas du tout été baignée dans le monde de l'art, disons qu'au lycée ça s'est fait vraiment naturellement, à la fin du lycée j'ai tenté deux
10 trois concours d'école d'art et j'ai été prise aux Beaux-Arts, aux Beaux-Arts de Paris. Je ne me suis jamais dit : « je vais être une artiste », ça s'est fait comme ça de manière un peu
impromptue, je me suis retrouvée aux Beaux-Arts de Paris... et ensuite je pense que, justement, venant d'un milieu non artistique mais plutôt scientifique, j'avais toujours un peu cet héritage...

- 15 [courte interruption, on reprend la conversation et l'enregistrement sur un livre qu'elle nous montre et qui documente l'un de ses travaux récents]

- 20 C.C. : donc je redis le principe de ce livre : ce sont des images issues du film qui s'appelle *À ta recherche*, que j'ai réalisé au LAM¹ et je documente en fait toute la fabrication du satellite *Euclide* qui va être envoyée dans l'univers pour cartographier la matière noire. Le CNES² m'a
approché et [ils] ont vu mon travail précédent dans le désert d'Atacama, ils m'ont demandé... ils m'ont vraiment donné une carte blanche pour réaliser : un film, une édition et une exposition
25 autour de ce satellite. J'étais totalement libre, ça a été vraiment une négociation, moi j'ai été très claire sur le fait que je voulais qu'ils me laissent ma totale liberté d'expression, je ne voulais pas... justement il y avait tout ce débat autour de la vulgarisation scientifique, moi je leur ai dit
que je ne suis pas... ce n'est pas ma pratique, c'est pas ma démarche, mais ils ont été très respectueux. Ça a été très important et en fait j'ai trouvé ça génial qu'ils voient large comme
ça, parce que ce n'est pas évident chez les scientifiques et eux ils m'ont vraiment fait confiance et ils ont été extrêmement respectueux de ma liberté.
30 Et on peut reprendre sur le parcours...

¹ Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (UMR7326 - CNRS-INSU, Université d'Aix-Marseille).

² Le Centre national d'études spatiales.

G.F. : oui oui... qu'est-qui vous a intéressé dans les Beaux-Arts ? Est-ce que vous avez choisi une spécialité ou, je ne sais pas... un parcours particulier ?

35 C.C. : J'étais donc au départ... j'ai suivi tous les cours de dessin : dessins anatomiques morphologie, j'aimais beaucoup l'anatomie du corps humain mais vraiment même l'intérieur du corps humain, donc j'ai commencé au cœur des choses, avec des études... je regardais beaucoup un atlas d'anatomie, j'ai dessiné beaucoup le cœur humain, les organes et tout ça, j'ai eu l'impression qu'il y a eu comme un dézoom qui a opéré, c'était au départ le cœur des choses, du corps et puis ensuite ça s'est ouvert de plus en plus vers l'observation de l'univers, mais j'avais
40 déjà cette attirance pour les documents scientifiques, donc vraiment une observation très scientifique du monde, j'étais fascinée par des planches anatomiques et c'est vrai qu'aux Beaux-Arts on est vraiment confronté à beaucoup de... ils ont toute une collection de documents, de planches anciennes parce que en fait l'enseignement académique des Beaux-Arts était très lié à la médecine et la science au départ, c'est quelque chose qui s'est vraiment perdu avec le temps
45 mais il y a encore des vestiges un peu de ça là-bas, dans la bibliothèque ou dans les amphithéâtres de morphologie et tout ça, et moi j'étais vraiment sensible à ça.

G.F. : Qu'est-ce qui relie l'infiniment petit et l'infiniment grand dans votre démarche artistique ?

50 C.C. : Je pense que c'est aller très loin dans un sens et très loin d'un autre, c'est aussi les deux domaines qui sont invisibles à l'œil nu et pour moi c'est une curiosité... je pense que tout ça est fondé sur une grande curiosité face à la nature parce qu'on me demande souvent d'expliquer pourquoi je suis passionnée par le ciel et je n'ai pas de réponse vraiment précise si ce n'est que
55 je suis extrêmement observatrice, c'est un amour de l'observation, une curiosité et je pense une quête qui est très universelle finalement de se poser la question qu'est-ce qu'on fait ici, pourquoi on est là, d'où on vient... c'est une quête spirituelle par ailleurs.

Qu'est-ce qui relie... pour moi c'est assez évident c'est un écho, on perçoit beaucoup d'échos entre les deux et j'aime bien faire ces allers-retours entre les microscopes et les télescopes, il y
60 a vraiment ces deux outils, ces deux instruments d'observation qui sont très récurrents dans mon travail, j'utilise les deux. J'utilise des microscopes et puis parfois j'utilise la *data* des télescopes.

G.F. : On peut dire aussi que c'est une sorte d'envie de découverte... de l'infiniment petit et de l'infiniment grand... ça se limite à ça ou ça va au-delà ?

65 C.C. : La découverte... ça je laisse au travail scientifique...

G.F. : ça peut être une découverte personnelle...

70 C.C. : oui en fait d'ailleurs pour une anecdote quand je suis partie dans le désert d'Atacama, j'y suis allée vraiment pour l'observation du ciel à l'origine, parce que là-bas sont installés les plus grands télescopes du monde et moi je n'avais qu'une envie... j'étais obsédée par cet endroit et je voulais aller voir l'Observatoire Paranal³ et quand je suis arrivée dans ce désert en fait ce qui m'a le plus frappée finalement, c'est le désert lui-même et l'expérience du désert, et du sol et de cette immensité, de cette aridité, le caractère très hostile de ce paysage et je ne m'attendais pas
75 du tout à être marquée comme ça par le désert, j'avais jamais fait l'expérience du désert donc la première chose que j'ai faite c'est de récolter de la poussière de ce sol et quand je suis rentrée en France j'ai eu envie de l'observer au microscope électronique, donc j'ai demandé au Muséum d'Histoire Naturelle si je pouvais observer la poussière. Eux ils ont pas compris, ils ont dit ça

³ L'observatoire astronomique *Very Large Telescope array* (VLT) se trouve au nord du Chili et il est considéré comme l'un des plus puissants au monde. Voir : <https://www.eso.org/public/france/teles-instr/paranal-observatory/vlt/> [consulté le 31 juillet 2020].

80 n'a aucun intérêt scientifique, qu'est-ce que vous cherchez dans cette poussière et je leur ai dit que pour moi ça avait une importance immense d'aller voir cette poussière de très près...

G.F. : qu'est-ce que vous cherchiez du coup ?

85 C.C. : c'est ça [*petit rire*] ... dans le film *Atacama* il y a une voix off qui prononce cette phrase trois fois je crois : « qu'est-ce que tu cherches ? », donc c'est une quête et le deuxième livre s'appelle *À ta recherche* moi j'envisage vraiment mon travail comme une quête, comme une recherche.

G.F. : Donc on dirait que c'est plutôt la démarche de la recherche qui vous intéresse plutôt que le résultat...

90 C.C. : oui oui c'est vrai donc la recherche donne lieu à certains résultats mais c'est des résultats qui sont, en tout cas scientifiquement... qui n'ont pas de valeur. Aller regarder de la poussière finalement ça peut paraître vain pour des scientifiques, mais pour moi c'était très émouvant et puis c'était très important d'aller regarder cette poussière et voilà, donc je pense que l'art c'est aussi une sorte de prisme à travers lequel on regarde la nature d'une autre manière, de manière
95 un peu décalée, quand on va tout d'un coup décider qu'un grain de poussière va avoir une importance particulière et c'est des objets de recherche qui sont... on a une grande liberté aussi.

G.F. : Est-ce que vous êtes encore intéressée par le corps ?

100 C.C. : Ça c'est une très bonne question parce que c'est quelque chose qui me travaille parce qu'on me fait souvent la remarque et le corps est absent de mon travail...

G.F. : Ça peut être un choix...

105 C.C. : oui c'est un choix mais c'est vrai qu'on me le fait quand même régulièrement remarquer et ça ne me laisse pas indifférente cette question parce que je me pose la question moi-même de pourquoi l'humain disparaît presque, il est complètement absent de mon travail mais je pense qu'il est en train de revenir là en ce moment. En ce moment j'écris un film, je suis vraiment au tout début de ce projet, j'aborde le thème de la métamorphose et de la transformation dans la nature, chez l'humain, chez les insectes, chez les animaux, à l'échelle cosmique avec les mutations des étoiles qui meurent et qui deviennent des supernovas, et tout ça, et chez les
110 insectes avec le phénomène des métamorphoses de la chenille au papillon par exemple et chez l'humain aussi, dans les événements qui peuvent nous faire vivre des sortes de mues, donc je crois que là je suis en train de m'intéresser au corps petit à petit, mais c'est vraiment... oui il a été longtemps absent.

115 G.F. : Donc du coup la question : qu'est-ce que c'est que le corps pour vous ? Est-ce que c'est outil de travail, un univers à découvrir, est-ce que ça vous fournit une sensibilité, vous pourriez donner une définition, tout à fait personnelle bien sûr ?

120 C.C. : Alors le corps... pour moi il y a une notion de machine et d'instrument, d'instrument d'observation et de perception du réel, mais très limité finalement parce que on [ne] peut vraiment que faire l'expérience vraiment limitée du réel et de la nature, donc le corps je pense que l'humain a toujours cherché à créer des extensions de ce corps et ce sont ces extensions qui m'intéressent beaucoup finalement, des extensions optiques, des extensions, je ne sais pas comment on appelle ça, des véhicules qui peuvent nous transporter ailleurs et puis je pense que
125 c'est un grand mystère le corps, parce qu'il y a plein de choses qu'on connaît pas encore.

G.F. : Question à laquelle vous avez déjà en partie répondu mais du coup je vous la pose directement : en quoi l'astronomie et les sciences de l'infiniment petit à l'infiniment grand vous intéressent-elles ?

130 C.C. : Pour moi j'ai les envisage comme un support, comme un cadre et ce qui m'intéresse c'est d'en extraire par exemple l'imagerie, je suis très attachée à l'imagerie et donc ce sont vraiment

comme des supports qui contiennent des informations et j'aime beaucoup voir comment ces informations sont organisées, même formellement, je trouve que tous les codes même le graphisme de la science est très fascinant, comment les chercheurs finalement partagent leur recherches. C'est une matière première pour moi, donc je m'intéresse aussi bien au contenu que
135 à la forme et la science mais peut-être presque plus à la forme, finalement maintenant que j'y pense, et c'est une matière première dans laquelle je puise dans laquelle j'extrais des choses que je sors ensuite du contexte scientifique et une fois libérées du contexte scientifique les images peuvent prendre vraiment d'autres sens et d'autres...

140 G.F. : donc il y a le sens du détournement
C.C. : oui il y a le sens de l'extraction et du détournement du fait d'extraire les choses de leur contexte pour en offrir une lecture en marge.

G.F. : Y a-t-il un but ?
145 C.C. : je pense que le but oui moi... en toute humilité je cherche, je pense, à reconnecter à des choses essentielles, en tout cas moi à travers mon travail je me reconnecte personnellement, à mon échelle, à des choses qui me paraissent essentielles, de réflexion sur la nature et l'univers et une quête, ensuite reconnecter à l'émerveillement qu'on peut ressentir, au vertige qu'on peut ressentir face à l'univers.

150 G.F. : Et les choses essentielles passent aussi par la compréhension, c'est-à-dire de l'univers ? par ses concepts ? les concepts scientifiques dont on parle, je sais pas... comme l'expansion de l'univers ou ce genre choses, ça vous intéresse aussi ?

155 C.C. : alors la compréhension oui mais je dirais que à travers l'art ça va être plus la sensation et la perception peut-être plus intuitive encore que la compréhension scientifique, donc il y a quelque chose de l'ordre du sensoriel qui nous dépasse et finalement on peut s'émanciper des concepts et du savoir pour laisser plutôt libre cours à une sensation ou à une intuition.

160 G.F. : Est-ce qu'il vous est jamais arrivé de mettre en image, pas de manière disons de vulgarisation, mais plus personnelle, des concepts scientifiques par exemple... qui vous fascinent, il y en a beaucoup dans la science...

C.C. : oui, j'ai un exemple c'est la carte de Planck, en fait c'est la carte la plus... moi ce que j'ai compris c'est que c'était la cartographie la plus lointaine jamais réalisée de l'univers puisque c'est une carte qui représente les premiers... on peut appeler ça le cri naissant de l'univers, c'est
165 une sorte de cartographie qui ressemble à du bruit, finalement c'est vraiment comme un grain et elle a été réalisée en remontant très très loin dans l'univers, elle a été réalisée à partir d'ondes radio, donc à partir du son, qui s'est produit peu de temps après le Big Bang, mais comme je dis peu de temps c'est genre 8 milliards d'années voilà c'était vraiment à la naissance de l'univers.

170 G.F. : ce n'est pas le fond diffus cosmologique ?

C.C. : oui c'est le fond diffus cosmologique, moi ce qu'on m'a dit, c'est un chercheur qui a tenté de m'expliquer cette carte et qui m'a dit que en fait c'est le moment où l'univers est passé de opaque à transparent, parce que avant ça on peut pas voir ce qui s'est passé, parce que il n'y
175 avait pas de lumière...

G.F. : ...une sorte de mur

180 C.C. : oui c'est le mur de Planck et donc c'est le moment où la lumière est née et ce que je fais ce que j'ai imprimé ce document et ensuite j'ai placé déçu une sorte de voile comme un calque, qui crée un peu un flou et qui représentait ce passage de opaque au transparent. voilà ça c'était... c'est un exemple de document que j'ai un peu détourné en plaçant un filtre devant qui représente ce passage. Ensuite sur les concepts...

185 G.F. : est-ce qu'il y en a qui vous fascinent particulièrement... et que vous avez essayé, là vous avez donné un exemple, il y en a d'autres il y en a beaucoup qui sont étranges par exemple ceux qui sortent de la mécanique quantique qu'on ne comprend pas tout à fait, qui sont contre-intuitif...

C.C. : très abstrait

190 G.F. : oui quelques fois c'est très abstrait mais du coup est-ce que ça c'est une limite pour vous ou c'est un élément de fascination de plus ?

195 C.C. : je suis toujours un peu... il y a une ambivalence qui est que quand je me rends sur les lieux de la science souvent les chercheurs sont très généreux, ils essaient de m'expliquer les choses et moi j'aime bien rester parfois dans une compréhension un peu... disons que je ne cherche pas spécialement à comprendre, j'aime bien recevoir les choses de manière intuitive, je ne sais pas comment... mon but c'est pas du tout de devenir une personne ultra calée en astrophysique, c'est plutôt... parfois il va y avoir trois ou quatre mots que je vais trouver hyper poétiques dans leur explication et ça va juste m'inspirer pour faire quelque chose mais c'est comme un poème, en fait quand ils me parlent j'entends ça presque comme de la poésie comme 200 un langage hyper... oui une forme d'abstraction en tout cas qui m'inspire. Mais dans les concepts je ne pourrais même pas en citer, je ne suis pas particulièrement fascinée par la physique quantique et tout ça, ça me perd un peu...

G.F. : ... mais vous l'êtes [fascinée] davantage par les images et les supports...

205 C.C. : Oui parce qu'il y a une immédiateté, il y a quelque chose de concret.

G.F. : Avez-vous déjà mis en place une collaboration avec des scientifiques ou un laboratoire scientifique mais je parle vraiment du fait de travailler ensemble sur un projet

210 C.C. : Oui, mon premier projet qui a été soutenu par un laboratoire c'était *Atacama*...

G.F. : Je suis très curieux parce que vous aviez parlé de ce projet dans le podcast science⁴...

C.C. : ...mais il n'avait pas été réalisé encore.

215 G.F. : Exactement, mais vous n'étiez pas loin de le réaliser... en fait vous aviez un contact à Marseille... après je sais pas si ça s'est réalisé, apparemment oui... vous pourriez m'en dire quelque chose ?

220 C.C. : Oui un jour j'ai visité le laboratoire d'Astrophysique de Marseille parce que un chercheur a vu mon travail sur Instagram et il m'a contactée en disant « j'aime bien ce que vous faites, moi je suis chercheur à Marseille, si un jour vous voulez visiter n'hésitez pas à me contacter ». Moi j'ai dit « oui je viens la semaine prochaine ! » donc j'ai pris un train, je suis allée visiter le laboratoire et on s'est super bien entendu et en fait c'est vraiment un chercheur singulier parce que lui il est passionné par l'art aussi et il m'a énormément soutenue, il m'a mis en contact... en fait au détour une conversation moi je lui ai dit « ah là là... mon rêve ce serait vraiment d'aller 225 dans le désert d'Atacama voir les grands télescopes et tout ça », et il me dit « moi j'y suis déjà allé, je connais des gens sur place, je peux te mettre en contact ». Et en fait il l'a fait, il a écrit des mails et au bout d'un moment quand j'ai compris que j'allais pouvoir aller sur place, là je me suis dit il faut pas juste y aller, il faut que j'aie un projet sérieux, je ne peux pas juste aller visiter ça comme une touriste. Donc c'est là que je me suis dit ok, j'ai envie de faire un film 230 parce que je veux vraiment pouvoir partager cette expérience de ce laboratoire, c'est un lieu qui

⁴ Podcast Science 247 – *Roue libre avec Caroline Corbasson – Art et Astronomie*, 17.02.2016.

Consultable à l'adresse : <https://www.podcastsience.fm/emission/2016/02/17/podcast-science-247-roue-libre-avec-caroline-corbasson-art-et-astronomie/#comments>. Consulté le 16 février 2020.

est quand même assez inaccessible au grand public, donc il faut vraiment que je puisse témoigner de ce moment et donc le meilleur médium pour moi ce serait un film, parce que comme ça on aura l'expérience totale : son, espace, images, voilà, mais je n'avais jamais fait de films et je n'avais jamais appris à faire des films, aux Beaux-Arts je n'ai pas du tout fait ça
235 mais finalement je me sentais paradoxalement très libre avec ce médium ne l'ayant pas appris, j'avais aucune pression de... comment il fallait faire, je me disais je vais juste faire comme je le sens, donc j'ai commencé à écrire un scénario avec une amie écrivain, il m'a aidée à formuler les choses et il y a eu un bouche-à-oreille qui s'est mis en place à Paris et un producteur m'a
240 contacté un jours en me disant « j'ai entendu parler de votre idée, j'aimerais bien produire votre film ». J'ai dit ok. Là ça a commencé à prendre de l'ampleur et on a organisé le tournage à Atacama et voilà.

G.F. : Vous étiez avec une équipe ?

245 C.C. : oui on était quatre, donc il y avait chef opérateur, ingénieur du son, assistant caméra et moi, donc équipe très réduite et on a passé quatre cinq jours à l'observatoire là-bas, et voilà. C'est assez incroyable...

G.F. : Et durant ce séjour vous êtes entrée en contact avec des scientifiques, de quelle manière et avec quel genre de collaboration, si c'était une collaboration... ?

250 C.C. : on était vraiment dans des postures d'observateurs, on a interrogé quelques scientifiques mais en fait on voulait aussi se faire extrêmement discret parce que notre objectif c'était de pouvoir filmer les choses dans leur état sans intervenir vraiment donc c'est une fiction, c'est un documentaire fiction on va dire, mais on était vraiment attachés à se faire minuscules pour pas perturber la vie de ce...
255

G.F. : le travail de ces scientifiques...

260 C.C. : oui, on avait une caméra plutôt... Oui, on n'a pas mis en scène les chercheurs, en revanche il y a un personnage dans ce film qu'on suit : c'est moi, c'est une silhouette dont on voit jamais le visage, mais on suit un personnage qui déambule un peu au sein de cet observatoire mais... il y a une narration, il y a une voix off en fait. Mais les chercheurs en eux-mêmes, on a eu des discussions, mais on n'a pas vraiment interrogé... on n'était pas dans une démarche d'interview, ou d'entretien ou tout ça.

265 G.F. : est-ce qu'il y a eu un aspect scientifique qui vous a marqué pendant ce séjour et que vous avez transposé éventuellement dans le film ?

270 C.C. : alors une chose qui m'a marquée, c'est que cet observatoire il est situé au milieu d'un désert, il est très isolé et le grand ennemi de cet observatoire, des miroirs du télescope, c'est la poussière. Il faut surtout pas qu'il y ait de poussière c'est l'ennemie numéro un, et moi ça m'a justement passionnée, parce que je trouvais qu'il y avait un lien direct entre la poussière du sol ou du désert et la poussière qui... la poussière des origines de la vie, on dit... fin, il y a cette théorie comme quoi la vie serait arrivée sur terre grâce à de la poussière interstellaire qui serait venue se déposer et tout ça. Voilà... donc le fil directeur du film c'est la poussière.

G.F. : j'aimerais bien le voir un jour...

275 C.C. : Je vais vous envoyer le lien.. même les deux *Atacama* et *À ta recherche*..

G.F. : eh ben écoutez, avec grand plaisir... d'accord.

280 Alors question un peu plus difficile peut-être... mais répondez avec... sans problème vraiment, pensez-vous que l'art puisse contribuer à la recherche scientifique et si oui de quelle manière ? Votre avis personnel...

C.C. : en fait je pense que l'art permet d'aller au-delà de la science puisque là où la science connaît des limites l'art permet grâce à l'imaginaire, mais les chercheurs font preuve aussi

d'imaginaire, mais les artistes grâce à imaginaire peuvent contourner les limites et les dépasser en proposant des réponses qui sont des réponses personnelles qui sont... qui peuvent dépasser finalement les contraintes scientifiques et surtout comme l'art n'a pas justement de but précis, je pense que cette liberté-là est salvatrice parce que souvent... il y a plein de découvertes scientifiques qui se sont faites un peu par hasard, par accident, et je crois que l'art c'est aussi ça, c'est beaucoup de hasard, d'accidents qui sont parfois des accidents qui permettent de trouver quelque chose.

290

G.F. : est-ce que le talent d'un artiste peut être aussi basé sur le fait de savoir provoquer cet accident, ce genre d'accidents, ce genre de hasard qui le conduit ensuite à faire des.. soit des découvertes soit des démarches personnelles..?

295

C.C. : Je pense que l'artiste... un de grands défis d'un artiste pour moi c'est de savoir prendre des risques et de savoir sortir de sa zone de confort, c'est quelque chose qui est très difficile je trouve parce que quand on est.. quand on a une pratique artistique qui se définit en fait on crée des systèmes et moi-même je le vois en ce moment [dans] mon travail, on rentre dans un système et on se répète et c'est très difficile de sortir de ce système, il faut être un super vigilant, en fait à vraiment... essayer de prendre des risques et tout ça.

300

G.F. : et de se remettre en discussion...

305

C.C. : oui mais c'est pas facile surtout quand on reçoit une forme de... quand on a un public finalement aussi qui... et que... on reçoit une certaine notoriété, moi à mon niveau c'est une petite notoriété mais quand même il y a un public qui regarde mon travail et c'est hyper difficile de sortir de son propre système, mais parfois on peut se trouver à répéter quelque chose qu'on a fait mille fois, et tout ça pour dire que je pense que le travail d'un artiste consiste aussi à... en effet à se mettre en danger, à prendre à risque, à sortir de sa zone pour régénérer des accidents et des hasards et tout ça.

310

G.F. : Et...

C.C. : Et je ne dis pas que j'y arrive [*petit rire*]. Parce qu'en ce moment... parfois on se retrouve à faire par exemple... moi en ce moment j'ai l'impression de faire du Caroline Corbasson..

315

G.F. : D'accord, je vois...

C.C. : De me copier moi-même presque, mais j'en ai conscience et c'est hyper difficile en fait de se dire ok non je fais table rase peut-être que je vais trouver...

320

G.F. : autre chose...

C.C. : oui c'est super dur. Et ça c'est un truc qu'on a quand on est vraiment jeune. Je ne sais pas entre 15 et 20 ans, on est dans une expérimentation et tout, mais assez vite si ça commence à marcher et qu'il y a un retour et que des galeries s'intéressent et qu'on vend et tout ça on se cloisonne un peu.

325

G.F. : et comment vous dépassez justement ce genre de cloisonnement ?

C.C. : mais je ne sais pas moi.

330

G.F. : d'accord [*petit rire*]

C.C. : c'est dur ! [*petit rire*] mais j'y pense en tout cas déjà la première chose c'est d'en avoir conscience et d'être super vigilant en permanence pendant toute sa carrière, c'est un marathon mais il faut toujours avoir ça dans un coin de sa tête..

G.F. : est-ce qu'il y a des scientifiques qui se sont intéressés à votre art et qui ont trouvé des éléments d'intérêt aussi pour la science par exemple, je ne sais pas une vision ou une idée, ou

335 je ne sais pas... une interprétation, ou je ne sais pas quoi ? Est-ce qu'il vous est arrivé d'en croiser qui...

C.C. : oui récemment mais je ne sais plus qui m'a dit ça. Récemment j'ai parlé à un scientifique mais je sais plus [le]quel c'est, parce que j'ai fait des impressions sur des miroirs de télescope où en fait j'imprime des imageries de champ profond d'Hubble sur... directement sur le miroir de télescope donc ça s'appelle un blank [?], et il m'avait dit que c'était... qu'il trouvait intéressant
340 le fait d'avoir reproduit le résultat finalement des observations sur l'instrument lui-même, je ne sais plus exactement ce qu'il m'a dit.. mais peut-être je ne suis peut-être pas au courant de... mais je suis souvent des dialogues avec des scientifiques oui...

G.F. : et un jour, toujours dans ce podcast vous avez dit que vous aviez croisé à Genève dans
345 une galerie qui avait vos œuvres un scientifique qui était particulièrement content de vous parler et il était particulièrement intéressé par vos œuvres... Est-ce que ça peut aller dans cette direction dont je viens de vous parler : il était intéressé parce qu'il avait reçu des idées où je ne sais pas une vision autre ?

C.C. : oui je ne sais pas, peut-être mais là je ne peux pas parler à sa place, ça en fait ce serait
350 intéressant de demander à des chercheurs qui ont vu mon travail si un jour ils en ont tiré quelque chose, si ça les a inspirés, ça serait bien de leur poser la question mais moi j'aurais du mal à répondre à leur place.

G.F. : Bien sûr... et est-ce que vous avez une vision du monde que vous voulez transposer dans
355 vos œuvres est-ce que derrière il y a quand même un sentiment, ou je ne sais pas une vision, un idéal que vous voulez transposer et qui émerge aussi dans vos œuvres ?

C.C. : Je pense qu'il y a la dimension... une forme d'humilité un peu face au monde, je crois
360 que dans mon travail je cherche quand même à montrer à quel point tout ça est très vaste et complexe et mystérieux, mais je rends aussi les choses un peu accessibles je crois, ça c'est vous qui pouvez me le dire, j'ai l'impression que mon travail est pas... fin on me dit souvent que mon travail à quelque chose d'accessible puisque il y a une dimension esthétique quand même qui permet de rentrer dans de... il y a une porte pour rentrer dans mon travail qui est celle de l'esthétique et de son aspect formel qui je pense rend certaines recherches scientifiques peut-être accessibles, mais ça encore c'est un peu difficile pour moi de le dire, j'ai l'impression que
365 ça c'est un peu le travail du spectateur parce que moi après je ne suis pas maître de... c'est les premières choses qu'on se dit... mais en tout cas si moi j'avais un message qui m'est cher oui c'est plutôt une forme de vertige et d'humilité face au grand mystère de l'univers.

G.F. : Qui d'ailleurs si je ne me trompe pas vous fascine particulièrement...

370 C.C. : Oui...

G.F. : est-ce que c'est aussi ce côté de la science qui vous empreigne un peu qui vous donne
cette fascination que ça soit le concept, que ça soit les images qui vous fascinent et qui vous transportent ailleurs, est-ce que ça existe dans votre perception de la science ?

C.C. : oui, c'est pour moi un univers qui est assez réconfortant, parce que en moi il y a quelque
375 chose qui m'étonne toujours c'est... il y a des personnes qui me font la remarque quand ils voient mon travail : « ah mais moi je n'aime pas me projeter dans l'immensité ça me fait peur, je préfère ne pas savoir », et moi au contraire je trouve ça hyper réconfortant j'ai une forme de j'ai besoin de regarder comme ça l'immensité, au contraire je trouve que ça fait relativiser toutes
380 les choses et je suis aussi très attachée en fait à la beauté et je trouve qu'il y a énormément de beauté dans le monde et je pense que voilà mon humble travail c'est juste de témoigner de cette beauté-là, fin c'est ce que j'essaie de faire.

G.F. : et vous cherchez la beauté, vous cherchez à montrer la beauté dans vos œuvres ?

385 C.C. : Oui mais après...

G.F. : c'est ça l'aspect esthétique ?

390 C.C. : oui, après je me méfie de tout l'aspect très séduisant que peuvent avoir certaines images, c'est aussi une réflexion que je mène c'est la séduction dans les images scientifiques, il faut savoir que beaucoup d'images sont traitées pour être plus séduisantes, donc elles sont colorisées et elles sont ça, et moi j'enlève toujours les couleurs, je reviens vraiment à des choses hyper essentielles où j'essaie d'être dans une économie des moyens pour vraiment jamais en faire trop, j'essaie toujours de trouver... de me débarrasser des toutes les informations
395 superflues qui ont pu être ajoutées pour rendre un document beau parce que moi je trouve que c'est beau sans... comment on appelle ça... sans artifice.

G.F. : du coup la question qu'est-ce que c'est que la beauté, du moins celle que vous proposez ou que vous estimez être dans vos œuvres ?

400 C.C. : La beauté elle se situe dans les choses parfois inattendues, dans un document qui n'a a priori pas du tout été conçu pour être montré ou qui a une vocation purement scientifique par exemple des documents que moi j'ai pu voir dans les atlas et tout ça et qui sont.. informatifs moi je vois souvent la beauté dans les choses très informatives. En tout cas j'aime la déceler là où a priori elle n'était pas.

405 G.F. : vous aimez extraire la beauté d'un document donc...

C.C. : la révéler, elle est déjà... parfois il suffit de tordre un peu les choses pour qu'on l'aperçoive mais elle est partout, c'est partout, c'est dans des choses minuscules et triviales et parfois dans des choses très impressionnantes et sublimes.

410 G.F. : et immenses...

C.C. : oui mais ça peut être dans un verre d'eau moi j'adore ces verres-là [elle nous montre des verres sur la table], ils sont très beaux je trouve mais ça peut être aussi dans un morceau de papier que je trouve mais c'est vraiment une espèce de... c'est transversal quoi.

415 G.F. : J'ai juste deux questions et après on s'arrête : j'ai une question concernant cette œuvre-là [on montre la reproduction sur une feuille d'une de ses œuvres]

C.C. : ça date

420 G.F. : oui ça date...

C.C. : [*petit rire*]

G.F. : Vous faites une référence à Galilée est-ce que cette œuvre a un rapport avec ses dessins [à lui] parce que en plus vous aimez beaucoup le dessin d'après ce que j'ai compris...

425 C.C. : oui j'ai trouvé très beau ses encres, ses aquarelles, je ne sais plus si c'est de l'encre ou de l'aquarelle, il a été un des premiers à faire... à dessiner la lune et à révéler que la lune était une surface accidentée avec des cratères et tout ça, et j'ai trouvé hyper beau justement encore une fois cette économie des moyens juste les esquisses extrêmement fragiles mais qui témoignent de quelque chose de fascinant, de lointain, d'inaccessible à l'époque la lune n'avait
430 pas été du tout explorée encore, donc j'aimais bien l'idée que lui avait juste un pinceau un peu d'encre il arrive à... oui finalement ce qui est beau dans les dessins de Galilée c'est qu'on sent l'humain, la fragilité de l'humain qui est capable d'observer des choses extraordinaires.

G.F. : donc c'est aussi la démarche, la découverte et les moyens qui la rendent possible et la reproduction justement de cette démarche à travers ces dessins.

435 C.C. : oui

G.F. : juste un mot sur vos projets actuels

440 C.C. : alors actuellement, je travaille sur mon prochain film qui s'appelle *Mue* et qui se déroule dans un observatoire astronomique japonais que je suis allée visiter en octobre et là je m'intéresse à des observatoires souterrains, qui sont en fait des détecteurs de neutrinos et des détecteurs d'ondes gravitationnelles. Donc là ce qui m'intéresse c'est que ces observatoires souterrains observent le ciel mais à partir d'espaces très isolés encore une fois, sous la terre et j'ai trouvé que c'était très beau de pouvoir observer l'univers à partir d'une caverne creusée sous
445 une montagne.

G.F. : c'est cette tension entre un endroit extrêmement cloisonné, disons, enfermé sur lui-même et le fait qu'il puisse découvrir quelque chose d'immense

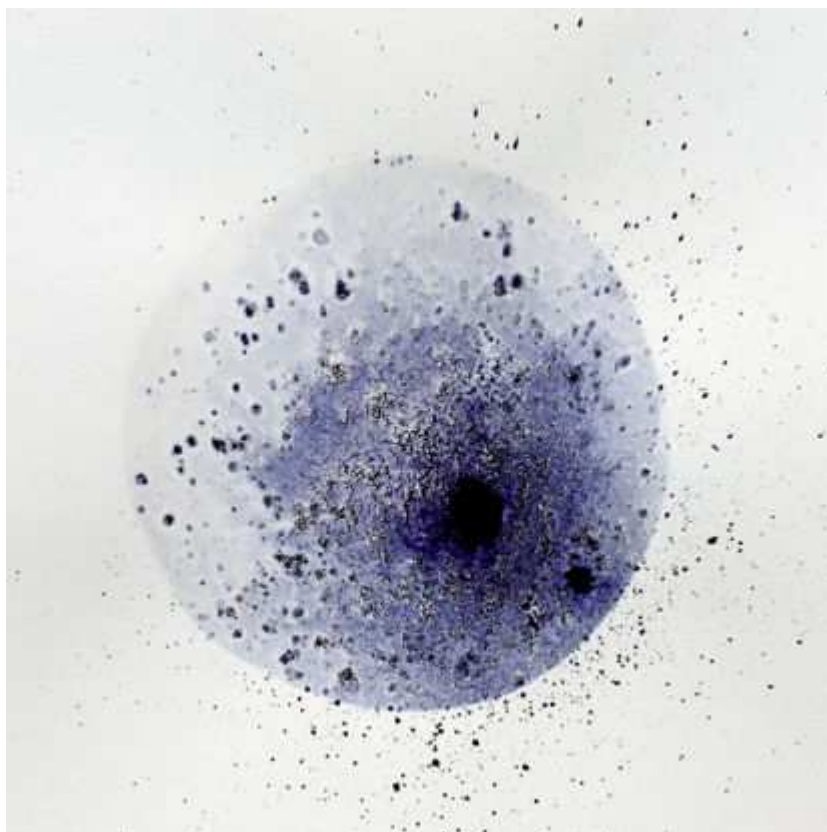
C.C. : voilà c'est ça...

450 G.F. : c'est cette tension que vous voulez aussi reproduire dans votre film ?

C.C. : c'est ça et je vais m'intéresser au sujet, afin au thème de la métamorphose et en fait ces observatoires m'ont fait penser à des sortes de chrysalides, ils sont creusés dans la montagne et ils sont... les murs sont bruts et on est vraiment comme dans une caverne et ils sont recouverts de plastique donc il y a cette idée de membrane, ils sont en fait comme dans tous les
455 observatoires il y a vraiment cette idée de... il y a beaucoup de membrane pour faire des espaces, comment on appelle ça... les salles blanches, des espaces isolés et tout ça et ça me faisait vraiment penser à... comme un cocon et donc voilà petit à petit finalement ces décors ont fait émerger un peu cette thématique de la transformation et de la métamorphose.

460 G.F. : et ben écoutez merci je vais arrêter l'enregistrement.

C.C. : Merci.



465

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages sur les arts visuels et l'esthétique

ALBERTI, Leon Battista, SCHEFER, Jean Louis (trad.), *De la peinture = De pictura: (1435)*. Paris, Macula, 1999.

ARCANGELI, Francesco et GUGLIELMI-PERETTI, Martine (trad.), *Des romantiques aux impressionnistes*. Paris, G. Monfort, 1995, première édition en italien 1977.

ARGAN, Giulio Carlo, *L'arte moderna 1770-1970*, Firenze, Sansoni, 1970.

ARASSE, Daniel, *Le détail: pour une histoire rapprochée de la peinture*. Paris, Flammarion, 2008, première édition 1992.

BARILLI, Renato, *L'arte contemporanea: da Cézanne alle ultime tendenze*. Milano, Feltrinelli Editore, 2008, première éd. 1984.

BEARDSLEY, Monroe C., *Aesthetics: Problems in the Philosophy of Criticism*. Harcourt, Brace and World Inc., New York, 1958.

BLANC-BENON, Laure, *La question du réalisme en peinture: approches contemporaines*. Paris, J. Vrin, 2009.

BURKE, Edmund et PHILLIPS, Adam, *A philosophical enquiry into the origin of our ideas of the sublime and beautiful*. Oxford (Royaume-Uni), Oxford University Press, 1998.

BUTOR, Michel, *Quant au livre Triptyque en l'honneur de Gauguin*. Paris, Éditions de la Bibliothèque nationale de France, 2014.

CABANNE, Pierre, *Le siècle de Picasso*. Paris, Denoël, 1975.

COMETTI, Jean-Pierre (dir.), MORIZOT, Jacques et PUIVET, Roger, *Esthétique contemporaine: art, représentation et fiction*. Paris, Vrin, 2005.

DACOS, Nicole, *Roma quanta fuit ou l'invention du paysage de ruines*. Paris; Bruxelles, Somogy, Musée de la Maison d'Érasme, 2004.

DIEHL, Gaston (dir.), *Les problèmes de la peinture*. Paris, Confluences, 1945.

D'ANGELO, Paolo, FRANZINI, Elio et SCARAMUZZA, Gabriele, *Estetica*. Milano (Italie), Cortina, 2002.

DANTI, Vincenzo, *Trattato delle perfette proporzioni*, Firenze, Sermartelli – 1567. [en ligne]. [Consulté le 16 novembre 2020], Numérisation effectuée par *Fondazione Memofonte onlus Studio per l'elaborazione informatica delle fonti storico-artistiche*. Disponible à l'adresse : <http://memofonte.accademiadellacrusca.org/pdf/10.pdf>

DAUBNER, Ernestine et POISSANT, Louise, *Bioart: transformations du vivant*. Québec, Presses de l'Université du Québec, 2012.

ECO, Umberto, *Les limites de l'interprétation*. E-book, Paris, Grasset, 2014.

FRANCASTEL, Pierre, *Peinture et société, naissance et destruction d'un espace plastique : de la Renaissance au cubisme*. Lyon, Audin, 1951.

FURUGREN, Bo, *Teckna hund och katt*. Stockholm (Suède), Natur och kultur/Fakta etc, 2005.

GLEIZES, Albert, METZINGER, Jean et KAHN, Gustave, *Du Cubisme*. Paris, E. Figuière et Cie, 1912.

GOMBRICH, Ernst Hans et DURAND, Guy (trad.), *L'art et l'illusion: psychologie de la représentation picturale*. NRF Gallimard, Paris, 1996, première édition en anglais 1960.

GOODMAN, Nelson. *Problems and projects*. Indianapolis (Etats-unis), Bobbs-Merrill, 1972.

GOODMAN, Nelson. *Manières de faire des mondes*. Paris, Gallimard, 2006.

GOODMAN, Nelson, *Langages de l'art: une approche de la théorie des symboles*. Paris, Librairie Arthème Fayard, 2011.

HENDERSON, Linda Dalrymple, *The fourth dimension and non-Euclidean geometry in modern art*. Revised edition. London (Angleterre) Cambridge (Massachusetts, Etats-Unis), The MIT Press. Leonardo book series, 2013.

KANT, Emmanuel et KHODOSS, Florence, *Le jugement esthétique, Textes choisis*. Paris, PUF, 1995.

KANT, Emmanuel et RENAUT, Alain, *Critique de la faculté de juger*. Paris, Flammarion, 1995.

KARIKO, Daniel, CHRISTENSEN, Tim, VERONESI, Emiliano R. et TALLEY, Isaac, *Vivono tra noi: ritratti straordinari di insetti ordinari*. Milano (Italie), Il Saggiatore, 2020.

LEONARD DE VINCI, *Traité de la peinture*. CHASTEL, André (Trad.), Paris, Berger-Levrault, 1987.

MAISON ROUGE, Isabelle de, *Picasso*. Paris : Cavalier bleu, 2005.

MALRIEU, Joël, *Le fantastique*. 5^e édition. Paris, Hachette, 2001.

MARINI, Maurizio, *Caravaggio Michelangelo Merisi da Caravaggio « pictor praestantissimus »*. Roma (Italie), Newton Compton Editori, 1989.

MATISSE, Henri et FOURCADE, Dominique [Éditeur scientifique], *Écrits et propos sur l'art*. Paris, Hermann, 2014.

MAYNARD, Patrick, *The engine of visualization: thinking through photography*. Ithaca, New York (Etats-Unis), Cornell University Press, 1997.

MITCHELL, Robert, *Bioart and the vitality of media*. Seattle (Etats-Unis), University of Washington Press, 2010.

MORIZOT, Jacques et POUIVET, Roger, *La philosophie de Nelson Goodman: repères*. Paris, J. Vrin, 2011.

PANOFSKY, Erwin, *Idea: contribution à l'histoire du concept de l'ancienne théorie de l'art*. Paris, Gallimard, 2015.

PANOFSKY, Erwin, *La Perspective comme forme symbolique*, trad. G. Ballangé, préface de M. Dalai Emiliani, Éd. de Minuit, Paris, 1975

PICASSO, Pablo et DE MICHELI, Mario, *Scritti*. Milano (Italie), SE, 1998.

REDON, Odilon, *Graphic Works of Odilon Redon*. New York (État-Unis), Dover Publications, 2005.

SCHAEFFER, Jean-Marie, *L'art de l'âge moderne: l'esthétique et la philosophie de l'art du XVIIIe siècle à nos jours*. Paris, Gallimard, 1992.

SHAKESPEARE, William, *Macbeth*, François Guizot (trad), in *Œuvres complètes de Shakespeare*. Tome 2 [en ligne], Paris, Didier, 1864. [Consulté le 5 septembre 2020].

Disponible à l'adresse Internet :

https://fr.wikisource.org/wiki/Macbeth/Traduction_Guizot,_1864/Notice

VASARI, Giorgio et CHASTEL, André (trad.), *Les vies des meilleurs peintres, sculpteurs et architectes*. Paris, Berger-Levrault, 1987.

Ouvrages sur les matières scientifiques

BACHELARD, Gaston, *Le nouvel esprit scientifique*. 1934, édition consultée en version numérisée et éditée par l'Université du Québec à Chicoutimi, p. 15. Voir le site : http://classiques.uqac.ca/classiques/bachelard_gaston/nouvel_esprit_scientifique/nouvel_esprit_scientifique.html [Consulté le 1 mai 2019].

BACHELARD, Gaston, *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris, J. Vrin, 1947.

BITBOL, Michel, *Maintenant la finitude: peut-on penser l'absolu?* Paris, Flammarion, 2019.

BRÄNDÉN, Carl-Ivar et TOOZE, John. *Introduction to protein structure*. New York (Etats-Unis), Garland Pub, 1991.

CAMPBELL, Neil A., REECE, Jane, URRY, Lisa A., *et al. Biologie*. Saint-Laurent (Canada), Édition du nouveau pédagogique, 2012.

CAMPBELL, Neil A., REECE, Jane, URRY, Lisa A., *et al. Biology*. New York (Etats-Unis) : Pearson Education, Inc, 2017.

DASTON, Lorraine, GALISON, Peter. *Objectivité*, Hélène QUINIOU et Sophie RENAUT (trad.), Dijon, Les Presses du réel, 2012. Fabula. Première édition en anglais 2007.

DEHAENE, Stanislas, *Le code de la conscience*. E-book. Paris, O. Jacob, 2014.

DICKERSON, Richard E. *The Proteins Composition, Structure, and Function*. New York (États-Unis), Neurath, H., 1964.

DICKERSON, Richard E. et GEIS, Irving, *The structure and action of proteins* [en ligne]. New York (États-Unis), Harper & Row, 1969. [Consulté le 23 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://archive.org/details/structureactiono0000unse>

ESPAGNAT, Bernard d', *Traité de physique et de philosophie*. Paris, Fayard, 2002.

FRITH, Christopher D., *Comment le cerveau crée notre univers mental*. E-book. Paris, O. Jacob, 2010.

GALILEI, Galileo, *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*. Paris, Presses Universitaires de France, 1995.

GALILEI, Galileo et BATTISTINI, Andrea, *Sidereus nuncius*. Venezia (Italie), Marsilio, Letteratura universale Marsilio, 2001.

GALISON, Peter, *Image and logic: a material culture of microphysics*. Chicago (États-Unis), University of Chicago Press, 1997.

GREGORY, Richard Langton, *Eye and brain: the psychology of seeing*. E-book, 5th ed. Princeton, New Jersey (États-Unis), Princeton University Press, 1997.

HADAMARD, Jacques, *An essay on the psychology of invention in the mathematical field*. New York (États-Unis), Dover Publications, 1954.

HEISENBERG, Werner, *Physique et philosophie : la science moderne en révolution*. Paris, Éditions Albin Michel, 1971.

HEISENBERG, Werner. *Indeterminazione e realtà*. Napoli (Italie), Alfredo Guida Editore, 2002.

HEISENBERG, Werner, trad. par CHEVALLEY, Catherine, *Le Manuscrit de 1942*. Paris, Éditions Allia, 2018.

KLEIN, Étienne, *Il était sept fois la Révolution: Albert Einstein et les autres*. Paris, Flammarion, 2013.

KOYRÉ, Alexandre. *Études galiléennes*. Paris, Hermann, 1966.

KUHN, Thomas Samuel, *La Structure des révolutions scientifiques = The Structure of scientific revolutions*. Paris, Flammarion, 1983.

LATOURET, Bruno et WOOLGAR, Steve, *La vie de laboratoire: la production des faits scientifiques*. Paris, La Découverte, 2013.

NETTER, Frank H., et RICHER, Jean-Pierre, *Atlas d'anatomie humaine*. Issy-les-Moulineaux, Elsevier Masson, 2015.

PAIS, Abraham, *Inward bound: of matter and forces in the physical world*. Oxford [Oxfordshire] : New York : Clarendon Press ; Oxford University Press, 1986.

PESTRE, Dominique et DAMME, Stéphane van, *Histoire des sciences et des savoirs*. Paris : Éditions du Seuil, 2015.

POINCARÉ, Henri, *La Science et l'Hypothèse*. Paris, Flammarion, 1902.

ROCHOW, Theodore G. *Introduction to microscopy by means of light, electrons, x rays, or acoustics*. Springer-Verlag, New York, 2013.

SCHRÖDINGER, Erwin, DANCHIN, Antoine et DEBRU, Claude, *Qu'est-ce que la vie ? : l'aspect physique de la cellule vivante*. Paris, Christian Bourgois, 1986.

VAN FRAASSEN, Bas C., *The scientific image*. Oxford : New York : Clarendon Press ; Oxford University Press, 1980. Clarendon library of logic and philosophy.

VOET, Donald et VOET, Judith G., *Biochimie*. Louvain-la-Neuve (Belgique), De Boeck Supérieur, 2016.

VOET, Donald, VOET, Judith G. et PRATT, Charlotte W., *Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level*. 4th ed. New Jersey (Etat-Unis), Wiley, 2013.

VOET, Donald, VOET, Judith G., PRATT, Charlotte W. et al., *Fondamenti di biochimica*. Bologna (Italie), Zanichelli, 2017.

Ouvrages sur les relations entre les arts et les sciences

BENSON, Michael, *Otherworlds: visions of our solar system*. New York (Etat-Unis), Abrams, 2017.

CHANSIGAUD, Valérie, *Histoire de l'illustration naturaliste: des gravures de la Renaissance aux films d'aujourd'hui*. Paris, Delachaux et Niestlé, 2009.

KORENY, Fritz, *Albrecht Dürer and the animal and plant studies of the Renaissance*. Boston (Etats-Unis), Little, Brown, 1988, première édition en allemand 1985.

KUSUKAWA, Sachiko, *Picturing the book of nature: image, text, and argument in sixteenth-century human anatomy and medical botany*. Chicago ; London : University of Chicago Press, 2011.

KUSUKAWA, Sachiko, MACLEAN, Ian, *et al. Transmitting Knowledge: Words, Images, and Instruments in Early Modern Europe*. Oxford, Oxford University Press, 2006

MANDRESSI, Rafael, *Le regard de l'anatomiste: dissections et invention du corps en Occident*. Paris, Editions du Seuil, 2003.

MARGÓCSY, Dániel, SOMOS, Mark et JOFFE, Stephen N., *The Fabrica of Andreas Vesalius: a worldwide descriptive census, ownership, and annotations of the 1543 and 1555*. Leiden, Boston, Brill, 2018. (Collection Medieval and early modern philosophy and science, volume 28).

MILLER, Arthur I., *Colliding worlds: how cutting-edge science is redefining contemporary art*. New York (Etats-Unis), W. W. Norton & Company, 2014.

OGILVIE, Brian W., *The science of describing: natural history in Renaissance Europe*. Chicago (Etats-Unis), University of Chicago Press, 2006.

ROTHENBERG, David. *Survival of the beautiful: art, science, and evolution*. E-book, London (Angleterre), Bloomsbury, 2012.

SPRANG, Sabine van et BRABANDERE, Gerda de, *L'empire flore: histoire et représentation des fleurs en Europe du XVI^e au XIX^e siècle*. Bruxelles (Belgique), la Renaissance du livre, 1996.

Articles de revues scientifiques en format papier ou en format numérique

Sur la microscopie

[Anon.]. Microscopy Today Micrograph Awards. *Microscopy Today* [en ligne]. Septembre 2019. [Consulté le 26 juillet 2020]. Vol. 27, n° 05, p. 12-15. Cambridge University Press. DOI 10.1017/S1551929519000853 Disponible à l'adresse : https://www.cambridge.org/core/product/identifieur/S1551929519000853/type/journal_article

BACLE, Pauline, HENRY, Lucas et ROSSI-GENDRON, Caroline, La Microscopie à Force Atomique pour l'observation de molécules avec une résolution atomique, publié le 19/10/2016 sur le site : site CultureSciences-Chimie, ENS, à l'adresse : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/la-microscopie-%C3%A0-force-atomique-pour-lobserver-de-mol%C3%A9cules-avec-une-r%C3%A9solution-atomique> [consulté le 2 octobre 2020].

LE ROY, Edouard, Ce que la microphysique apporte ou suggère à la philosophie, *Revue de Métaphysique et de Morale*. Avril 1935. T. 42, n° 2, pp. 151-184.

MERCIER, Michel, Les images de microscopie électronique : construire un réel invisible. *Culture Technique* [en ligne]. 1991. [Consulté le 1 avril 2020]. n° 22, p. 25-34. Disponible à l'adresse : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/29805>

MERCIER, Michel, La représentation constructrice image et objet en microscopie électronique. *Cahiers art et science*. Bordeaux: Ed. Confluences, 1994. Vol. 1, p. 55-71. p. 60.

MORIARTY, Philip, Resolution frontiers. *Physics World* [en ligne]. Novembre 2010. [Consulté le 15 juillet 2019]. Vol. 23, n° 11, p. 29-34. DOI 10.1088/2058-7058/23/11/38 Disponible à l'adresse : <http://stacks.iop.org/2058-7058/23/i=11/a=38?key=crossref.cad702c3e75a61d34dccb2e83fb95369>.

MORIARTY, Philip, Visualizing the « Invisible ». *Leonardo* [en ligne]. Février 2015. [Consulté le 12 juillet 2019]. Vol. 48, n° 1, p. 64-65. DOI 10.1162/LEON_a_00897 Disponible à l'adresse : http://www.mitpressjournals.org/doi/10.1162/LEON_a_00897

Sur le modèle en ruban

ARNONE, Arthur *et al.*, A high resolution structure of an inhibitor complex of the extracellular nuclease of *Staphylococcus aureus*. I. Experimental procedures and chain tracing. *The Journal of Biological Chemistry*. 10 avril 1971. Vol. 246, n° 7, p. 2302-2316.

BAHAR, S., Ribbon diagrams and protein taxonomy: a profile of Jane S. Richardson. *The Newsletter of the Division of Biological Physics of the American Physical Society* 4. 2004. p. 5-8.

BERMAN, Helen M. *et al.*, The Protein Data Bank. *Nucleic Acids Research* [en ligne]. Janvier 2000, Vol. 28, n° 1, p. 235-242. [Consulté le 25 novembre 2020]. DOI 10.1093/nar/28.1.235

BRÄNDÉN, Carl-Ivar *et al.*, Structure of Liver Alcohol Dehydrogenase at 2.9-Å Resolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en ligne]. 1 août 1973. [Consulté le 17 mai 2020]. Vol. 70, n° 8, p. 2439-2442. DOI 10.1073/pnas.70.8.2439
Disponible à l'adresse : <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.70.8.2439>

BRÄNDÉN, Carl-Ivar *et al.*, 3 Alcohol Dehydrogenases. *The Enzymes* [en ligne]. Elsevier, 1975. p. 103-190. [Consulté le 2 juin 2020].
Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874604708602115>

CARTER, Charles W. *et al.*, Two-Ångström Crystal Structure of Oxidized Chromatium High Potential Iron Protein. *Journal of Biological Chemistry* [en ligne]. 10 juillet 1974. [Consulté le 6 septembre 2020]. Vol. 249, n° 13, p. 4212-4225.
Disponible à l'adresse : <http://www.jbc.org/content/249/13/4212.abstract>

CAMPBELL, J. W., WATSON, H. C. et HODGSON, Gail I., Structure of yeast phosphoglycerate mutase. *Nature* [en ligne]. Juillet 1974. [Consulté le 1 juin 2020]. Vol. 250, n° 5464, p. 301-303. DOI 10.1038/250301a0
Disponible à l'adresse : <http://www.nature.com/articles/250301a0>.

CEDERGREN-ZEPPEZAUER, Eila, SAMAMA, Jean Pierre et EKLUND, Hans, Crystal structure determinations of coenzyme analog and substrate complexes of liver alcohol dehydrogenase: binding of 1,4,5,6-tetrahydronicotinamide adenine dinucleotide and trans-4-(N,N-dimethylamino)cinnamaldehyde to the enzyme. *Biochemistry* [en ligne]. 28 septembre 1982. [Consulté le 2 juin 2020]. Vol. 21, n° 20, p. 4895-4908. DOI 10.1021/bi00263a011.
Disponible à l'adresse : <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bi00263a011>

COTTON, Franck Albert et HAZEN, Edward E., 7 Staphylococcal Nuclease X-Ray Structure. *The Enzymes* [en ligne]. Elsevier, 1971. p. 153-175. [Consulté le 7 mai 2020].
Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874604708603674>

DE CHADAREVIAN, Soraya, John Kendrew and myoglobin: Protein structure determination in the 1950s. *Protein Science* [en ligne]. 1 juin 2018. [Consulté le 27 avril 2020]. Vol. 27, n° 6, p. 1136-1143. DOI 10.1002/pro.3417

EKLUND, Hans *et al.*, The structure of horse liver alcohol dehydrogenase. *FEBS Letters* [en ligne]. 25 août 1974. [Consulté le 17 mai 2020]. Vol. 44, n° 2, p. 200-204. DOI 10.1016/0014-5793(74)80725-8
Disponible à l'adresse : <http://doi.wiley.com/10.1016/0014-5793%2874%2980725-8>

EKLUND, Hans *et al.*, Three-dimensional structure of horse liver alcohol dehydrogenase at 2.4 Å resolution. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Mars 1976. [Consulté le 17 mai 2020]. Vol. 102, n° 1, p. 27-59.
DOI 10.1016/0022-2836(76)90072-3
Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022283676900723>

EKLUND, Hans *et al.*, Structure of a triclinic ternary complex of horse liver alcohol dehydrogenase at 2.9 Å resolution. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Mars 1981. [Consulté le 21 mai 2020]. Vol. 146, n° 4, p. 561-587.
DOI 10.1016/0022-2836(81)90047-4
Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022283681900474>

FLOWER, D.R. Improved ribbon-drawing programs. *Journal of Molecular Graphics* [en ligne]. Décembre 1991, Vol. 9, n° 4, p. 257-258. [Consulté le 20 octobre 2020].
DOI 10.1016/0263-7855(91)80021-Q

GOODSELL, David S. et JENKINSON, Jodie, Molecular Illustration in Research and Education: Past, Present, and Future. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 430, n° 21, p. 3969-3981. [Consulté le 25 novembre 2020]
DOI 10.1016/j.jmb.2018.04.043

HOLMGREN, Arne *et al.*, Three-Dimensional Structure of Escherichia coli Thioredoxin-S2 to 2.8 angstrom Resolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [en ligne]. 1975. [Consulté le 8 juin 2020] Vol. 72, n° 6, p. 2305-2309.
Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/64698

KEY, Lindsay, Science's « Mother of Ribbon Diagrams » celebrates 50 years at Duke. *Duke Stories* [en ligne]. 19 octobre 2018. [Consulté le 18 avril 2020].
Disponible à l'adresse : <https://stories.duke.edu/sciences-mother-of-ribbon-diagrams-celebrates-50-years-at-duke>

KOLIJN, Eveline, Observation and visualization: reflections on the relationship between science, visual arts, and the evolution of the scientific image. *Antonie van Leeuwenhoek* [en ligne]. Octobre 2013, Vol. 104, n° 4, p. 597-608. [Consulté le 4 novembre 2020].
DOI 10.1007/s10482-013-9951-z
Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23754663/>

KRAULIS, Per, MOLSCRIPT : a program to produce both detailed and schematic plots of protein structures. *Journal of Applied Crystallography* [en ligne]. 1 octobre 1991. [Consulté le 31 mai 2020]. Vol. 24, n° 5, p. 946-950. DOI 10.1107/S0021889891004399
Disponible à l'adresse : <http://scripts.iucr.org/cgi-bin/paper?S0021889891004399>

KRAULIS, Per, MolScript: A story of success and failure. *Civilisation* [en ligne]. 3 novembre 2014. [Consulté le 31 mai 2020].
Disponible à l'adresse : <https://kraulis.wordpress.com/2014/11/03/molscript-a-story-of-success-and-failure/>

LESK, Arthur M. et HARDMAN, Karl D., Computer-generated pictures of proteins. *Methods in Enzymology* [en ligne]. Elsevier, 1985. p. 381-390. [Consulté le 31 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0076687985150275>

LEVITT, Michael et CHOTHIA, Cyrus, Structural patterns in globular proteins. *Nature* [en ligne]. Juin 1976. [Consulté le 19 mai 2020]. Vol. 261, n° 5561, p. 552-558.
DOI 10.1038/261552a0. Disponible à l'adresse : <http://www.nature.com/articles/261552a0>

LILJAS, Anders *et al.*, Crystal Structure of Human Carbonic Anhydrase C. *Nature New Biology* [en ligne]. Février 1972. [Consulté le 27 mai 2020]. Vol. 235, n° 57, p. 131-137. DOI 10.1038/newbio235131a0
Disponible à l'adresse : <http://www.nature.com/articles/newbio235131a0>

LINDSKOG, Sven, *et al.*, 21 Carbonic Anhydrase ». *The Enzymes* [en ligne]. Elsevier, 1971. p. 587-665. [Consulté le 23 mai 2020].
Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874604708601043>

LOW, Barbara W. *et al.*, Three dimensional structure of erabutoxin b neurotoxic protein: inhibitor of acetylcholine receptor. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en ligne]. 1 septembre 1976. Vol. 73, n° 9, p. 2991-2994. [Consulté le 19 mai 2020]. DOI 10.1073/pnas.73.9.2991
Disponible à l'adresse : <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.73.9.2991>

MARTINEZ, Xavier *et al.*, Molecular Graphics: Bridging Structural Biologists and Computer Scientists. *Structure* [en ligne]. Novembre 2019, Vol. 27, n° 11, p. 1617-1623. [Consulté le 25 novembre 2020], DOI 10.1016/j.str.2019.09.001

MORANGE, Michel, What history tells us XXV. Construction of the ribbon model of proteins (1981) The contribution of Jane Richardson. *Journal of Biosciences* [en ligne]. Septembre 2011. [Consulté le 16 mai 2020]. Vol. 36, n° 4, p. 571-574.
DOI 10.1007/s12038-011-9110-5
Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/10.1007/s12038-011-9110-5>

NORDLUND, Pär, SJÖBERG, Britt-Marie et EKLUND, Hans, Three-dimensional structure of the free radical protein of ribonucleotide reductase. *Nature* [en ligne]. Juin 1990. [Consulté le 31 mai 2020]. Vol. 345, n° 6276, p. 593-598. DOI 10.1038/345593a0. Disponible à l'adresse : <http://www.nature.com/articles/345593a0>

RAO, S. Trivikrama et ROSSMANN, Michael G., Comparison of super-secondary structures in proteins. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. 15 mai 1973. [Consulté le 27 avril 2020]. Vol. 76, n° 2, p. 241-256. DOI 10.1016/0022-2836(73)90388-4. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022283673903884>

RICHARDSON, Jane S. *et al.*, Crystal structure of bovine Cu,Zn superoxide dismutase at 3 Å resolution: chain tracing and metal ligands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en ligne]. 1 avril 1975. [Consulté le 19 mai 2020]. Vol. 72, n° 4, p. 1349-1353. DOI 10.1073/pnas.72.4.1349. Disponible à l'adresse : <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.72.4.1349>

RICHARDSON, Jane S., β -Sheet topology and the relatedness of proteins. *Nature* [en ligne]. Août 1977. [Consulté le 30 avril 2020]. Vol. 268, n° 5620, p. 495-500. DOI 10.1038/268495a0. Disponible à l'adresse : <http://www.nature.com/articles/268495a0>

RICHARDSON, Jane S., The Anatomy and Taxonomy of Protein Structure. In : ANFINSEN, C.B., EDSALL, John T. et RICHARDS, Frederic M. (dir.), *Advances in Protein Chemistry*. Vol. 34, [en ligne]. Academic Press, 1^{er} janvier 1981. [Consulté le 23 avril 2020] p. 167-339. DOI : 10.1016/S0065-3233(08)60520-3. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065323308605203>

RICHARDSON, Jane S., Schematic drawings of protein structures. *Methods in Enzymology* [en ligne]. Elsevier, 1985. p. 359-380. [Consulté le 30 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0076687985150263>

RICHARDSON, Jane S. *et al.*, Looking at proteins: representations, folding, packing, and design. Biophysical Society National Lecture. *Biophysical Journal*. Novembre 1992. Vol. 63, n° 5, p. 1185-1209.

RICHARDSON, Jane S., Early ribbon drawings of proteins. *Nature Structural Biology* [en ligne]. 1 août 2000. [Consulté le 22 avril 2020]. Vol. 7, n° 8, p. 624-625. DOI 10.1038/77912. Disponible à l'adresse : <http://www.nature.com/doi/10.1038/77912>

RICHARDSON, JANE S., Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. *Sciart Magazine* [en ligne]. Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Vol. 33, n° Octobre 2018. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>

ROCK, Jenny et HOWARD, Sunkita, Legitimizing Boundary Crossing for the Average Scientist: Two Cases Acknowledging How Arts Practice Informs Science. *Leonardo* [en ligne]. 10 avril 2018. [Consulté le 7 août 2020]. Vol. 52, n° 3, p. 305-308. DOI 10.1162/leon_a_01637.
Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1162/leon_a_01637

ROSSMAN, Michael G., LILJAS, Anders, BRÄNDÉN, Carl-Ivar et BANASZAK, Leonard J., 2 Evolutionary and Structural Relationships among Dehydrogenases. In : *The Enzymes* [en ligne]. Elsevier, 1975. p. 61-102. [Consulté le 2 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874604708602103>

ROSSMANN, Michael G. et ARGOS, Patrick, Protein Folding. *Annual Review of Biochemistry* [en ligne]. Juin 1981. [Consulté le 29 mai 2020]. Vol. 50, n° 1, p. 497-532. DOI 10.1146/annurev.bi.50.070181.002433
Disponible à l'adresse : <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.bi.50.070181.002433>

WORD, J. Michael *et al.*, Asparagine and glutamine: using hydrogen atom contacts in the choice of side-chain amide orientation. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Janvier 1999. [Consulté le 2 mai 2020]. Vol. 285, n° 4, p. 1735-1747. DOI 10.1006/jmbi.1998.2401
Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022283698924019>

ZHANG, Chao et KIM, Sung-Hou, The anatomy of protein β -sheet. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Juin 2000, Vol. 299, n° 4, p. 1075-1089. [Consulté le 25 novembre 2020] DOI 10.1006/jmbi.2000.3678

Sur la représentation scientifique et sur ses relations avec l'art

ALLAMEL-RAFFIN, Catherine, Un exemple d'étude comparée des procédures interprétatives à l'œuvre dans les sciences de la nature et dans l'analyse des œuvres d'art, p. 107-122, in BEYAERT-GESLIN, Anne et DONDERO, Maria Giulia (dir.). *Arts et sciences : Approches sémiotiques et philosophiques des images*. Liège : Presses Universitaires de Liège, 2014. Cultures Sensibles.

BOHNKE, Georges, Henri Poincaré et la découverte des groupes fuchsien ou la géométrie en action. *Philosophia Scientiae* [en ligne]. 1996. [Consulté le 11 août 2020]. Vol. 1, n° 4, p. 97-105. Disponible à l'adresse : http://www.numdam.org/item/?id=PHSC_1996__1_4_97_0

BUENO, Otávio, Representation at the Nanoscale. *Philosophy of Science*. The University of Chicago Press, Philosophy of Science Association, 2006, Vol. 73, n° 5, p. 617-628. DOI 10.1086/518331.

CARTWRIGHT, Nancy, Aristotelian Natures and Modern Experimental Method, *The Dappled World*, Cambridge: Cambridge University Press, p. 77-104.

COINTET, Jean Philippe, De la théorie scientifique à la pratique artistique, réflexions sur quelques réalisations artistiques actuelles relevant du bio art, Mémoire de maîtrise, année 2003-2004, Université Paris 1 Sorbonne. Disponible à l'adresse : <http://jph.cointet.free.fr/download/bio%20art.pdf>. [consulté le 22 juillet 2020].

CHANSIGAUD, Valérie, L'illustration naturaliste sous influences. *Textimage* [en ligne]. 2015. [Consulté le 1 octobre 2019]. n°7. Disponible à l'adresse : <http://www.revue-textimage.com>

CHAKRAVARTTY, Anjan, Truth and Representation in Science: Two Inspirations from Art, p. 33-50, in : FRIGG, Roman et HUNTER, Matthew, *Beyond Mimesis and Convention*, Dordrecht : Springer Netherlands.. 2010.

DONDERO, Maria Giulia, Sémiotique de l'image scientifique. *Signata. Annales des sémiotiques / Annals of Semiotics* [en ligne]. 31 décembre 2010. [Consulté le 7 octobre 2019]. n° 1, p. 111-175. DOI 10.4000/signata.291
Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/signata/291>.

ELGIN, Catherine Z., Understanding: Art and science. *Synthese* [en ligne]. Avril 1993. [Consulté le 2 septembre 2020]. Vol. 95, n° 1, p. 13-28. DOI 10.1007/BF01064665
Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/10.1007/BF01064665>

ELGIN, Catherine Z., Exemplification, Idealization, and Understanding, in SUÁREZ, Mauricio (éd.), 2009. *Fictions in science: philosophical essays on modeling and idealization*. New York : Routledge. Routledge studies in the philosophy of science, 4, p. 77-90.

FRIGG, Roman et HUNTER, Matthew, introduction, p. xv-xxx, in FRIGG, Roman et HUNTER, Matthew, in *Beyond Mimesis and Convention*, Dordrecht : Springer Netherlands. 2010

HAZARD, Jean, Jan Stephan van Calcar, précieux collaborateur méconnu de Vésale. In : *Histoire des sciences médicales*, 1996, 30 (4).

HUGHES, Richard I. G., Models and Representation. *Philosophy of Science* [en ligne]. 1997. [Consulté le 10 janvier 2020]. Vol. 64, p. S325-S336.
Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/188414

JÖNSSON, Claus, Elektroneninterferenzen an mehreren künstlich hergestellten Feinspalten. *Zeitschrift für Physik* [en ligne]. 1 août 1961. Vol. 161, n° 4, p. 454-474.

DOI 10.1007/BF01342460. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1007/BF01342460>

KEMP, Martin, Temples of the Body and Temples of the Cosmos: Vision and Visualization in the Vesalian and Copernican Révolutions, chap. 2, in : BAIGRE, B.S., *Picturing Knowledge. Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science*, University of Toronto Press, Toronto, Buffalo et Londres 1996.

MORLEY, Brian, The Plant Illustrations of Leonardo da Vinci. *The Burlington Magazine* [en ligne]. 1979. [Consulté le 3 mars 2020]. Vol. 121, n° 918, p. 553-562.
Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/879737

PITT, Joseph. When is an image Not an image? In SCHUMMER, Joachim, BAIRD, Davis, *Nanotechnology Challenges, Implications for Philosophy, Ethics and Society*, World Scientific Publishing, 1 avril 2006, p. 131-141. DOI 10.1142/9789812773975_0007

POINCARÉ, Henri, Sur les hypothèses fondamentales de la géométrie. *Bulletin de la Société Mathématique de France*. 1887. Vol. tome 15, p. 203-216.

RAIMONDI, Ezio, La nuova scienza e la visione degli oggetti. *Lettere Italiane* [en ligne]. 1969. [Consulté le 18 septembre 2019]. Vol. 21, n° 3, p. 265-305.
Disponible à l'adresse : <https://www.jstor.org/stable/26250180>

REEVES, Hubert, Réflexions à propos des représentations de l'univers. *Culture technique* [en ligne]. 1991. [Consulté le 8 août 2020]. n°22. Disponible à l'adresse : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/32668/C%26T_1991_22_148.pdf?sequence=1

SCHÉRER, René, Sur la philosophie transcendantale et l'objectivité de la connaissance scientifique. *Revue de Métaphysique et de Morale* [en ligne]. 1957. [Consulté le 10 avril 2020]. Vol. 62, n° 4, p. 436-464.
Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/40900153

SUÁREZ, Mauricio, Scientific representation: against similarity and isomorphism. *International Studies in the Philosophy of Science* [en ligne]. Octobre 2003. [Consulté le 2 janvier 2020]. Vol. 17, n° 3, p. 225-244.
DOI 10.1080/0269859032000169442
Disponible à l'adresse : <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0269859032000169442>

SUÁREZ, Mauricio, An Inferential Conception of Scientific Representation. *Philosophy of Science* [en ligne]. 2004. [Consulté le 22 janvier 2020]. Vol. 71, n° 5, p. 767-779.
DOI 10.1086/421415
Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/10.1086/421415

TYURINA, Anastasia, Scanning Electron Microscope: Transmigration of Scientific Photography into the Domain of Art. *Leonardo* [en ligne]. 2017. [Consulté le 26 juin 2019]. Vol. 51, n° 5, p. 507-508.

DOI 10.1162/leon_a_01406.

Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1162/leon_a_01406

Sur la perception

CHANGIZI, Mark *et al.*, Perceiving the Present and a Systematization of Illusions. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal* [en ligne]. Avril 2008. [Consulté le 2 septembre 2020].

Vol. 32, n° 3, p. 459-503. DOI 10.1080/03640210802035191

Disponible à l'adresse : <http://doi.wiley.com/10.1080/03640210802035191>.

DERĘGOWSKI, Jan B., Cross-Cultural studies of Illusions in SHAPIRO, Arthur et TODOROVIĆ, Dejan (dir.). *The Oxford compendium of visual illusions*. Oxford : Oxford University Press, 2017, Chapitre 2 p. 38-53.

LAND, Edwin H., Color vision and natural image. Partie I. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [en ligne]. Janvier 1959. [Consulté le 7 février 2020] Vol. 45, n° 1, p. 115-129.

Disponible à l'adresse : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC222521/>

LAND, Edwin H., Recent advances in retinex theory. *Vision Research* [en ligne]. Janvier 1986. [Consulté le 8 février 2020]. Vol. 26, n° 1, p. 7-21.

DOI 10.1016/0042-6989(86)90067-2

Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0042698986900672>

LOTTO, Beau R. et PURVES, Dale. The empirical basis of color perception. *Consciousness and Cognition* [en ligne]. Décembre 2002. [Consulté le 8 février 2020]. Vol. 11, n° 4, p. 609-629. DOI 10.1016/S1053-8100(02)00014-4

DOI 10.1016/S1053-8100(02)00014-4

Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053810002000144>

METELLI, Fabio. The Perception of Transparency. *Scientific American* [en ligne]. Avril 1974. [Consulté le 14 août 2020]. Vol. 230, n° 4, p. 90-98.

DOI 10.1038/scientificamerican0474-90

Disponible à l'adresse : <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/scientificamerican0474-90>

SEGALL, Marshall H., CAMPBELL, Donald T. et HERSKOVITS, Melville J., Cultural Differences in the Perception of Geometric Illusions. *Science* [en ligne]. 22 février 1963. [Consulté le 22 février 2020]. Vol. 139, n° 3556, p. 769-771. DOI

10.1126/science.139.3556.769

DOI 10.1126/science.139.3556.769

Disponible à l'adresse :

<https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.139.3556.769>

STODDARD, Mary Caswell *et al.*, Wild hummingbirds discriminate nonspectral colors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en ligne]. 10 juin 2020. [Consulté le 17 juin 2020]. p. 201919377. DOI 10.1073/pnas.1919377117
Disponible à l'adresse : <http://www.pnas.org/content/early/2020/06/09/1919377117.abstract>

Sur l'astronomie

GISSINGER, Christophe et PETITDEMANGE, Ludovic, A magnetically driven equatorial jet in Europa's ocean. *Nature Astronomy* [en ligne]. Mai 2019. [Consulté le 16 juillet 2020]. Vol. 3, n° 5, p. 401-407. DOI 10.1038/s41550-019-0713-3
Disponible à l'adresse : <http://www.nature.com/articles/s41550-019-0713-3>

LUNINE, Jonathan I. et ATREYA, Sushil K., The methane cycle on Titan. *Nature Geoscience* [en ligne]. Mars 2008. [Consulté le 16 juillet 2020]. Vol. 1, n° 3, p. 159-164. DOI 10.1038/ngeo125. Disponible à l'adresse : <http://www.nature.com/articles/ngeo125>

Sur les arts visuels et l'esthétique

BAZIN, André, Ontologie de l'image photographique, [1945], in *Qu'est-ce que le cinéma ?* Les Éditions du Cerf, Collection le 7^e art, 1958, p. 11-19.

GENIN, Christophe, Création absolue et Création relative. *Labex CAP* [en ligne]. 2013. [Consulté le 5 juin 2020]. Vol. WikiCréation, p. 1-12.
Disponible à l'adresse : <https://wikicreation.fr/fr/articles/242>

GOMBRICH, E. H., The "What" and the "How": Perspective Representation and the Phenomenal World, in RUDNER, R. et SCHEFFLER, I., *Logic and Art: Essays in Honor of Nelson Goodman*, Bobbs-Merrill, Indianapolis et New York 1972.

GOODMAN, Nelson, The Way the World Is. *The Review of Metaphysics* [en ligne]. 1960. [Consulté le 21 février 2020]. Vol. 14, n° 1, p. 48-56.
Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/20123803

KRAUSS, Rosalind, Notes on the Index: Seventies Art in America. *October*. The MIT Press, 1977, Vol. 3, p. 68-81.

LAPORTE, Paul M., Cubism and Science. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* [en ligne]. 1949. [Consulté le 28 février 2020]. Vol. 7, n° 3, p. 243-256. DOI 10.2307/426665
Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/426665

LAPORTE, Paul M. et EINSTEIN, Albert, Cubism and Relativity with a Letter of Albert Einstein. *Art Journal* [en ligne]. 1966. [Consulté le 28 février 2020]. Vol. 25, n° 3, p. 246-248. DOI 10.2307/774982. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/774982

MCPHERSON, Heather, Picturing Tragedy: Mrs. Siddons as the Tragic Muse Revisited. *Eighteenth-Century Studies* [en ligne]. 2000. [Consulté le 17 janvier 2020]. Vol. 33, n° 3, p. 401-430. Disponible à l'adresse : www.jstor.org/stable/30053950

SIMONCELLIS, Silvia, Intervista ad Attilio Taverna. *Itinera* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.filosofia.unimi.it/itinera/mat/interviste/?ssectitle=Interviste&rvwdid=tavernaa&rvwid=simoncellis&format=html>

STONE, Lynden, Re-Visioning Reality: Quantum Superposition in Visual Art. *Leonardo* [en ligne]. 2 juillet 2013. [Consulté le 20 février 2020]. Vol. 46, n° 5, p. 449-454. DOI 10.1162/LEON_a_00640
Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1162/LEON_a_00640

VAUVRECY. Juan Gris. *L'Esprit Nouveau*. Février 1921. [Consulté le 5 septembre 2020] n° 5, p. 533-534. Revue en partie téléchargeable à l'adresse : http://arti.sba.uniroma3.it/esprit/pdf/EspritNouveau-FT_05.pdf

YETISEN, Ali K., *et al.*, BioArt. *Trends Biotechnol.* [en ligne]. 2015. [Consulté le 22 juillet 2020]. Vol. 33, n° 12, p. 724-734.
Disponible à l'adresse : <http://dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.09.011>

VOSS-ANDREAE, Julian. Quantum Sculpture: Art Inspired by the Deeper Nature of Reality. *Leonardo* [en ligne]. Février 2011, Vol. 44, n° 1, p. 14-20. [Consulté le 4 novembre 2019]. DOI 10.1162/LEON_a_00088.

Articles de presse en format papier et en format numérique

[Anon.]. 2012. Découverte d'une planète en diamant. *Lemonde.fr* [en ligne]. 11 octobre 2012. [Consulté le 3 septembre 2020].
Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/10/11/decouverte-d-une-planete-formee-en-grande-partie-de-diamant_1774182_1650684.html

BARTHÉLÉMY, Pierre, WASP-76b, la planète où il pleut du fer. *Lemonde.fr* [en ligne]. 11 mars 2020. [Consulté le 16 juillet 2020].
Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2020/03/11/wasp-76b-la-planete-ou-il-pleut-du-fer_6032641_1650684.html

Le Monde et Agence France-Presse (AFP). Découverte d'une planète en diamant. *Le Monde.fr* [en ligne]. 11 octobre 2012. [Consulté le 16 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/10/11/decouverte-d-une-planete-formee-en-grande-partie-de-diamant_1774182_1650684.html

Articles d'encyclopédies

AUDIER, Marc et DUNEAU, Michel, *Quasi-cristaux* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. [Consulté le 16 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/quasi-cristaux/>

BOUISSET, Maïten, Odilon Redon. Prince du rêve (exposition) [en ligne]. [consulté le 28 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/odilon-redon-prince-du-reve-exposition/>

CHISS, Jean-Louis, IZARD, Michel, PUECH, Christian, *Structuralisme* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. [Consulté le 13 août 2020]. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/structuralisme/>

DAMOUR, Thibault, DESER, Stanley, *Relativité - Relativité générale* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. [Consulté le 18 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/relativite-relativite-generale/>

DALAI EMILIANI, Marisa, *Perspective* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis* [Consulté le 16 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/perspective/>

DELAHAYE, Jean-Paul, *Structuralisme, mathématique* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. [Consulté le 3 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/structuralisme-mathematique/>

GOIMARD, Jacques, *Merveilleux* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis* [Consulté le 26 octobre 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/merveilleux/>

LACHIÈZE-REY, Marc, *Cosmologie* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. [Consulté le 3 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/cosmologie/>

LACOUÉ-LABARTHE, Philippe, *Sublime* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. [Consulté le 15 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/sublime/>

LÉVY-LEBLOND, Jean-Marc, *Relativité - Vue d'ensemble* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. [Consulté le 18 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/relativite-vue-d-ensemble/>

LUMINET, Jean-Pierre, *Trous noirs* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis* [Consulté le 3 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/trous-noirs/>

PIRE, Bernard, *Quantum de Planck* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis* [Consulté le 15 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/quantum-de-planck/>

PROUST, Dominique, *Planétaires systèmes* [en ligne]. *Encyclopædia Universalis* [Consulté le 3 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/systemes-planetaires/>

Catalogues d'expositions

BIANCOTTO, Maria Luisa et PRANDSTRALLER, Gian Paolo (dir.), *Attilio Taverna - forma, luce, quanti*, Padova (Italie), Galleria Cavour, (24 janvier - 9 mars, 2014), 2014.

BIBLIOTHÈQUE ROYALE ALBERT IER BELGIQUE. *André Vésale, rénovateur de l'anatomie humaine, 1515-1564: Documents conservés en Belgique et exposés à la Bibliothèque royale de Belgique, à Bruxelles, du 22 juillet au 21 septembre 1957*. Bruxelles (Belgique), Editions Arscia, 1957.

GAUTHIER, Michel et PIERRE, Arnaud. *Vasarely: le partage des formes*. (6 février 2019 au 6 mai 2019), Paris, Centre Pompidou, 2019.

GALFARD, Christophe, MAZIÈRE, Victor et STEHLI, Jean-Sébastien, *Sidereal : Caroline Corbasson : exposition*, Paris, Monteverita, (12 octobre-9 décembre 2017), Paris, Monteverita publishing, 2017.

Propos d'artistes

CROOKS, Daniel, Artist Statement - TIMESLICE National Gallery of Australia (2006) : <https://nga.gov.au/fullscreen/06/crooks.pdf>. [Consulté le 20 février 2020].

Colloques

Centre national de la recherche scientifique. Colloque international. Léonard de Vinci et l'expérience scientifique au XVI^e siècle : [colloque international du Centre national de la recherche scientifique], Paris, 4-7 juillet 1952. *Revue Philosophique de Louvain*, Année 1954, 34, pp. 318-319.

Dictionnaires

Centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL) : <https://www.cnrtl.fr>

DUBOIS, Jean, MITTERAND, Henri et DAUZAT, Albert, *Grand dictionnaire étymologique & historique du français*. Paris, Larousse, 2005.

LECOURT, Dominique, *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. 4e édition. Paris, PUF, 2006.

MORIZOT, Jacques et POUIVET, Roger, *Dictionnaire d'esthétique et de philosophie de l'art*. Paris, Armand Colin, 2007.

REY, Alain, *Le grand Robert de la langue française*. Paris, Le Robert, 2001.

Émissions radio

ALBERGANTI, Michel, L'art contemporain peut-il éclairer le sens de la recherche scientifique ?. *Science publique*. France Culture. 23 décembre 2011. 59 min., Disponible à l'adresse : <https://www.franceculture.fr/emissions/science-publique/lart-contemporain-peut-il-eclairer-le-sens-de-la-recherche-scientifique> [consulté le 22 août 2020].

CORBASSON, Caroline et présentateur inconnu, Art et Astronomie. *Roue libre*. Podcast Science [en ligne], 17 février 2016. [Consulté le 3 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.podcastscience.fm/emission/2016/02/17/podcast-science-247-roue-libre-avec-caroline-corbasson-art-et-astronomie/>

KLEIN, Etienne, La conscience est-elle devenue une affaire de science ?. *La conversation scientifique*. France Culture [en ligne]. 20 février 2016. [Consulté le 17 mars 2020]. 59 min. Disponible à l'adresse : <https://www.franceculture.fr/emissions/la-conversation-scientifique/la-conscience-est-elle-devenue-une-affaire-de-science>

KLEIN, Etienne, Peut-on penser l'absolu ? *La conversation scientifique*. France Culture [en ligne]. 16 mars 2019. [Consulté le 21 février 2020]. 59 min.
Disponible à l'adresse : <https://www.franceculture.fr/emissions/la-conversation-scientifique/peut-penser-labsolu>

MARTIN, Nicolas, CHANSIGAUD, Valérie, DARRAS, Bernard, MARTIN, Christophe, Sciences avec vues (d'artistes). *La méthode scientifique*. France Culture. 8 juin 2017. [Consulté le 2 octobre 2019]. 58 min.
Disponible à l'adresse : <https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/sciences-avec-vues-dartistes>

Vidéos :

CORBASSON, Caroline, *Lunarama*, 12 min 37 sec, 2019, disponible à l'adresse : <https://vimeo.com/385996918> [consulté le 5 août 2020].

CROOKS, Daniel, *Static No.12 (seek stillness in movement)*, 5 min 27 sec, 2010, disponible à l'adresse : <https://vimeo.com/77654682>, [consulté le 20 février 2020].

DUYCKAERTS, Eric, *La barre de Sheffer*, 14 min 58 sec, 1994, disponible à l'adresse : <https://www.dailymotion.com/video/x1ibpv> [consulté le 21 août 2020].

NASA/Goddard Space Flight Center, *NASA's SDO Sees Massive Filament Erupt on Sun*, 2012, disponible à l'adresse : <https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=11095> [consulté le 12 juillet 2020].

MIYAZAKI, Hayao, *Nausicaä de la Vallée du vent*, 1h 51min [DVD]. Japon : Buena Vista International (France), 1984.

RICHARDSON LABORATORY, *MolProbit: All atom contacts tutorial*, 2017, disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=5ceIMxKbB-A> [consulté le 2 mai 2020].

Sites d'artistes :

AUBE Jean-Pierre : <http://www.kloud.org>

BANKS Michele : <https://www.artologica.net>

CORBASSON Caroline : <https://carolinecorbasson.com>

DUYCKAERTS Eric : <http://www.eric-duyckaerts.com>

GELFAND Dmitry et DOMNITCH Evelina : <http://www.portablepalace.com/>

KARIKO Daniel : www.danielkariko.com

MARTIN Christophe : <https://www.illustration-scientifique.com>

MENEZES Marta de : <http://martademenezes.com/>

ORFESCU Cris : <https://crisorfescu.com>

SARACENO Tomas: <https://studiotomassaraceno.org>

SEMICONDUCTOR : <https://semiconductorfilms.com>

STELARC : <http://stelarc.org>

TAVERNA Attilio : <https://www.bassanodelgrappaedintorni.it/taverna-attilio-mostra-on-line-forma-luce-quant-2/>

Pour approfondir les rapports entre arts et sciences, voir les bibliographies rédigées par :

DONDERO, Maria Giulia (en français) à l'adresse :
<https://www.unilim.fr/actes-semiotiques/2753> [consulté le 5 septembre 2020]

TOPPER, David (en anglais) à l'adresse :
<https://www.leonardo.info/isast/spec.projects/artsciencebib.html> [consulté le 5 septembre 2020]

ICONOGRAPHIE

Liste des images par ordre de parution

Chapitre 1

- Fig. 1 24
molécule de pentacène, image issue du microscope à force atomique par Philip Moriarty
Source : MORIARTY, Philip, Visualizing the ‘Invisible’. Leonardo [en ligne]. Février 2015, Vol. 48, n° 1, DOI 10.1162/LEON_a_00897, p. 64-65. [Consulté le 12 juillet 2019], p.64.
- Fig. 2 26
spectre visible par rapport au spectre électromagnétique.
Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_spectrumrevised_fr.png [consulté le 7 juillet 2020].
- Fig. 3 37
le damier de Edward H. Adelson.
Source : https://culturacientifica.com/app/uploads/2013/11/Grey_square_optical_illusion.png [consulté le 2 septembre 2020].
- Fig. 4 39
illusion de Hering.
Source : GREGORY, Richard Langton. *Eye and brain: the psychology of seeing*. 5th ed. Princeton, N.J : Princeton University Press, 1966, p. 140.
- Fig. 5 40
illusion d’Orbison.
Source : GREGORY, Richard Langton. *Eye and brain: the psychology of seeing*. 5th ed. Princeton, N.J : Princeton University Press, 1966, p. 141.
- Fig. 6 40
illusion de Zöllner.
Source : GREGORY, Richard Langton. *Eye and brain: the psychology of seeing*. 5th ed. Princeton, N.J : Princeton University Press, 1966, p. 141.
- Fig. 7 41
chambre d’Ames 1.
Source : <http://reseau-apis.fr/chambre-dames> [consulté le 2 septembre 2020].
- Fig. 8 42
chambre d’Ames 2.

Source : <http://reseau-apis.fr/chambre-dames> [consulté le 2 septembre 2020].

Chapitre 2

- Fig. 2A 58
Viburnum opulus dessin de Léonard de Vinci provenant de la collection Windsor.
Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci_mirtillo_palustre_1506_circa_windsor_royal_library.jpg [consulté le 2 septembre 2020].
- Fig. 2B 67
colonne vertébrale par Vésale.
Source : MARGÓCSY, Dániel, SOMOS, Mark et JOFFE, Stephen N. (dir.). *The Fabrica of Andreas Vesalius: a worldwide descriptive census, ownership, and annotations of the 1543 and 1555 editions*. Leiden ; Boston : Brill, 2018. *Medieval and early modern philosophy and science*, volume 28, p. 90
- Fig. 2C 67
colonne vertébrale, manuel de médecine Netter.
Source : NETTER, Frank H, RICHER, Jean-Pierre et NETTER, Frank H. *Atlas d'anatomie humaine*. [S. l.] : [s. n.], 2015. Planche 153.
- Fig. 2D 72
Caravage *Corbeille de fruits*, par Caravage, 1594-1602.
Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Corbeille_de_fruits#/media/Fichier:Canestra_di_frutta_\(Caravaggio\).jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Corbeille_de_fruits#/media/Fichier:Canestra_di_frutta_(Caravaggio).jpg) [consulté le 2 septembre 2020].
- Fig. 2E 79
Grand touffe d'herbe par Dürer, 1503.
Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Grande_Touffe_d%27herbes#/media/Fichier:Albrecht_Dürer_-_The_Large_Piece_of_Turf,_1503_-_Google_Art_Project.jpg. [consulté le 2 septembre 2020].
- Fig. 2F 80
Figure de plante par Hans Weiditz, 1530-1536.
Source : <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/ref/collection/darwin/id/419> [consulté le 2 septembre 2020].
- Fig. 2G 82
Le lièvre par Dürer, 1502.
Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albrecht_Dürer_-_Hare,_1502_-_Google_Art_Project.jpg?uselang=fr [consulté le 2 septembre 2020].

Fig. 3A	93
<i>Berges de la Seine à Chatou</i> par Vlaminck, 1906.	
Source : http://peintresfrancais.canalblog.com/archives/2011/02/03/20290905.html [consulté le 2 septembre 2020].	
Fig. 3B	94
<i>La Leçon de piano</i> par Matisse, 1916.	
Source : https://pt.wahooart.com/A55A04/W.nsf/O/BRUE-5ZKCR2 [consulté le 2 septembre 2020].	
Fig. 3C	99
Daniel Crooks, <i>Static No. 12 (seek stillness in movement)</i> , 2010, vidéo, 0 min. 41 sec.	
Source : https://vimeo.com/77654682 , [consulté le 20 février 2020]	
Fig. 3D	100
Daniel Crooks, <i>Static No. 12 (seek stillness in movement)</i> , 2010, vidéo, 2 min. 06 sec.	
Source : https://vimeo.com/77654682 , [consulté le 20 février 2020].	
Fig. 3E	101
Daniel Crooks, <i>Static No. 12 (seek stillness in movement)</i> , 2010, vidéo, 4 min. 51 sec.	
Source : https://vimeo.com/77654682 , [consulté le 20 février 2020].	

Chapitre 3

Fig. 3F	120
Joshua Reynolds, <i>Mme Siddons en muse de la tragédie</i> , 1789.	
Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Sarah_Siddons#/media/Fichier:Mrs_Siddons_by_Joshua_Reynolds.jpg [consulté le 20 février 2020].	
Fig. 3G	146
Polyribosomes hélicoïdaux au cours de la division cellulaire du colibacille <i>Escherichia coli</i> , par Michel Mercier.	
Source : MERCIER, Michel. <i>La représentation constructrice image et objet en microscopie électronique</i> . [s. d.], Vol. 1, n° N.1 1994, mai, p. 55-71. Cahiers art et science, p. 65.	
Fig. 3H	148
cellule musculaire lisse de paroi artérielle, par Michel Mercier.	
Source : MERCIER, Michel. <i>Les images de microscopie électronique : construire un réel invisible</i> [en ligne]. 1991, n° 22. [Consulté le 1 avril 2020]. Culture Technique. Disponible à l'adresse : http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/29805 . p. 33.	

Chapitre 4

- Fig. 4.1.a 154
nucléase staphylococcique, modèle de Kendrew en laiton irradié par une lumière visible.
Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. *SCIART MAGAZINE* [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>
- Fig. 4.1.b 154
nucléase staphylococcique, modèle de Kendrew en laiton irradié par une lumière ultraviolette.
Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. *SCIART MAGAZINE* [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>
- Fig. 4.2.a 156
modèle en ruban du lysozyme indiquant le squelette de la structure interne de la protéine.
Source : CAMPBELL, Neil A, FAUCHER, Jacques et LACHAÎNE, René. *Biologie*. (ERPI), 2012. Montréal; Saint-Laurent : Pearson : ERPI, 2011, p. 89
- Fig. 4.2.b 156
modèle compact représentant les atomes de la protéine et sa forme globale.
Source : CAMPBELL, Neil A, FAUCHER, Jacques et LACHAÎNE, René. *Biologie*. (ERPI), 2012. Montréal; Saint-Laurent : Pearson : ERPI, 2011, p. 89
- Fig. 4.3.a 157
représentation de l'hélice alpha, par Irving Geis.
Source : VOET, Donald, VOET, Judith G. et PRATT, Charlotte W. *Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level*. 4th ed. Hoboken, NJ : Wiley, 2013, p.133.
- Fig. 4.3.b 157
représentation du feuillet plissé bêta, par Irving Geis.
Source : VOET, Donald, VOET, Judith G. et PRATT, Charlotte W. *Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level*. 4th ed. Hoboken, NJ : Wiley, 2013, p.135.
- Fig. 4.4.a 160
xylographie par M.C. Escher intitulée *Rind* (1955).
Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. *SCIART MAGAZINE* [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>

- Fig. 4.4.b 160
 motifs séparément dessinés du modèle en ruban (1981)
 Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. *SCIART MAGAZINE* [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>
- Fig. 4.4.c 160
 exemple de modèle en ruban pour l'enzyme triose-phosphate isomérase (1981).
 Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. *SCIART MAGAZINE* [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>
- Fig. 4.5.a 165
 Bo Furugren, dessins en ruban de la structure de la thiorédoxine s2 provenant de l'Escherichia coli (1975).
 Source : HOLMGREN, Arne, SODERBERG, Bengt-Olof, EKLUND, Hans et BRANDEN, Carl-Ivar. Three-Dimensional Structure of Escherichia coli Thioredoxin-S2 to 2.8 angstrom Resolution. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America [en ligne]. National Academy of Sciences, 1975, Vol. 72, n° 6, p. 2305-2309. P.2307.
- Fig. 4.5.b 166
 Jane Richardson, dessin en ruban de la structure de la Triose-phosphate isomérase (1981).
 Source : <https://www.scripps.edu/pique/gradclass/StructuralBiologyFoldingPracticalHandout.pdf>. [consulté le 31 mai 2020].
- Fig. 4.6.a 171
 modèle à méandres dessiné par Richardson.
 Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. *SCIART MAGAZINE* [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>
- Fig. 4.6.b 171
 méandre traditionnel paraissant sur un lécythe à fond blanc datant du V^e siècle a.C conservé au musée National d'Athènes.
 Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. *SCIART MAGAZINE* [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html>

Fig. 4.7.a	174
Picasso, <i>Jeune fille au miroir</i> (1932).	
Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. <i>SCIART MAGAZINE</i> [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html	
Fig. 4.7.b	174
visualisation d'une protéine et des forces de Van des Walls par infographie.	
Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. <i>SCIART MAGAZINE</i> [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html	
Fig. 4.8.a	175
capture d'écran du modèle construit par ordinateur appelé MolProbity and Phenix, montrant les forces des Van der Walls à forme sphérique et leurs interactions.	
Source : https://www.youtube.com/watch?v=5ceIMxKbB-A [consulté le 1 mai 2020].	
Fig. 4.8.b	175
capture d'écran du modèle construit par ordinateur appelé MolProbity and Phenix, montrant les interactions sans les surfaces de Van der Walls.	
Source : https://www.youtube.com/watch?v=5ceIMxKbB-A [consulté le 1 mai 2020].	
Fig. 4.9.a	177
canari en origami à droite et le papier froissé à partir duquel il a été plié à gauche.	
Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. <i>SCIART MAGAZINE</i> [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html	
Fig. 4.9.d	177
squelette de la protéine (en blanc) avec des changements de direction.	
Source : RICHARDSON, JANE S. Art and Analogy Help Scientists « See » Big Biological Molecules in 3D. <i>SCIART MAGAZINE</i> [en ligne]. Octobre 2018, Vol. 33, n° Octobre 2018. [Consulté le 15 avril 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.sciartmagazine.com/art-and-analogy-help-scientists-see-big-biological-molecules-in-3d.html	
Fig. 4.10.a	185
motifs paraissant dans l'article de Chothia (1976).	
Source : LEVITT, Michael et CHOTHIA, Cyrus. Structural patterns in globular proteins. <i>Nature</i> [en ligne]. Juin 1976, Vol. 261, n° 5561, p. 552-558. [Consulté le 19 mai 2020]. DOI 10.1038/261552a0, p. 555.	

- Fig. 4.10.b 185
 motifs composant le dessin de Furugren paraissant dans l'article de 1975.
 Source : HOLMGREN, Arne, SODERBERG, Bengt-Olof, EKLUND, Hans et BRANDEN, Carl-Ivar. Three-Dimensional Structure of Escherichia coli Thioredoxin-S2 to 2.8 angstrom Resolution. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America [en ligne]. National Academy of Sciences, 1975, Vol. 72, n° 6, p. 2305-2309. P.2307.
- Fig. 4.11 186
 Bo Furugren, visualisation en dessin en ruban de l'alcool déshydrogénase du foie ou LADH paraissant dans un article de 1973.
 Source : BRANDEN, C.-I., EKLUND, H., NORDSTROM, B., BOIWE, T., SODERLUND, G., ZEPPEZAUER, E., OHLSSON, I. et AKESON, A. Structure of Liver Alcohol Dehydrogenase at 2.9-A Resolution. Proceedings of the National Academy of Sciences [en ligne]. Août 1973, Vol. 70, n° 8, p. 2439-2442. [Consulté le 17 mai 2020]. DOI 10.1073/pnas.70.8.2439. P. 2441.
- Fig. 4.12 187
 dessin illustrant les interactions entre le ADP-Ribose (adénosine diphosphate ribose) et la molécule LADH (alcool du foie de cheval déshydrogénase), par Bo Furugren.
 Source : EKLUND, Hans, NORDSTRÖM, Bo, ZEPPEZAUER, Eila, SÖDERLUND, Gustaf, OHLSSON, Ingrid, BOIWE, Torne et BRÄNDÉN, Carl-Ivar. The structure of horse liver alcohol dehydrogenase. *FEBS Letters* [en ligne]. Août 1974, Vol. 44, n° 2, p. 200-204. [Consulté le 17 mai 2020]. DOI 10.1016/0014-5793(74)80725-8, à la page 202.
- Fig. 4.13 187
 dessin représentant le squelette de la structure de LADH, par Bo Furugren.
 Source : BRÄNDÉN, Carl-Ivar, JÜRNVALL, Hans, EKLUND, Hans et FURUGREN, Bo. 3 Alcohol Dehydrogenases. Dans : *The Enzymes*. Vol. 11 [en ligne]. [S. l.] : Elsevier, 1975, p. 103-190. [Consulté le 2 juin 2020]. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60211-5, p. 124.
- Fig. 4.14 188
 dessin des trois régions de feuille plissée dans le site catalytique, par Bo Furugren.
 Source : BRÄNDÉN, Carl-Ivar, JÜRNVALL, Hans, EKLUND, Hans et FURUGREN, Bo. 3 Alcohol Dehydrogenases. Dans : *The Enzymes*. Vol. 11 [en ligne]. [S. l.] : Elsevier, 1975, p. 103-190. [Consulté le 2 juin 2020]. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60211-5. Fig. 10 p. 131.
- Fig. 4.15 188
 protéine déshydrogénases à NAD⁺, par Bo Furugren.
 Source : ROSSMAN, Michael G., LILJAS, Anders, BRÄNDÉN, Carl-Ivar et BANASZAK, Leonard J. 2 Evolutionary and Structural Relationships among Dehydrogenases. Dans : *The Enzymes*. Vol. 11 [en ligne]. [S. l.] : Elsevier, 1975, p. 61-102. [Consulté le 2 juin 2020]. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60210-3. P. 68, fig. 4a.
- Fig. 4.16 190
 molécule alcool déshydrogénase (ADH) du foie du cheval, dessin de Furugren (1981).
 Source : EKLUND, Hans, SAMAMA, Jean-Pierre, WALLÉN, Leif, BRÄNDÉN, Carl-Ivar, ÅKESON, Åke et JONES, T. Alwyn. Structure of a triclinic ternary complex of horse liver alcohol

dehydrogenase at 2.9 Å resolution. *Journal of Molecular Biology* [en ligne]. Mars 1981, Vol. 146, n° 4, p. 561-587. [Consulté le 21 mai 2020]. DOI 10.1016/0022-2836(81)90047-4. Fig. 2, p. 569.

Fig. 4.17 192
molécule alcool déshydrogénase (ADH) du foie du cheval, visualisation d'après le site PDB (2020).
Source : Horse Liver Alcohol Dehydrogenase, 2.9 Angstroms Resolution in :
<http://www.rcsb.org/3d-view/6ADH> [consulté le 28 mai 2020].

Fig. 4.18 198
flèches indiquant les composants des feuilletts bêta et cylindres renvoyant aux hélices alpha. dessins
par Irving Geis.
Source : DICKERSON, Richard Earl et GEIS, Irving. *The structure and action of proteins*. New
York : Harper & Row, 1969. [Consulté le 23 mai 2020]. Disponible à l'adresse :
<https://archive.org/details/structureactiono0000unse> p. 88.

Fig. 4.18 bis 199
images stéréo élaborées par ordinateur servant de modèle pour la configuration spatiale de la
protéine du *dessin source* de 1975 de Furugren.
Source : HOLMGREN, Arne, SODERBERG, Bengt-Olof, EKLUND, Hans et BRANDEN, Carl-
Ivar. Three-Dimensional Structure of Escherichia coli Thioredoxin-S2 to 2.8 angstrom Resolution.
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America [en ligne].
National Academy of Sciences, 1975, Vol. 72, n° 6, p. 2305-2309. Disponible à l'adresse :
www.jstor.org/stable/64698. JSTOR. Fig. 2, p. 2306.

Fig. 4.19.a (à gauche) 200
photographie du modèle de Kendrew en 3D en plastique
fig. 4.19.b (à droite) 200
image issue du modèle de Kendrew représentant le squelette d'une molécule.
Source : Les deux Figures proviennent des documents que Furugren nous a envoyés et qui ont
réellement été utilisés comme source d'information pour composer son premier dessin de 1973 (le
dessin d'origine), voir Annexe 2 Bo Furugren, pièce jointe 1 The Kendrew models.

Fig. 4.20.a (à gauche) 201
flèches indiquant les sous-structure bêta et cylindres indiquant les sous-structures alpha
fig. 4.20.b (à droite) 201
représentation de la structure générale de l'enzyme anhydrase carbonique.
Source : LINDSKOG, S., HENDERSON, L.E., KANNAN, K.K., LILJAS, A., NYMAN, P.O. et
STRANDBERG, B. 21 Carbonic Anhydrase. Dans : *The Enzymes*. Vol. 5 [en ligne]. [S. l.] :
Elsevier, 1971, p. 587-665. [Consulté le 23 mai 2020]. DOI 10.1016/S1874-6047(08)60104-3. Fig.
1, p.610. Le même dessin reproduit dans la fig. 4.20.b est apparu aussi in : LILJAS, A., KANNAN,
K. K., BERGSTEN, P.-C., WAARA, I., FRIDBORG, K., STRANDBERG, B., CARLBOM, U.,
JÄRUP, L., LÖVGREN, S. et PETEF, M. Crystal Structure of Human Carbonic Anhydrase C.
Nature New Biology [en ligne]. Février 1972, Vol. 235, n° 57, p. 131-137.
[Consulté le 27 mai 2020]. DOI 10.1038/newbio235131a0.

Fig. 4.21.a 207

modèle en ruban illustrant la molécule ribonuclease S paraissant dans l'article de Richardson de 1981.

Source : RICHARDSON, Jane S. The Anatomy and Taxonomy of Protein Structure. Dans : ANFINSEN, C.B., EDSALL, John T. et RICHARDS, Frederic M. (dir.), *Advances in Protein Chemistry*. Vol. 34 [en ligne]. [S. l.] : Academic Press, 1 janvier 1981, p. 167-339. DOI 10.1016/S0065-3233(08)60520-3 p. 168, fig. 1.

Fig. 4.21.b 207

modèle en ruban de la molécule Triose-phosphate isomérase par Richardson (1981).

Source : ROSSMANN, M G et ARGOS, P. Protein Folding. *Annual Review of Biochemistry* [en ligne]. Juin 1981, Vol. 50, n° 1, p. 497-532. [Consulté le 29 mai 2020]. DOI 10.1146/annurev.bi.50.070181.002433 p. 510, fig. 9.

Fig.4.22.a (à droite) et fig. 4.22.b (à gauche) 210

programme d'ordinateur Molscript représentant la molécule ribonucléotide réductase sous deux angles différents (90°) suivant le modèle en ruban.

Source : KRAULIS, P. J., MOLSCRIPT: a program to produce both detailed and schematic plots of protein structures. *Journal of Applied Crystallography* [en ligne]. Octobre 1991, Vol. 24, n° 5, p. 946-950. [Consulté le 31 mai 2020]. DOI 10.1107/S0021889891004399, fig. 2a et fig. 2b, p. 948.

Fig. 4.23.a (à gauche) 211

protéine de la myohémerythrine

fig. 4.23.b. (à droite) 211

enzyme de la papaïne, les deux illustrations paraissent dans l'article de Richardson (1981).

Source : RICHARDSON, Jane S. The Anatomy and Taxonomy of Protein Structure. Dans : ANFINSEN, C.B., EDSALL, John T. et RICHARDS, Frederic M. (dir.), *Advances in Protein Chemistry*. Vol. 34 [en ligne]. [S. l.] : Academic Press, 1 janvier 1981, p. 167-339. DOI 10.1016/S0065-3233(08)60520-3 fig. 72 p. 260 et fig. 95b p. 298.

Fig. 4.24.a (à gauche) 216

croquis du chat

fig. 4.24.b (à droite) 216

dessin achevé, par Bo Furugren 2005.

Source : FURUGREN, Bo. *Teckna hund och katt*. Stockholm : Natur och kultur/Fakta, 2005, p. 36.

Chapitre 5

Fig. 5.1 226

Formation de la planète gazeuse Jupiter par Christophe Martin.

Source : site de l'illustrateur scientifique Christophe Martin à l'adresse : <https://www.illustration-scientifique.com/illustrations/espace/> [consulté le 24 juin 2020].

Fig. 5.2 226

Exoplanète planète noire, par Christophe Martin.

Source : site de l'illustrateur scientifique Christophe Martin à l'adresse : <https://www.illustration-scientifique.com/illustrations/espace/> [consulté le 24 juin 2020].

Fig. 5.3	227
<i>Super-terre</i> par Christophe Martin.	
Source : site de l'illustrateur scientifique Christophe Martin à l'adresse : https://www.illustration-scientifique.com/illustrations/espace/ [consulté le 24 juin 2020].	
Fig. 5.3.H	231
détection et recomposition sous de longueurs d'onde différentes de l'amas de galaxies MS0735.6+7421, par l' <i>Hubble Space Telescope</i> , par l'observatoire à rayons X <i>Chandra</i> et par le radiotélescope <i>Very Large Array</i> .	
Source : : https://www.spacetelescope.org/images/opo0651a/ [consulté le 26 juillet 2020].	
Fig. 5.4	233
<i>Carina Nebula</i> , image recomposée par Michael Benson, c-print (2008).	
Source : https://www.worcesterart.org/exhibitions/jeppson-idealab-michael-benson-carina-nebula [consulté le 25 juillet 2020].	
Fig. 5.5.a	236
<i>Dandelion pollen</i> micrographie par Dr. Tagide de Carvalho (2018).	
Source : https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2018-photomicrography-competition/dandelion-pollen [consulté le 23 juin 2020].	
Fig. 5.5.b	236
<i>Hydra</i> micrographie par Dr. Tong Zhang et Dr. Uri Manor (2019).	
Source : https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2019-photomicrography-competition/hydra [consulté le 23 juin 2020].	
Fig. 5.6.a	236
<i>Ascaris lumbricoides</i> micrographie par Massimo Brizzi (2018).	
Source : https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2018-photomicrography-competition/ascaris-lumbricoides-parasitic-roundworm [consulté le 23 juin 2020].	
Fig. 5.6.b	236
<i>Male wasp from Fiji</i> micrographie par James Dorey (2018).	
Source : https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2018-photomicrography-competition/male-wasp-from-fiji [consulté le 23 juin 2020].	
Fig. 5.7	241
<i>Pyromorphite (mineral)</i> micrographie par Dr. Emilio Carabajal Márquez (2017).	
Source : https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2017-photomicrography-competition/pyromorphite-mineral [consulté le 26 juin 2020].	
Fig. 5.8	241

Nsutite and Cacoxenite (minerals) micrographie par Dr. Emilio Carabajal Márquez (2017).
 Source : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2017-photomicrography-competition/nsutite-and-cacoxenite-minerals> [consulté le 26 juin 2020].

Fig. 5.9.F 244
 film d'animation *Nausicaä de la Vallée du vent* par Miyazaki, 4 min. 31 sec.

Source : MIYAZAKI, Hayao, *Nausicaä de la Vallée du vent*. [DVD]. Japon : Buena Vista International (France), 1984. 1h51 min

Fig. 5.10.F 244
 film d'animation *Nausicaä de la Vallée du vent* par Miyazaki, 52 min. 18 sec.

Source : MIYAZAKI, Hayao, *Nausicaä de la Vallée du vent*. [DVD]. Japon : Buena Vista International (France), 1984. 1h51 min

Fig. 5.9 246
Sulphonal crystal micrographie par William A. Sokol (1977).

Source : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/1977-photomicrography-competition/sulphonal-crystal> [consulté le 26 juin 2020].

Fig. 5.10 247
Aspergillus flavus (fungus) and yeast colony from soil micrographie par Tracy Scott (2017).

Source : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2017-photomicrography-competition/aspergillus-flavus-fungus-and-yeast-colony-from-soil> [consulté le 26 juin 2020].

Fig. 5.11 249
Soap film micrographie par Gerd Günther (2010).

Source : <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2010-photomicrography-competition/soap-film> [consulté le 27 juin 2020]

Fig. 5.12.a 251
 pictogramme de la société RATP de Paris.

Source : <https://www.unapei.org/article/le-s3a-symbole-daccessibilite-au-handicap-intellectuel/> [Consulté le 3 novembre 2019].

Fig. 5.12.b 251
le Clown par Paul Klee (1929).

Source : https://www.1000museums.com/art_works/paul-klee-clown. [Consulté le 3 novembre 2019].

Fig. 5.13 260
Saturn Dark side of the rings, Cassini, 20 January 2007, image recomposée par Michael Benson, c-print (2012).

Source : <https://www.flowersgallery.com/artists/286-michael-benson/> [consulté le 25 juillet 2020]

Fig. 5.14 263
Exoplanète 5 soleils, vue d'artiste par Christophe Martin, (2016).
Source : <https://www.illustration-scientifique.com/incroyables-exoplanetes/> [consulté le 25 juillet 2020].

Fig. 5.15 266
photogramme modifié et recomposé par assemblages de vidéos d'une éruption solaire de 2012, par NASA/Goddard Space Flight Center.
Source : <https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=11095> [consulté le 12 juillet 2020]

Fig. 5.16 269
Jupiter, Cassini, 1 February 2001, image recomposée par Michael Benson, c-print (2001).
Source : <https://www.flowersgallery.com/news/693-otherworlds-visions-of-our-solar-system-michael-benson/> [consulté le 25 juillet 2020].

Fig. 5.17 274
Frosted Mars Dunes in Winter, Mars Reconnaissance Orbiter, November 26, 2006, par Michael Benson, c-print (2011).
Source : <https://www.flowersgallery.com/artists/286-michael-benson/works/155342-michael-benson-frosted-mars-dunes-in-winter-mars-reconnaissance-orbiter/> [consulté le 16 juin 2020].

Chapitre 6

Fig. 6.1 279
Phosphor par Caroline Corbasson, sérigraphie sur papier, 30 x 40 cm, 2012.
Source : <https://carolinecorbasson.com> [consulté le 5 août 2020]

Fig. 6.2 281
Collapse par Caroline Corbasson, sérigraphie à l'encre chrome sur aluminium dibond noir. 350 x 260 cm, 2017.
Source : <http://www.galerielaurencebernard.ch/caroline-corbasson> [consulté le 5 août 2020].

Fig. 6.3 285
Lunarama par Caroline Corbasson, vidéo, 2019. Photogramme 0 min 37 sec.
Source : <https://vimeo.com/385996918> [consulté le 5 août 2020]

Fig. 6.4 285
Lunarama par Caroline Corbasson, vidéo, 2019. Photogramme 5 min. 39 sec.
Source : <https://vimeo.com/385996918> [consulté le 5 août 2020]

Fig. 6.5 286
Lunarama par Caroline Corbasson, vidéo, 2019. Photogramme 8 min. 50 sec.
Source : <https://vimeo.com/385996918> [consulté le 5 août 2020]

Fig. 6.6	297
<i>Sinfonia in grigio</i> par Attilio Taverna, 1987.	
Source : photographie qui nous a été envoyée par l'artiste.	
Fig. 6.7	300
<i>Sentieri interrotti</i> , par Attilio Taverna, 1994, 150 x 150 cm.	
Source : photographie qui nous a été envoyée par l'artiste	
Fig. 6.8	302
<i>Dove si distinguono qui logica ed esperienza ?</i> , par Attilio Taverna, 1995, 150 x 150 cm.	
Source : photographie qui nous a été envoyée par l'artiste.	
Fig. 6.9	307
<i>Fogli di spazio tempo e vibrazioni</i> , par Attilio Taverna, 1999.	
Source : photographie qui nous a été envoyée par l'artiste.	