



HAL
open science

Engaging in homeland politics from abroad: processes of subjectivation and transnational mobilisation

Larisa Viridiana Lara-Guerrero

► To cite this version:

Larisa Viridiana Lara-Guerrero. Engaging in homeland politics from abroad: processes of subjectivation and transnational mobilisation. Sociology. Université Paris Cité; Université de Liège, 2020. English. NNT: 2020UNIP7240 . tel-03431615

HAL Id: tel-03431615

<https://theses.hal.science/tel-03431615v1>

Submitted on 16 Nov 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.

Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur
Université de Paris



Ecole doctorale 623 | Savoirs, Sciences, Education

Intelligence Artificielle et Santé Publique: Normes, savoirs et appropriations

Par : Benoît Duchemann

Sous la direction de Jean-Jacques Szczeciniarz (Université de Paris),
Professeur émérite et de Mohammed Afshar (Université de Montpellier)

Membres du Jury :

Rapporteur : Stéphane Tirard

Rapporteur : Vincent C. Müller

Examineur : Caroline Moricot

Examineur : Catherine Allamel-Raffin

Examineur : Antoinette Rouvroy

Invité : Jean Sallantin

Invité : Claude-Olivier Doron

Invité : Frédéric Fürst

Date de Soutenance : 15 décembre 2021



Except where otherwise noted, this work licensed under
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Remerciements

Si on compare souvent l'écriture d'une thèse à un marathon semé d'obstacles imprévus, et dont la forme qu'elle prend à la ligne d'arrivée n'est pas connue d'avance, la thèse qui suit est d'un genre particulier en ce qu'elle relève autant de la course de fond que du sprint. Prendre en étude un objet en cours d'invention, de construction, et peut-être de systématisation, c'est se soumettre à un flux ininterrompu de publications, au flux et au reflux de certaines hypothèses, à la transformation de son étude au fil des inventions, des nouveaux éléments de recherche, des innovations législatives ; c'est donc s'imposer à un sprint de fond afin d'empêcher la ligne d'arrivée de s'éloigner plus encore ; c'est sans doute se soumettre à la possible obsolescence de ses travaux par de nouvelles inventions non encore imaginées.

Devant la difficulté de l'évolution permanente d'un tel objet, je tiens à remercier chaleureusement tous ceux qui m'ont permis de relever le défi de cette course contre la montre. Je ne saurais commencer sans remercier mes directeurs de thèse, Jean-Jacques Szczeciniarz qui a su m'écouter, m'orienter en me faisant bénéficier d'une érudition au spectre très large, Mohammad Afshar, qui m'a généreusement ouvert la porte de son entreprise et donné accès à ses *datascientists*. Je tiens aussi à remercier Jean Sallantin et Claude-Olivier Doron pour leurs commentaires stimulants dans le suivi de cette thèse. Une mention particulière à Claude-Olivier qui m'a suivi depuis mon Master au département HPS de l'Université Paris-Diderot et dont la pertinence des remarques ne s'est jamais démentie. Merci au Professeur Luc Thomas et au Docteur Mira Pavlovic-Ganascia, pour le temps qu'ils ont bien voulu me consacrer, pour la vision de la dermatologie et de l'intelligence artificielle appliquée à la dermatologie qu'ils m'ont communiquées.

Bien entendu, un grand merci à tous les membres du jury qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir participer à cette soutenance.

Enfin, je tiens à remercier Nicolas Brault, mon compère d'écriture de chapitres sur l'épistémologie et l'éthique de l'intelligence artificielle en contexte médical, plus largement

l'ensemble de la famille des chercheurs du laboratoire SPHere, dont la richesse des séminaires a été pour moi d'une grande richesse, et la tribu des doctorants, dont les sujets de recherche étaient autant variés que parfois très éloignés des enjeux philosophiques de la technologie contemporaine, mais dont les approches diversifiées m'ont nourri pendant ces années de doctorat.

Enfin, cette thèse n'aurait pas vu le jour sans l'aide de chaque jour de mon épouse Laurence qui m'a soutenu, épaulé, supporté, sans la confiance que m'ont apportée mes filles Aurélie et Audrey.

– *L'inconcevable est au bout du fil qui commande ces machines simples. Le clair mène à l'obscur. L'obscurité mène le clair.*

Paul Valéry

L'idée fixe

Résumé / Abstract

Résumé

Le mélanome est une forme particulièrement agressive de cancer de la peau. Depuis plusieurs décennies, cette pathologie, considérée comme un problème de santé publique, a donné lieu à un traitement systémique : fabrication de campagnes de prévention et d'éducation à la sécurité cutanée, aux facteurs de risque, financement de la recherche. C'est cette recherche qui a permis de formaliser des outils sémiologiques rendant possible la détection non invasive des lésions mélanocytaires. C'est bien dans cette articulation entre organisation de la santé publique et prise en charge médicale que la détection précoce des cas de mélanomes a pu être mise en œuvre, faisant baisser le taux de mortalité. Néanmoins, cette détection est encore sujette à erreur. Si, comme le proposent Kohn et al (2000), l'erreur est « l'incapacité à réaliser une tâche telle que planifiée ou à concevoir une stratégie qui permette d'atteindre un but », il convient d'améliorer les modalités de planification de la détection des mélanomes ainsi que les conditions de son exécution, alors même que, de par son caractère tacite, le jugement exercé du clinicien et son incertitude résistent à leur objectivation.

À un moment historique de modernité informatique, la régularité de la machine computationnelle a été considérée comme une solution pragmatique à cette quête de sécurité, d'objectivation, de maîtrise de l'incertitude. Mais une telle solution ne peut avoir pour seule finalité de réaliser sa fonction en vase clos, divulguant seulement un énoncé épistémique valide ; lors de son implémentation, cette fonction doit se réaliser au sein d'environnements tant social que systémique. Ce projet de recherche interroge la possibilité de l'implémentation d'une aide informatisée au diagnostic en contexte de santé publique. Il interroge d'une part la capacité d'un tel artefact à remplir sa fonction, mais aussi la possibilité de son intégration à une stratégie de détection précoce des mélanomes.

Depuis la fin des années 2000, des dispositifs de *machine learning* utilisant des réseaux de neurones ont permis des avancées notables dans le domaine de l'analyse d'image. De nombreuses

expériences ont été engagées, montrant de façon pragmatiste la performance de ces dispositifs, mais mettant l'homme à distance du réel, à la fois par la numérisation et l'abstraction computationnelle, et par la mise en place d'un nouveau sujet artefactuel de l'observation. Le processus algorithmique de diagnostic relève alors d'une apparente objectivité mécanique, mais son opacité épistémique occulte les modalités de calcul de ses résultats. Plus encore, les logiciels disponibles sont dépourvus de la possibilité d'expliquer leurs résultats. Et c'est bien ce défaut d'explicabilité qui pose problème, en tant que fonction épistémique, éthique et sociale, en tant que dispositif de fixation de la confiance dans le comportement de l'artefact.

La maîtrise du processus de diagnostic nécessite aussi une planification permettant d'organiser l'usage d'un tel artefact, de lui donner un sens systémique, malgré son défaut d'explicabilité. Pour cela, nous nous fondons sur l'expérience passée de l'implémentation de technologies de rupture dans l'aéronautique civile ; sur l'appropriation que les usagers ont pu en faire dans un premier temps, sur leur adaptation qui lui a fait suite, et sur la transformation de leurs savoirs d'action ; sur la nécessaire organisation systémique planifiant le travail de façon locale, et aussi les échanges d'informations entre acteurs, de telle façon que la tâche puisse être réalisée efficacement, en maîtrisant son incertitude. Si l'assignation d'une fonction de triage dans une organisation de télémédecine semble pertinente, ce n'est pas l'amélioration de l'efficacité en tant que telle qui doit en être attendue mais la maîtrise systémique de savoir-faire qui auront été formalisés. L'artefact devient un dispositif de gouvernance de ce processus de santé, permettant sa mise en risque.

Abstract

Melanoma is a particularly aggressive form of skin cancer. For several decades, this pathology has been considered as a public health issue and has given rise to systemic settlements: manufacture of prevention and education campaigns dedicated to skin health and melanoma risk factors, research funding. This research has made it possible to formalize semiological tools for the non-invasive detection of melanocytic lesions. It is indeed in this articulation between public health organization and medical care that early detection of melanoma could be implemented, bringing the mortality rate down. Nevertheless, this detection is still subject to error. If, as proposed by Kohn et al (2000, p.28), "*an error is defined as the failure of a planned action to be completed as intended or the use of a wrong plan to achieve an aim*", it is still necessary to improve the methods for planning melanoma detection as well as the conditions of its execution, even though clinicians' exercised judgements and their uncertainty still resist objectification, mainly because of their tacit nature.

In a historical moment of computer modernity, the computational machine regularity was considered as a pragmatic solution to this quest for security, objectivation, and control of uncertainty. But such a solution does not have for only goal to realize its function in a vacuum, with no other aim than the disclosure of a valid epistemic statement; during its implementation, this function must be realized in relation both with social and systemic environments. This research project questions the possibility of the implementation of a computerized diagnostic aid in a public healthcare context. It questions on the one hand the capacity of such an artefact to fulfil its function, but also to what extent it may me be integrated into a strategy of melanoma early detection.

Since the late 2000s, machine learning devices using neural networks have shown significant advances in the field of image analysis. By learning a set of training data, these artifacts mimic the human ability to reason and to recognize by similarities. Numerous experiments have been initiated, showing in a pragmatist way these neural networks performance in the melanoma diagnosis. However, man is set at a distance from reality, both by digitization and computational abstraction, and also by the establishment of a new subject of observation, mediator between man and the world. The process of diagnosis is certainly apparently objective, if we disregard the

implicit choices of the data scientists, but this new model cloaks the calculation methods in epistemic opacity, by preventing its results from being intelligible. Moreover, the available softwares lack the possibility of explaining their results. The explicability having an epistemic, ethical as well as a social function, being a device for fixing the artifact's trustworthiness, it is indeed its absence that gives rise to unnecessary implementation issues.

The control of the detection process also requires a planning which organizes the actual use of such an artifact, which gives it a systemic meaning, in spite of its lack of explicability. For this, we rely on the past experience of disruptive technologies implementation in civil aviation; on its first hand appropriation by pilot-users, on their adaptation to the technology that followed with the transformation of their know-how; on the necessary system organizing locally the diagnoses, as well as the exchanges of information between actors, in such a way that tasks can be carried out efficiently, while controlling their uncertainty. If the assignment of a triage function in a telemedicine organization seems relevant, it is not the improvement of efficiency as such that should be expected, but the systemic mastery of a newly formalized know-how. The artifact becomes a governance device for this healthcare process, a device enabling its risk management.

Introduction

Dans un monde contemporain saturé de données, l'archétype de la modernité technique est signifié par le discours de présence de toute connaissance dans les *data* et par la capacité de l'apprentissage machine¹ à la dévoiler au monde, devenant par là-même un dispositif innovant d'acquisition de savoirs.

Le mélanome est une forme particulièrement agressive de cancer de la peau, considéré depuis plusieurs décennies comme un problème de santé publique. En France, son incidence a été multipliée par plus de sept entre 1980 et 2012, lorsque le ratio de mortalité sur cas incident a baissé de 38% à près de 18% dans le même temps. Cette baisse de la mortalité s'explique de plusieurs façons : à la fois par une meilleure prévention et par l'accent mis sur la détection précoce de ces lésions mélanocytaires. Cette détection est aujourd'hui réalisée par des médecins, le plus souvent dermatologues, grâce à des savoirs théoriques, appris, et des savoirs pratiques, issus le plus souvent de leur expérience.

Depuis plusieurs décennies, de nombreux programmes de recherche se sont intéressés à la possibilité d'assister le médecin dans la réalisation de sa mission d'interprétation des lésions cutanées, plus récemment, l'utilisation du *machine learning* a été mise en avant comme étant particulièrement performante dans la réalisation de cette tâche.

L'étude qui suit se situe à la convergence entre une problématique de santé publique, sa résolution médicale, et la mise en œuvre d'une technologie innovante qui a été développée à cette fin. Nous y envisagerons par ailleurs une analogie avec l'implémentation de systèmes intelligents qui a eu lieu dans le domaine de l'aéronautique civile à la fin des années 1980, cet événement offrant l'avantage d'une historicité de plus de 30 ans, en particulier dans l'émergence et le règlement d'enjeux en particulier sécuritaires.

Dans un premier temps, nous nous attacherons à comprendre les conditions de l'établissement de la dermatologie, et la façon dont s'est construite une forme de « logique dermatologique » dans

¹ *Machine learning*

l'appréhension du réel cutané ; nous nous attacherons à articuler les conditions développement du concept de mélanome, de son émergence jusqu'à la détermination de théories sémiologiques contemporaines d'interprétation du réel cutané. Nous nous intéresserons par ailleurs à ce concept en tant que problème de santé publique, pris dans une organisation systémique qui a pour mission de le traiter, d'une façon performante en même temps que sûre. Il s'agira dès lors pour nous de comprendre quels sont les enjeux de l'organisation actuelle de la détection de mélanomes, de points de vue tant épistémique et médical que systémique.

Dans un deuxième temps, nous nous appliquerons à étudier l'émergence des technologies computationnelles de détection de mélanomes, d'abord à travers les premiers programmes déterministes de simulation de la détection humaine appliquée au traitement d'images numériques, puis à travers l'apparition contemporaine de solutions de simulation de l'apprentissage humain, de *machine learning*, utilisant des réseaux de neurones. Il s'agira dès lors pour nous d'envisager certaines expériences performatives significatives tendant à montrer la validité de ces solutions, d'en comprendre les ressorts scientifiques et narratifs, les promesses. Il s'agira ensuite d'en envisager les spécificités et les limitations épistémologiques, éthiques ou encore sociales, en quoi de tels artefacts transforment les modalités de détection de mélanomes, en quoi ils transforment les régimes d'objectivité, d'interprétabilité, le caractère explicite ou non, que revêtent les diagnostics de mélanomes. Nous pourrions ainsi considérer ce que peut signifier d'avoir confiance dans le comportement et les résultats de tels artefacts, laquelle confiance est nécessaire à une possible collaboration avec un usager.

Nous concluons cette étude en nous appuyant sur l'exemple de l'implémentation de technologies de rupture dans le cadre du macro-système de l'aéronautique civile. Pour ce faire, nous envisagerons plusieurs organisations systémiques permettant de planifier une détection des mélanomes autour de l'utilisation de tels réseaux de neurones, en discutant la possibilité même de ces organisations, leurs limitations, en quoi elles permettent de répondre aux problèmes du système de santé publique, et au prix du règlement de quels obstacles.

Sommaire

Remerciements	1
Résumé / Abstract	4
INTRODUCTION	8
<u>PARTIE I : De la dermatologie, de la santé publique et du mélanome</u>	12
I. Une brève histoire de la dermatologie et du mélanome	13
II. Médecine et santé publique	28
III. Cancers de la peau et mélanomes : un problème de santé publique	49
IV. Détection du mélanome par un dermatologue humain	74
V. Erreur et sécurité	128
VI. Mise en système du problème technique à résoudre et Conclusion	151
<u>PARTIE II. Inventions informatiques et détection de mélanomes</u>	157
I. Un moment de convergence d'innovations médico-techniques	158
II. Premiers logiciels d'aide au diagnostic	162
III. Imagerie médicale numérique et diagnostic assisté par ordinateur	166
IV. Du modèle sémiologique au modèle numérique	176
V. Régimes d'objectivité	178
VI. Simulation numérique du modèle réel	181

VII. Imagerie cutanée et diagnostic assisté par ordinateur :	
invention ou innovation ?	183
<u>PARTIE III. Réseaux de neurones et détection de mélanomes</u>	189
I. Préambule technique sur les réseaux de neurones	190
II. Objet d'étude et expériences	198
III. Discussion des expériences	223
<u>PARTIE IV. Transformation des modalités de détection du mélanome</u>	251
I. Transformation des éléments du modèle sémiologique :	
Objectivité et caractère explicite	253
II. Modèles et Théorie	264
III. Opacité, Interprétabilité, Confiance	274
IV. De la croyance à la confiance	288
V. De la performance à la confiance et Conclusion	293
<u>PARTIE V. Mises en œuvre possibles et enjeux</u>	295
I. Retour sur l'implémentation de technologies de rupture	
dans l'aéronautique civile	296
II. Propositions d'implémentations	312
<u>CONCLUSION</u>	345
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	352
TABLE DES MATIÈRES	373

Première Partie

**De la dermatologie,
de la santé publique
et du mélanome**

Une brève histoire de la dermatologie et du mélanome

La peau est un organe très particulier en ce qu'il constitue la frontière physique et sensorielle entre le corps et l'environnement extérieur au sein duquel il évolue. L'intériorité du corps se cache derrière cette frontière opaque lorsque cette même frontière se donne à voir. Cette position, à l'intersection entre deux écosystèmes ouverts, entre l'intériorité invisible du corps et le monde sensible à partir duquel le médecin humain peut observer, lui confère le statut stratégique d'un organe qui se prête au regard et à la palpation, dont la forme observable se donne pour être lue en tant que signifiant sémiologique du statut du corps et de son intériorité, voire même de l'être. À ce titre, l'organe cutané a historiquement un statut de *medium* à travers lequel certaines vérités de l'intériorité d'un corps sont transmises, vers son extériorité, vers le monde sensible. Il agit donc en tant que signifiant divulguant des messages dont le décryptage nécessite une théorie interprétative. La peau est donc chargée d'une symbolique sanitaire forte, symbolique qui a pu être religieuse dans un premier temps historique, postulant un lien significatif entre maladie de peau et désordre moral. Avec l'avènement de la médecine, de la médecine scientifique et plus spécifiquement de la dermatologie, la peau devient forme observable et superficielle de la maladie en tant que désordre organique et biologique plus profond. Il n'en reste pas moins que la peau est restée signifiant révélant ce qui est caché, expression superficielle de la réalité d'une pathologie. Et la théorie interprétative permettant de « traduire » cette expression, de relier le signifiant cutané à son signifié pathologique a toujours revêtu un intérêt crucial afin de pouvoir faire parler ce qui est donné à voir sur ce qui n'est pas visible.

C'est ce à quoi s'est attachée la dermatologie, discipline médicale moderne.

La catégorisation des signifiants, l'ensemble des signifiés ont pu se transformer, en même temps que les ressorts axiomatiques et épistémologiques permettant l'interprétation, mais les observations significatives qui ont pu être faites du réel cutané restent comme expression superficielle du statut sanitaire d'un organe, elles ne forment pas une explication de ce statut mais le re-présentent sous une forme sensible et accessible.

1. Maladies de peau et Préhistoire de la dermatologie : de l'Antiquité au Moyen-Âge

Les affections cutanées ont fait l'objet d'études et d'exposés depuis l'Antiquité au sein de documents à vocations médicales plus générales.

Les papyrus égyptiens de « Kahun »², « Ebers »³, « Smith »⁴ ou encore de Berlin⁵ sont probablement parmi les premiers traités médicaux disponibles. Si certains de ces traités sont spécialisés en chirurgie, ou encore en gynécologie, le papyrus « Ebers » est lui un traité généraliste décrivant en environ 110 pages les symptômes de maux rencontrés par les médecins égyptiens d'alors, et proposant pronostics, remèdes, décoctions et incantations. En particulier, c'est sans doute le plus ancien manuel médical disponible traitant des maladies cutanées et de leur classification.

Ces textes laissent à penser que les maladies de peau font partie d'un ensemble des pathologies normalement traitées par des « médecins » égyptiens, certes généralistes mais ayant réalisé être formés à travers « l'école des temples »⁶ et soumis à une doctrine médicale sacrée.

D'autres textes, plus tardifs, tel le Lévitique 13 (1-46)⁷, présenté comme un exposé de Jéhovah à Moïse et Aaron de lois et de rites. Les maladies de peau y sont identifiées comme des affections porteuses de signes immanents qui doivent être traitées par les prêtres.

L'affection cutanée est envisagée comme lésion, tâche, dartre, gonflement, et son traitement

2 Ou papyrus de El-Lahoun, environ XIX^e siècle avant notre ère, traité de gynécologie.

3 Mis à jour dans la nécropole de Ramsès II vers 1860, environ XVI^e siècle avant notre ère

4 Ibid, édité en 1930, traité chirurgical

5 Mis à jour dans la nécropole de Saqqarah, édité en 1863, environ XIII^e siècle avant notre ère

6 G. Bruté (1803, p.12)

7 Environ V^e siècle avant notre ère

8 <https://wol.jw.org/fr/wol/b/r30/lp-f/nwt/F/2018/3/13#study=discover&v=3:13:4>, consulté le 26/02/2019 @ 19:00

comme un rite complexe, fonction par exemple de la localisation de l'affection, de sa coloration et permettant de déterminer *in fine* la pureté ou l'impureté de l'individu touché. La maladie de peau et en particulier celle qui est désignée comme la lèpre⁹ revêt alors une symbolique religieuse qui la dissocie des autres maladies. Aaron et la corporation des prêtres ont la charge effective de gérer ces pathologies de façon ritualisée. Ils font là encore office d'agents religieux et politiques dans la gestion de la maladie, en charge en cas de lèpre du contrôle de l'espace foucauldien de la Cité.

Il est à noter que le lexique nosologique utilisé jusque là, les modalités d'observation, de description des lésions cutanées laissent place à une large interprétation quant à leurs correspondances possibles avec le lexique contemporain.

Par exemple Le Lévitique 13 concerne la loi sur la lèpre et la lèpre touchant les vêtements, la désignation par le mot lèpre est à contextualiser, les descriptions de ses variantes ne correspondant pas toujours à la lèpre telle que nous la définissons aujourd'hui. Dans le Deuxième Livre des Rois, lui aussi partie de l'Ancien Testament, la mention de la « lèpre de Naaman »¹⁰ semble, elle, faire référence au psoriasis du « lépreux » Guéhazi. Mais la maladie de peau est dans ce cas précis un châtement divin signe d'impureté, de péché.

Hippocrate, né vers 460 avant notre ère, est à peu près contemporain des écrits de l'Ancien Testament¹¹, pour autant, la science qu'il développe constitue une rupture dans l'appréhension de la médecine tant dans son rôle de la dans la Cité que dans les dispositifs scientifiques mis en œuvre pour l'observation, la désignation, les classification et modélisation des pathologies, et leurs pronostics et diagnostics.

Hippocrate amène une rupture d'ordre tant théorique que méthodologique. Il définit une méthodologie clinique d'observation des signes, de recherche de leurs causes dans une finalité scientifique d'en tirer des généralisations. Il définit la santé comme l'équilibre harmonieux des quatre humeurs fondamentales qui composent l'individu : le sang, la bile jaune, la bile noire, le phlegme -ou la pituite-. Et, par opposition, la maladie se définit par la rupture de cette harmonie. Ce cadre théorique, et l'établissement d'une nosologie détaillée, s'appuient sur une observation clinique fine du patient. C'est à l'intérieur de ce cadre que le médecin hippocratique peut raisonner, observer les signes de la maladie et l'identifier, connaître son évolution passée et à venir à travers la *prognose*¹² que chaque médecin doit maîtriser. La médecine passe donc d'un statut de médecine

9 Mais qui pourrait être selon les cas du psoriasis.

10 *Deuxième Livre des Rois* (5,27), <https://www.aelf.org/bible/2R/5> , consulté le 01/03/2019 @ 23:00

11 Selon les estimations de datation de l'Ancien Testament, cf par exemple le Lévitique ci-avant

12 « La prognose (Hippocrate est formel sur ce point) instruit à la fois sur le passé, sur le présent, sur l'avenir du

des temples, capable de masquer certaines ignorances par oracles et incantations, à une médecine phénoménologique, basée sur l'observation et des connaissances établies rationnellement.

Les maladies de peau font bien partie du corpus nosographique d'Hippocrate.

« Pour autant, les maladies, pour ceux qui sont suffisamment versés dans la connaissance de la médecine, se divisent en maladies dont le siège n'est pas caché (celles-là sont peu nombreuses), et en maladies dont le siège n'est pas apparent (celles-là sont nombreuses). En effet, les affections tournées vers les parties internes sont cachées ; celles qui font efflorescence à la surface se manifestent soit par la couleur, soit par la tuméfaction, sont apparentes »¹³

Les maladies de peau sont donc de ces deux ordres, à la fois maladies pour ce qu'elles sont représentatives d'une pathologie « apparentes » de la peau, et pour ce qu'elles sont représentatives de pathologies « cachées », autrement localisées. Hippocrate pose déjà une question qui sera prégnante tout le long de l'histoire : parlons nous de « maladies de peau » ou de « maladies à la peau ».

Il présente la structure de la peau dans le traité « Des Chairs », qu'il assimile à un revêtement protecteur de l'organisme, à la fois lien entre l'intérieur et l'extérieur, à la fois lieu plan permettant de révéler d'éventuelles affections intérieures donc par essence cachées, et localisation effective de possibles affections.

Les affections de la peau sont de nombreux ordres, Herida (1997) recense une quarantaine d'affections mentionnées dans la traduction des œuvres complètes d'Hippocrate par Littré, pour celles apparaissant plusieurs fois :

« Abscès, alphas, anthrax, aphte, bouton, bubon, calvitie, démangeaisons, ecthyma, efflorescence, éphélide, épinyctide, éruption aétholique, éruption furfuracée, éruption psorique, éruption vésiculeuse, éruption pustuleuse, érysipèle, exanthème, favus, furoncle, gangrène, herpès, lèpre, leucé, lichen, miliaires, phlyctène, scrofule, tuméfaction, ulcération, ulcère ou éruption ulcéreuse, ulcère férin, ulcère phagédénique, végétation. »

Bien entendu, cette liste nosographique, issue de Littré, est une traduction non seulement de mots grecs en français mais aussi une tentative de projection signifiante de la nosographie hippocratique sur le nosographie moderne du XIX^e siècle.

malade. » , *Introduction (Littré, I, 452)*

13 *De l'art §9, Littré, VI, 17*

Nous en retiendrons que l'usage de mots signifiants de maladies à l'âge hippocratique ne saurait en rien présager de l'équivalence sémiologique de leur usage contemporain. Cette remarque est valide aussi entre les XIX^e siècle et XXI^e siècle. Ainsi, de la même façon que certaines formes de « lèpres » du Livre des Rois ont pu signifier un psoriasis contemporain

Il n'en reste pas moins que si la peau est un organe à part, frontière entre intérieur et extérieur, son étude et sa pratique spécifiques ne donnent lieu à aucune spécialité médicale et au contraire revêt un intérêt sémiologique important dans une vision holistique des signes de la dis-harmonie des humeurs corporelles. La peau et plus que jamais partie intégrante d'une vision globale de la santé et des pathologies, de l'harmonie et de la dis-harmonie des humeurs.

La période qui va du Moyen-Âge jusqu'au XVII^e siècle, ramène les maladies de peau à des superstitions relevant du registre religieux. En particulier, Chevallier¹⁴, s'appuyant sur Jacques Fontaine¹⁵, note que les « stigmates de naissance touchant la peau » renvoient à des marques de sorcellerie, de ceux « qui seront de la bête », telles que mentionnées dans le seizième chapitre de l'*Apocalypse*.

Dans le cas qui nous intéresse particulièrement, « les signes cutanés sont l'insensibilité cutanée et l'absence de saignement ; les nævi pigmentaires (dont l'importance de la localisation varie selon les régions) ». Ainsi, si la connaissance des signes de la peau est bien la prérogative du médecin, selon Fontaine (1611), le « bon » médecin doit savoir reconnaître les signes de la sorcellerie. Le signe cutané n'est alors que le symptôme d'un mal plus profond non circonscrit à la peau et il y a par ailleurs encore une forme d'assujettissement de la médecine clinique au dogme chrétien. Il y a sans doute des précisions à apporter à cette affirmation dans la mesure où Chevallier¹⁶ nous informe que les savants-médecins dédaignent les afflictions cutanées jugées superficielles et les laissent aux chirurgiens dont le statut et les compétences sont beaucoup moins établies.

Les XVI^e et XVII^e siècles correspondent néanmoins aussi aux premières recherches scientifiques spécifiquement dédiées aux pathologies cutanées.

De nombreux ouvrages attribués à des chirurgiens sont publiés, Wilhelm Fabricius Hildanus, considéré comme le premier « chirurgien scientifique », publie en particulier à Genève ses *Observations Chirurgiques*¹⁷, dont le Tome Premier est consacré aux « Tumeurs contre Nature »,

14 Chevallier (2012)

15 Fontaine (1611)

16 Chevallier (2002, p.33)

17 Édition originale (?), réédition, Genève, 1669

mais il ne s'agit pas là de comprendre la sémiologie de la pathologie ni ses causes mais des modalités techniques et chirurgicales de leur ablation.

En délimitant plus particulièrement les maladies cutanées, dès 1572, avec *De morbis cutaneis et omnibus corporis humani excrementis*, Girolamo Mercuriali publie ce qui peut être considéré comme l'un des premiers traités spécifiquement dédié aux maladies de la peau¹⁸. Samuel Haffenreffer publie à sa suite un traité de spécialité en 1660 à Berlin.

La médecine cutanée n'est certes pas encore constituée en discipline mais il s'agit bien là des prémisses de la structuration de la dermatologie en tant que discipline de recherche à part entière, voire de spécialité médicale.

2. Constitution de la dermatologie en spécialité médicale : XVIII^e et XIX^e siècles

Au XVII^e siècle, pour ce qui concerne la médecine générale, Sydenham modernise la méthode nosologique dans son « *Schedula monitoria de novae febris ingressu* »¹⁹ de 1686. Sans couper avec la théorie galiénique des humeurs, il considère les maladies par leurs « signes », les regroupe par typologie de symptômes et non plus seulement à partir de leur localisation.

Dans sa « Nosologie méthodique ou distribution des maladies en classes, en genres et en espèces » de 1772²⁰ François Boissier de Sauvages poursuit l'œuvre de Sydenham en créant, suivant son esprit²¹ ou encore selon, une taxonomie de mille quatre cents maladies. De Sauvages se réfère pour l'analyse systématique des maladies à la *Logique*²² de Wolf. Le volume 9 en est consacré à certains types d'enflures, tumeurs et protubérances, en particulier Ordre IV, Chapitre XXII, « *Cancer, suite des carcinomes avec exulcération* », et Ordre V, Maladies cutanées. Si les maladies de peau et les cancers sont bien présents en tant que classes nosologiques, les cancers de la peau ne sont pas spécifiquement mentionnés.

18 Wallach (2006)

19 « *La nomenclature des symptômes des nouvelles fièvres émergentes* »

20 Première édition en latin en 1763

21 Ou encore selon la méthode de son ami et correspondant Linné.

22 Wolf Christian, *Logique, ou Réflexions sur les forces de l'entendement humain, et sur leur légitime usage dans la connoissance de la vérité, Traduction sur la V^e édition*, chez A. Haude, Berlin, 1736

Anne Charles Lorry publie, lui, en 1777, son *Tractatus de Morbis Cutaneis*, l'originalité de son œuvre est d'une part présente dans sa description anatomique tout d'abord de la peau normale, qu'il définit comme « non pas seulement une enveloppe mais un organe à part entière qui entretient des relations avec les autres organes »²³ du corps. En tant qu'organe, la peau devient donc non plus seulement la carte mais aussi le territoire de la pathologie dont elle est le siège. Les pathologies cutanées sont ainsi catégorisées selon qu'elles prennent naissance dans la peau ou hors de la peau. Lorry, après avoir défini les conditions de normalité et de variabilité de la peau, en définit les pathologies d'un point de vue anatomique et étiologique, ainsi que les modalités sémiologiques de leurs diagnostics et pronostics.

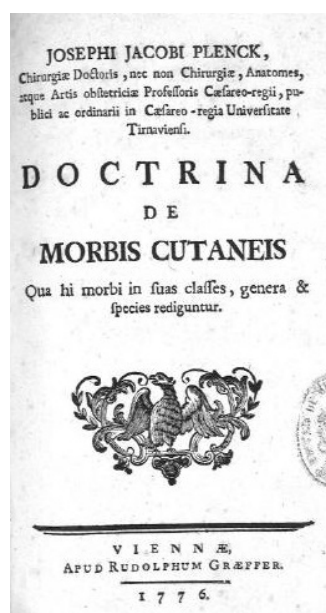


Figure 1 : *Doctrina de Morbis Cutaneis*

Source : Plenck (1776)

La véritable « révolution copernicienne »²⁴ de l'étude des maladies de peau intervient dans un premier temps théorique en 1776 avec la « Doctrine des maladies cutanées »²⁵ de Plenck, relayée dans un deuxième temps clinique par les médecins britanniques Willan puis Bateman, qui établissent « entre 1798 et 1817 les bases de la dermatologie clinique telle que nous la connaissons actuellement. Le principe de ce qu'on appelle le willanisme consiste à identifier les lésions

23 Chevallier Jacques, op. cit. , p.57

24 Wallach Daniel (2006), op. Cit., p.136

25 Plenck (1776)

élémentaires pour d'une part faire le diagnostic des maladies de peau, et d'autre part les classer. En ce sens, le willanisme est à la fois une technique et une doctrine. »²⁶

Plenck et ses suivants s'inspirent des taxonomies des botanistes du XVIII^e siècle, en particulier celles de Linné, décomposant les pathologies cutanées et les identifiant à travers une série de lésions-signes primitives, facilitant ainsi une forme de technique diagnostique, parfaitement reproductible, ainsi que la définition d'une technique thérapeutique associée. Il y a là une forme de simplification scientifique, voire newtonienne, des pathologies cutanées, ainsi réduites à la combinaison d'un nombre limité de formes idéales de lésions. Pour autant, cette doctrine offre l'avantage de circonscrire de façon précise la relation entre morphologie d'une lésion et sa définition sémantique associée en ne se satisfaisant pas des définitions floues voire contradictoires qui pré-existaient.

xxiv

The Diseases of the Skin were arranged by Dr. WILLIAMS in eight Orders, according to their external forms above defined, as in the following Table.

ORDER I.		Page
PAPULÆ.		
STROPHULUS	1	
LICHEN	6	
HERPES	14	
II.		
SQUAMÆ.		
LEPRA	25	
PSORIASIS	36	
PITYRIASIS	45	
ICHTHYOSIS	49	
III.		
EXANTHEMATA.		
RUBROGA	56	
SCARLATINA	69	
URTICARIA	87	
ROSEOLA	96	
PURPURA	103	
ERYTHEMA	118	
IV.		
BULLÆ.		
ERYSIPELAS	125	
EMPHIGUS	136	
POMPHOLYX	139	
V.		
PUSTULÆ.		
IMPETIGO	145	
FORRIGO	159	
VI.		
VESICULÆ.		
VARIOLLA	207	
VACCINIA	215	
HERPES	221	
RUPIA	240	
MILIARIA	242	
ECZEMA	250	
APHTHÆ	260	
VII.		
TUBERCULÆ.		
PHYMA	270	
VERRUCA	271	
MOLLUSCUM	271	
VITILIGO	273	
ACNE	275	
SYCOSES	291	
LUPUS	295	
LEPHTANTIASIS	297	
PRAMBESIA	312	
VIII.		
MACULÆ.		
EPHELIS	320	
NÆVUS, SPILUS, ETC. . .	323	

Figure 2 : Définition des lésions élémentaires classées selon huit ordres

Source : Bateman (1817a, p. xxiv)

D'une certaine façon, ce « willanisme » restaure la clinique hippocratique dans ce qu'il remet l'observation du patient et de l'anatomie pathologique au centre de la pratique médicale. Pour autant, la définition des lésions primitives servant à classer les pathologies reste artificielle voire arbitraire, ne reposant sur aucune motivation scientifiquement établie autre que l'identification de

26 Wallach Daniel (2006), op. Cit., p.136

régularités morphologiques par l'observation clinique ; il agit aussi comme un élément de simplification de la pathologie, limitant *de facto* les classes de pathologies cutanées à la combinaison d'un nombre restreint de lésions primitives. Cette doctrine réduit par ailleurs la pathologie à l'apparence morphologique des signes qui la caractérisent sans se soucier de sa pathogenèse, de ses causes, de son explication.

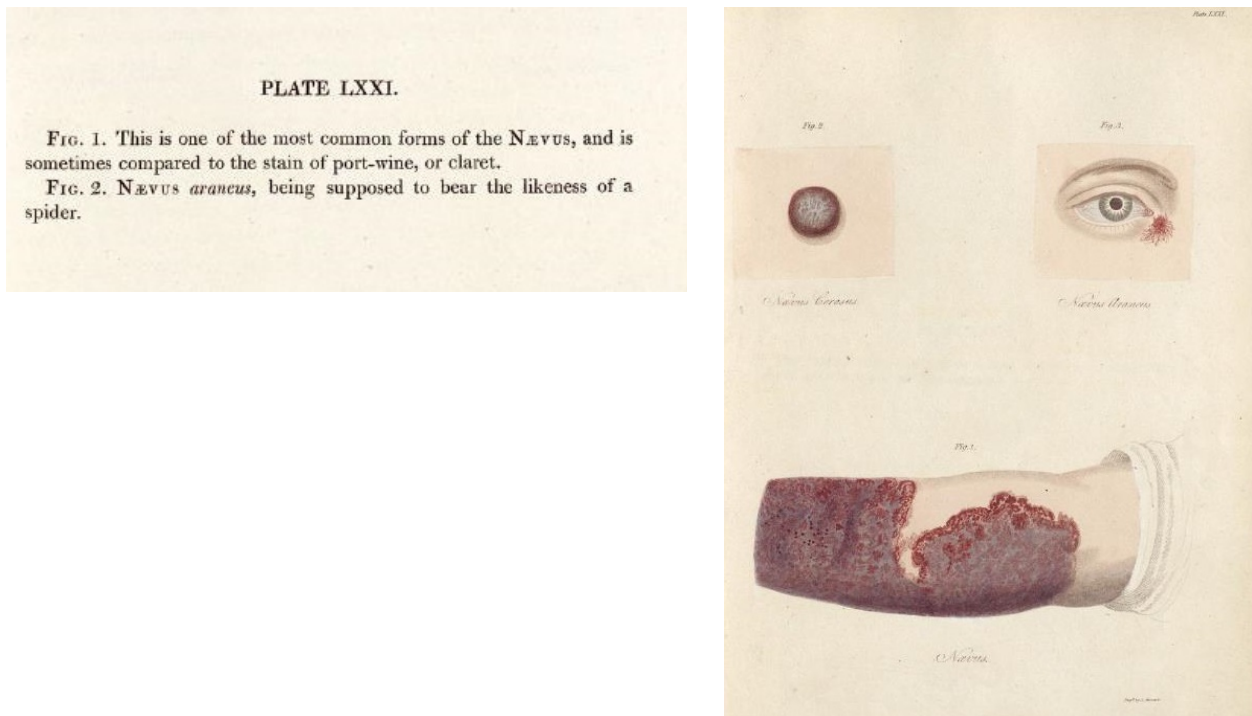


Figure 3 : Planche relative aux nævi

Source : Bateman, Thomas (1817b, Plate LXXI)

C'est bien ces points de doctrine que le dermatologue français Jean-Louis Alibert contestera dès 1810, et à sa suite Rayer, Cazenave ou encore Hardy, préférant des descriptions holistiques rendant compte de la complexité naturelle des pathologies, s'intéressant à l'étiologie des lésions qui leur sont présentées et contestant qu'une nosographie puisse artificiellement discriminer et séparer les pathologies cutanées, créant ainsi des discontinuités dans l'espace naturel des pathologies. Ces dernières se présentent de façon naturelle dans une forme de continuité génétique dont les ruptures artificiellement créées entre catégories ne sauraient rendre compte.

Bazin (1862), lui, appliquera la méthode anatomo-clinique, développée par Bichat puis Laënnec, à la dermatologie. Il mettra en œuvre une distinction fine entre la méthode anatomo-pathologie issue de l'observation willaniste, qualifiée de superficielle, et la méthode originelle

anatomo-clinique. Cette distinction permet de changer de méthode d'observation. Le système willaniste construit le signe de l'affection sur la base de sa réduction à des lésions élémentaires. Il juxtapose ainsi signe et lésion, carte et territoire de la pathologie. Le système anatomo-clinique envisage le signe comme un construit procédant d'allers et retours entre l'anatomie et la clinique, le signe est étudié pour ce qu'il est, en tant que donné signifiant d'une maladie et non nécessairement comme le siège de cette maladie. Bazin est ici un exemple remarquable²⁷ dans la mesure où il ne réfute pas l'anatomo-pathologie willaniste consistant à identifier la lésion élémentaire et la mettre en correspondance avec un genre d'affection, elle constitue même la début de sa méthode, qu'il complète en la définition de l'espèce, de la nature de cette affection qui seules permettent une connaissance et une compréhension en particulier pathogénique.

Dans les « Considérations préliminaires » de sa *Nosologie Naturelle*²⁸, Alibert notait que « on y [l'histoire des sciences] voit à la fois les progrès merveilleux et les vacillations perpétuelles de la pensée ». De fait, pour ce qui est de la dermatologie, en même temps qu'elle est le moment de développements scientifiques considérables, cette première partie du XIX^e siècle constitue une sorte de rémanence de la controverse qui avait eu lieu dans l'antiquité grecque entre les écoles de médecine de Cos et de Cnide, entre les tenants de la description et de la classification anatomique des pathologies et les tenants de la compréhension des pathologies. Il y a aussi mise en opposition entre deux modalités de la pratique médicale, entre la médecine externe dont est issue le willanisme et la médecine hospitalière d'Alibert. Dans cette nouvelle « vacillation » de la pensée médicale est mis en exergue l'arbitraire des choix de classes de pathologies dont les alibertistes « naturalistes » taxent les willanistes « artificialistes ».

Cette tension entre doctrines, sans doute consubstantielle au développement de la dermatologie, tout du moins française, s'est effacée jusqu'à aboutir aujourd'hui à un enseignement agnostique articulant conjointement les différentes méthodes doctrinaires, dans le domaine d'efficacité qui leur est respectivement propre.

L'observation clinique est un pré-requis à toutes les méthodes cliniques envisagées jusqu'à « bien la [la lésion] regarder : regarder ne rend pas suffisamment notre pensée : il faut la scruter, pour ainsi dire, du regard. (...) il est nécessaire de la toucher, de la palper de la saisir entre les doigts, de tendre la peau à sa surface »²⁹. Darier et al. (1936) articulent leur propre système méthodologique, reprenant la méthode willaniste comme dispositif premier de diagnostic

27 Même s'il réfute l'idée de maladie de peau pour une vision holistique de la maladie comme étant « un état de l'organisme et non un état des parties du corps ».

28 Alibert (1817, p.vii)

29 Brocq L. (1900, p.139), cité par Tilles et Wallach op.cit. p.73

dermatologique, de définition de l'affection locale, reprenant dans l'esprit de Bazin la correspondance avec la nature de la pathologie interne, détachée de l'affection locale, et complétée par une correspondance étiologique avec les causes et leur rôle dans la pathogénèse.

Ainsi les modalités de représentation et de catégorisation nosologique des pathologies ont évolué, de l'arbre³⁰ à la nébuleuse, Darier et al. optent alors pour le tableau synoptique en tentant de faire correspondre au mieux l'apparence des dermatoses à leur nature interne. Mais la transformation des modalités de représentation, rend compte non seulement d'une évolution dans la doctrine clinique mais aussi de l'évolution des connaissances scientifiques sur les pathologies dont il est question. Il ne s'agit plus alors seulement des connaissances issues de la clinique à l'hôpital mais aussi des connaissances de laboratoire, que les sciences annexes³¹ ont pu faire émerger et continuent à faire émerger. La pensée clinique se doit alors à minima d'incorporer une pensée scientifique.

3. Du cancer de la peau au mélanome

L'étymologie du terme « mélanome » renvoie au grec ancien μέλας, μέλανος, *mélas*, *mélanos* (« noir ») et -ωμα, -ōma (« tumeur »). Il s'agit donc de tumeurs « noires », caractérisées par une pigmentation prononcée par de la mélanine.

De telles tumeurs pigmentées sont identifiées et catégorisées dès l'antiquité par Aristote, Hippocrate, ou Galien. Elles ne sont alors pas pour autant assimilées à des formes de cancer.

Les premières évocations de certaines tumeurs cutanées assimilées à des formes de cancers se trouvent vers le début du XVIII^e siècle avec par exemple Daniel Turner³², qui lui-même évoque les Traités de Sennet. Turner non seulement inscrit le cancer au sein de sa classification des maladies cutanées mais il décrit les cancers de la peau en les catégorisant spécifiquement en fonction de leur localisation anatomique :

« Lorsque cette maladie semblable à un petit tubercule rond, terminé en pointe, attaque les parties du visage, comme le menton, ou selon, les joues & le nez; & qu'il est aigri par les applications les plus douces, on le nomme *Noli me Tangere*. M. Wiseman dit en avoir vu un de cette espèce sur le bras (...).

30 « L'arbre des dermatoses » d'Alibert en 1829

31 Biologie, Immunologie, génétique ...

32 Voir Turner (1743)

Si le cancer attaque les cuisses ou les jambes, on le nomme Loupe ou *Lupus* ; à cause, selon quelques-uns, de la nature vorace, & de ce que sa fureur, comme celle de cet animal féroce, n'est assouvie que par la chair ». ³³

Si Turner évoque ainsi le diagnostic de cancer cutané, aucune thérapeutique ne semble néanmoins selon lui permettre de soigner cette pathologie :

« Quant à la cure du véritable Cancer, je n'en connois point d'autre que la palliative, nonobstant les vanteries des uns, & les trompeuses, mais folles prétentions des autres ». ³⁴

Cette mention du cancer cutané se retrouve dans la suite du XVIII^e siècle par exemple chez Astruc, Sauvage, ou encore Lorry.

Par ailleurs, le *nævus*, tache cutanée mélanique, est quant à lui mentionné de façon récurrente depuis l'Antiquité, puis par les spécialistes des maladies cutanées de la Renaissance, jusqu'à Bateman qui les décrit précisément sous forme imagée dans son ouvrage de 1817 « Délimitations des maladies cutanées ».

Le passage des taches noires, de l'ordre des « *maculae* » de Willan au concept de mélanose (ou mélanome) ³⁵, tache mélanique, se fait au début du XIX^e siècle.

On attribue néanmoins généralement à Laënnec la paternité du terme de « mélanome » ³⁶, lors de ses cours en 1804 à la Faculté, publiés en 1806 dans les Bulletins de la Faculté de Médecine de Paris ³⁷, donnant lieu à l'époque à une controverse avec Dupuytren. Curieusement, il s'agit dans son cas de lésions noirâtres et métastatiques qu'il observe non pas sur la peau mais sur la paroi externe de poumons.

La dénomination de Dupuytren de « cancer noir » ³⁸ offre alors l'avantage de spécifier la nature de la pathologie incriminée, de la faire entrer dans une catégorie nosologique. En 1818, Alibert établit clairement la nature cancéreuse de la mélanose ³⁹ dans sa localisation cutanée, issue, selon lui, d'une « diathèse scrophuleuse ». Dans sa thèse de 1831, Lescroël-Desprez ne laisse pas de doute non plus sur la nature cancéreuse des mélanoses (ou mélanomes). Ces dernières ne sont pas seulement des dégénérescences noires (mélaniques), elles sont des tumeurs cancéreuses ⁴⁰.

33 Ibid p.171

34 Ibid p.172

35 Il y a souvent confusion entre les deux termes dans la littérature du XIX^e siècle

36 En fait « mélanose »

37 Voir Laënnec (1806)

38 Lescroël-Desprez (1831 p.v)

39 Alibert (1818, p.317)

40 Lescroël-Desprez (1831), op.cit. p.13

À ce moment de la première moitié du XIX^e siècle, tant le concept pathologique de mélanose (ou mélanome) que la relation à sa nature cancéreuse sont donc établis. Pour autant, la connaissance précise de la tumeur mélanique, sa pathogenèse, son étiologie sont, elle, absentes. Depuis Laënnec, la catégorisation en est sommaire, selon la forme sous laquelle l'affliction se présente⁴¹ : mélanoses enkystées, masses mélaniques non-enkystées, matière infiltrée dans la substance des organes, matière déposée en couche à la surface des organes, auxquelles s'ajoute la proposition de Breschet d'une forme liquide. La seule thérapeutique envisageable, faute d'une meilleure compréhension, est l'ablation voire l'amputation chirurgicale.

Si la dimension de tâche mélanique cancéreuse semble alors établie, l'apport de nouvelles techniques d'investigation, biologie, microscope optique puis électronique n'a cessé de permettre la formalisation de définitions toujours plus élaborées, sans qu'elles soient nécessairement articulées au sein d'un ensemble cohérent. De fait, en l'absence de la connaissance des cellules mélanocytaires, on parle de « pigment » sans que le fonctionnement de la pigmentation de la peau soit comprise. Les maladies liées à une variabilité progressive et dysfonctionnelle de la pigmentation sont ainsi regroupées en fonction de ce qui est donné à voir au médecin et de son axiématique de catégorisation.

Ainsi Darier, dans le traité de Besnier et al (1904), introduit le « pigment » en mentionnant que les mélanodermies « sont des colorations pathologiques noires ou foncées de la peau; sauf exception (argyrie), elles sont dues à un excès de pigment dans le derme et dans l'épiderme »⁴². Il assimile par ailleurs les nævi à des lentigo. Plus loin, à l'instar de Rayer, un nævus⁴³ est défini comme « toute altération congénitale de la couleur ou de la texture de la peau, ordinairement permanente, et limitée à une région, en ajoutant que ceux-ci peuvent être invisibles et latents à la naissance. Mais Brocq propose une définition plus large : « nous donnerons avec lui [Brocq] le nom de nævi à toutes les difformités cutanées circonscrites du corps ». Les nævi sont ensuite catégorisés en nævi pigmentaires, tubéreux non vasculaires et vasculaires.

On peut lire par ailleurs que les « nævo-carcinomes, tumeurs malignes prenant leur origine dans un nævus, ont une structure variable d'épithéliome, ou de carcinome, ou de sarcome, et souvent sont mélaniques »⁴⁴. Ces nævo-carcinomes sont regroupés dans la classe diffuse des épithéliomes, « tumeurs d'origine et de structure épithéliale » (T I, p.131). Tout en mentionnant que les nævo-carcinomes sont très semblables aux sarcomes voire aux lymphosarcomes qui eux

41 Ibid p.14

42 Darier (1904, p.456)

43 Ibid p.559

44 Ibid Tome II p.414

peuvent avoir des cellules. Darier (1923), précise par la suite qu' « on appelle tumeurs [cutanées] ou néoplasmes les néoformations circonscrites, non inflammatoires, ayant une tendance à persister et à s'accroître, et dont l'étiologie est inconnue. »⁴⁵, reprenant les éléments mentionnés en 1904, en les articulant de façon plus formelle sous les catégories de tumeurs næviques, tumeurs épithéliales et tumeurs conjonctivo-vasculaires.

Dans les deux traités que nous venons de mentionner, la « mélanose cutanée progressive » est évoquée succinctement⁴⁶ dans la catégorie des mélanodermies, spécifiant uniquement son évolutivité, sa fatalité et la présence de « pigment » principalement dans le chorion. Le mélanome (ou la mélanose) n'est pas plus évoqué mais c'est bien sous la dénomination de dégénérescence d'un nævus pigmentaire en « nævo-carcinome » que la pathologie qui nous intéresse se situe.

De fait, c'est le parti pris de Traub et Keil (1940). Leur article marque un changement important dans l'organisation nosologique des tumeurs cutanées. Ils remettent à plat les éléments déjà développés par leurs prédécesseurs⁴⁷, précisent le vocabulaire en s'attachant à trouver une cohérence dans les tâches mélaniques bénignes d'une part, et malignes voire dégénérantes d'autre part. Les premières sont qualifiées de nævi⁴⁸, eux-mêmes classifiés en nævi intraépidermaux, épidermaux, jonctionnels, composites ou encore en nævi bleus. Pour ce qui est des secondes, Traub et Keil s'intéressent principalement aux mélanomes, qui dans leur forme maligne sont des tâches mélaniques dégénérantes, récurrentes et associées à des métastases cancéreuses, selon eux toujours des carcinomes⁴⁹, dont font partie en particulier les nævo-carcinomes évoqués par Darier.

À la différence de certaines publications de leur époque, leur thèse est qu'aucune preuve ne vient démontrer que le mélanome est nécessairement issu de la transformation d'un nævus, mais que leur émergence est le résultat d'un processus de *Abtropfung*⁵⁰

In fine, ils proposent des critères nécessaires au diagnostic des mélanomes (malins) :

« (1) "trickling off" and segregation (development of thèques)⁵² (one of the principal changes and found without difficulty), (2) the presence of clear cells, which may resemble the

45 Darier (1923, p.847)

46 Ibid T. III, p.468

47 Darier, Unna, Miescher, Kraufmann-Wolf, Affeld, Nicolau...

48 En particulier, les lentigines sont classés en nævi jonctionnels

49 Ibid p.219

50 Reprenant la théorie de Unna

51 Prolifération et migration des mélanocytes de l'épiderme vers le derme

52 Reprenant la terminologie de Darier

Paget cells, (3) mitotic figures (generally readily found), (4) variably sized and shaped (large and small) pigment cells and (5) chronic inflammation. The more evident each of these changes appears in the section, the more certain one may be of the malignant nature of the growth. »⁵³

Dans cette historicisation de la dermatologie qui nous a mené à celle du concept de mélanome, nous avons pu voir de quelle façon le diagnostic des phénomènes cutanés a-normaux avait été orienté en considérant la peau comme signifiant de pathologies, à la frontière entre le réel physiologique ou le pensé métaphysique et la surface de ce qui est visible. L'interprétation de ce signifiant a pris dans un premier temps la forme d'une herméneutique pythienne de la peau-oracle d'une vérité transcendante pour se décliner comme un diagnostic dont la valeur de vérité s'appuie sur une observation clinique précise du phénomène pathologique et de son expression cutanée. Mais à chaque moment de l'histoire de la dermatologie, la peau est conçue comme un signe visible qu'il s'agit de traduire en fonction de la structure théorique en vigueur, religieuse dans un premier temps, scientifique par la suite.

53 Ibid p.229

Médecine et Santé Publique

1. Institutionnalisation de la médecine et de la dermatologie

1.1. De la médecine en tant que discipline

Après la période de l'Antiquité pendant laquelle la pratique et la recherche médicales ainsi que l'enseignement de la médecine, étaient assurés par des Écoles indépendantes du pouvoir politique local⁵⁴, l'institutionnalisation de la médecine s'est articulée historiquement dans un double mouvement de structuration nationale puis transnationale.

Une première forme d'institutionnalisation, dans les pays d'Europe Occidentale, trouve son origine au Moyen-Âge, avec la création des premières structures « universitaires » de formation à la médecine⁵⁶. Leur objet est donc d'enseigner l'état de l'art de la médecine et donc de normaliser la qualité de médecin. Plus tard, la révolution scientifique amène avec elle une volonté politique de promouvoir et développer les sciences. Dès le XVII^e siècle, des sociétés savantes apparaissent, en France sous le haut-patronage royal⁵⁷, institutions de promotion, de contrôle et de validation de la recherche, mais aussi de conseil auprès du roi. Au XVIII^e siècle apparaissent des sociétés savantes nationales et régionales dédiées à la promotion de la médecine, telles la Société Royale de Chirurgie en 1731 puis la Société Royale de Médecine en 1776 dont l'objet était principalement d'étudier les conditions d'émergence des maladies, d'étudier les épidémies afin de pouvoir échafauder des plans pour préserver la population, pour préserver les forces vives du pays. Cette émergence se heurte à la Faculté, indépendante du pouvoir politique et jalouse de son monopole des savoirs médicaux. Pour autant, « son rôle s'élargit sans cesse : organe de contrôle des

54 Mais pas nécessairement du pouvoir religieux

55 Telles les Écoles de Cos et Cnide à l'époque d'Hippocrate

56 Sur ces points, on se reportera plus haut à I.1.1

57 Accademia dei Lincei à Rome (1603), Royal Society à Londres (1645), Académie Royale des Sciences à Paris (1666),...

épidémies, elle devient peu à peu un point de centralisation du savoir, une instance d'enregistrement et de jugement de toute l'activité médicale »⁵⁸.

À cet égard, la situation de la recherche médicale est riche d'enseignements. À partir du XIX^e siècle et de la scientification de la médecine, les accomplissements et la performance de cette recherche médicale constituent un outil de prestige national et de puissance, d'autant plus marqué que la seconde partie du siècle marque le développement d'une économie des brevets et des monopoles d'exploitation. Pour autant, cette recherche a très tôt pris une coloration sociologique internationale. De fait, c'est ainsi que le comité des Finances de l'Assemblée Nationale révolutionnaire justifie l'existence même de la Société Royale de Médecine : « L'objet de cette société est de lier la médecine française et la médecine étrangère par une utile correspondance (...) »⁵⁹. Dans la suite du siècle, les résultats de recherche circulent au sein de la communauté scientifique et médicale, ils sont diffusés, discutés, contestés, mais aussi repris et prolongés. Ces relations, ces échanges trans-nationaux, initiés dès la fin du XVIII^e siècle, constituent d'une certaine façon les prémisses de l'internationalisation de la médecine en tant que système.

1.2. De la dermatologie en tant que spécialité médicale

Nous avons évoqué l'inspiration de la méthode anatomo-clinique par Bichat puis Laënnec, de fait ils participent à ce qui est couramment appelé l'École de Paris à partir de la première moitié du XIX^e siècle post-révolutionnaire.

La révolution willaniste puis l'inspiration de cette méthode anatomo-clinique permettent de circonscrire conceptuellement l'étude des maladies de la peau en France au sein de la médecine officielle. En parallèle, la Révolution française, prévoyant « la primauté de la formation pratique sur l'enseignement théorique »⁶⁰, attribue aux hôpitaux la responsabilité de l'enseignement de la médecine. En particulier, à partir de 1802, Alibert se voit confier l'enseignement des maladies de la peau à l'Hôpital Saint Louis qui devient alors un lieu de convergence tant de la recherche que de la pratique des maladies de la peau en France.

Pour autant, Alibert, puis ses suiveurs, donnent leurs cours en tant qu'enseignants libres, sans

58 Foucault (2015, p.51)

59 Retz (1791, pp.5-6), cité par Foucault (2015), op.cit. p.51

60 Tilles Gérard (2002, p.409)

statut officiel. Si ceux-ci ont su créer les conditions spécifiques d'exercice de leur pratique au sein de leur établissement hospitalier, ils ne réussissent donc pas à proprement parler à instituer l'étude des maladies de peau en tant que spécialité médicale, ne réussissant donc pas à la singulariser au sein de Faculté de médecine. Cet endroit spécifique de l'hôpital constitue donc, pendant la première moitié du XIX^e siècle, le lieu d'une tension entre l'hôpital-lieu d'exercice de la médecine et l'hôpital-lieu d'organisation de l'enseignement médical dont la Faculté de Médecine est seule responsable.

En 1830, Guérin est rapporteur d'une commission chargée de réfléchir à l'organisation de la Faculté de Médecine de Paris. Le rapport de sa commission ne donne pas lieu à l'institutionnalisation de spécialités.

Néanmoins, jusqu'en 1870, les cours complémentaires initialement assurés à Paris par Alibert sont repris par Cazenave, puis Hardy et permettent de diffuser la « pensée dermatologique » dans de nombreux hôpitaux de France. La période suivant la défaite de 1870 donne, elle, lieu à l'expression d'un besoin de « régénération de l'enseignement supérieur »⁶¹ sur fond, non plus de science, mais de patriotisme⁶². Cette volonté de remise en question prend la forme, dans un premier temps de la loi de 1875 sur la liberté de l'enseignement supérieur, dont la formulation dans l'enseignement de la médecine est renforcée par l'inspecteur général de l'enseignement de la médecine Chauffard qui préconise la mise en avant des « cliniques spéciales ». Le 20 août 1877, par décret, l'enseignement des spécialités est autorisé. Cet enseignement prend alors la forme de cours cliniques annexes peut être délivré par certains médecins et chirurgiens non agrégés.

Par décret du 31 décembre 1879, est créée la chaire de clinique des maladies cutanées et syphilitiques qui est installée à Saint-Louis.

Ce moment fondateur de la dermatologie-vénérologie en tant que spécialité médicale en France est suivi en 1889 par le premier Congrès Mondial de Dermatologie. Il marque l'émergence d'un nouvel acteur dans le maillage réticulaire de la médecine, regroupant certains médecins -dermatologues- autour de savoirs et savoir-faire spécifiques à la fois au sein de la Faculté et au sein de l'hôpital. Ces médecins spécialistes deviennent le point de branchement des pathologies cutanées dans le système médical et leur spécialité devient le symbole fédérateur d'un groupe, leur permettant une représentativité particulière et une circulation d'informations spécifiques au sein de ce système médical qui les englobe.

61 Fiaux (1870, 24 : 189-190), cité par Tilles Gérard (2002), op.cit., p.410

62 À un moment où l'École de Vienne de Hebra et Kaposi s'impose sur la scène internationale

2. Institutionnalisation de la Santé Publique et Organisation contemporaine

Le mouvement que nous venons d'évoquer s'accélère au XIX^e siècle avec le développement des États-Nations au sein desquels la médecine devient un instrument de gouvernance des hommes et des territoires. La médecine devient en quelque sorte un dispositif politique de gestion de la santé de l'homme-vivant, de façon à « faire vivre »⁶³, maintenir le vivant au sein du « champ de capacité, d'activité »⁶⁴. La santé n'est prise à ce niveau ni de façon positive comme un état de bien-être, ou en creux comme un état d'absence de pathologie chez un individu-corps, mais dans un sens fonctionnel et populationnel de préservation des forces vives de la Nation, de préservation de la puissance nationale, dans sa capacité nationale à l'activité, industrielle ou guerrière.

La médecine se voit ainsi adjoindre un statut novateur, celui d'instrument d'une nouvelle discipline et de l'organisation qu'elle engage : la santé publique. Ainsi, si la médecine doit initialement soigner les individus, elle doit alors aussi seconder la santé publique, en participant à son dispositif de « technologie régularisatrice de la vie »⁶⁵.

Il est sans doute naturel que cette période marque, à l'échelle de chaque nation, les débuts d'une véritable institutionnalisation de la pratique médicale et de la prise en charge du système de gouvernance de la médecine par le politique. Ce nouveau cadre a pour objet de rendre la médecine pleinement systémique, mais aussi mécanisme de pouvoir, de régulation du vivant. Il est ainsi rendu possible de lui assigner des objectifs « biopolitiques » à l'aune desquels son efficacité, sa performance peuvent être évalués.

2.1. Institutionnalisation de la Santé Publique

En définissant ainsi la santé publique comme « la science et l'art de la prévention des maladies, du prolongement de la vie et de la promotion de la santé d'un groupe ou d'une population grâce aux efforts organisés de la société »⁶⁶, il y a un glissement de l'art médical tel que nous l'avions évoqué précédemment, destiné aux individus, vers un dispositif conçu pour la santé collective et au sein

63 Foucault (1997, p.214)

64 Ibid p.218

65 Ibid p.222

66 Définition issue de la BDSP, citée par Grimaud Olivier, « Introduction à la Santé Publique », Cours à l'EHESP, <https://real.ehesp.fr/course/view.php?id=162>, consulté le 22/01/2020

duquel cet art médical est un instrument.

Par ailleurs, dans cette définition, il est entendu que la gestion de la Santé Publique est aujourd'hui de la responsabilité des États, techniquement par l'intermédiaire de leurs gouvernements et/ou d'agences étatiques en charge de domaines particuliers.

Cela n'a pourtant pas toujours été le cas en France, puisque le premier ministère de la santé⁶⁷ date du 20 janvier 1920, et sous sa dénomination de ministère de la santé publique du 2 mars 1930, faisant suite à des sous-secrétariats d'État à la santé militaire sous l'autorité directe du Ministre de la Guerre depuis 1915.

Au XIX^e siècle, une école française dite de Santé Publique avait bien été créée en 1820, prenant part à la première loi sur les logements insalubres de 1850⁶⁸. Pourtant, ce que Tabuteau (2012) nomme les services collectifs de santé, sont alors de la responsabilité des autorités municipales, aidées en cela par la commission sanitaire de la circonscription, voire à un niveau supérieur du Préfet, lui-même assisté du Conseil Départemental d'Hygiène. C'est ce qui est encore mentionné dans la loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique, et en particulier dans son article premier du Chapitre Premier donnant tous pouvoirs aux maires pour prendre et faire respecter les mesures sanitaires nécessaires. Cette loi ne fait qu'entériner un état de fait ancien, puisque depuis la loi du 16 vendémiaire de l'an V (7 octobre 1796), les hôpitaux français sont sous la tutelle des communes.

En 1848 avait été créé un Comité consultatif d'hygiène publique venant en assistance au Ministère de l'Intérieur. Jusqu'en 1920, même si ce Comité est un organe (consultatif) d'harmonisation des pratiques sanitaires, la santé publique reste géographiquement morcelée. Elle est dotée d'une organisation verticale mais décentralisée et laissant une autonomie importante aux communes et au corps médical local. La vision foucaldienne déjà évoquée de biopouvoir, usant de dispositifs disciplinaires, assujettissant, d'un système policier étatique et omnipotent appliquant de façon efficiente des politiques sanitaires strictes à l'échelle du pays, est donc en réalité dépendante des pouvoirs locaux, municipaux. Si ces mécanismes fonctionnent dans les grandes villes comme Foucault a pu les décrire, le manque d'harmonisation à l'échelle du pays rend leur application moins systématique sur le reste du territoire. En fait, l'infrastructure de santé publique manque alors d'une véritable organisation des flux d'informations et de coordination des décisions et des actions à l'échelle nationale. Chaque composante locale des politiques de santé publique a une

67 En fait Ministère de l'Hygiène, de l'Assistance et Prévoyance Sociales

68 Tabuteau (2012)

forme d'autonomie qui lui permet d'exister et de fonctionner à partir de stratégies locales avec une connectivité limitée avec le reste du réseau, de sorte que l'ensemble des composantes mises bout à bout ne fait pas véritablement système.

Nous avons mentionné un premier mouvement, dans le courant du XIX^e siècle, constitué par le développement de relations internationales visant la médecine. Cette période a aussi donné lieu à une internationalisation des politiques de santé, en particulier à travers certaines conférences portant sur la lutte contre les maladies infectieuses. Ainsi la première conférence a lieu à Paris en 1851 et donne lieu à un règlement sanitaire international en 1852 portant sur la peste, la fièvre jaune et le choléra⁶⁹. Elle est suivie de cinq autres conférences dans les quarante années qui suivent. Plusieurs organismes sanitaires régionaux sont par ailleurs créés avant que deux premières entités à vocation internationale soient fondés, l'Office international d'hygiène publique (OIHP) et le Bureau sanitaire panaméricain en 1907.

La fin de la première guerre mondiale et la formation de la Société des Nations (SDN)⁷⁰, en marge du Traité de Versailles, correspondent, dans de nombreuses activités, à la mise en place d'organismes internationaux⁷¹ dont l'objet est d'organiser, de réguler, d'harmoniser des industries et des pratiques, de façon à ce que ces industries puissent se développer sans devoir craindre une instabilité politique ou réglementaire.

En ce qui concerne la santé publique, ce moment est d'autant plus particulier qu'il fait suite à l'épidémie de grippe espagnole de 1918, puis de typhus en Pologne en 1919. Devant l'incapacité des organisations en place à gérer la situation, l'Organisation de l'Hygiène (OH) est créée en 1920 sous l'égide de la SDN.

1920 est bien un moment fondateur, puisqu'il y a concomitance entre la création de l'instance internationale et la création en France d'une première administration nationale dédiée à la santé publique. Faisant suite à la « Grande Guerre », il y a en même temps un changement fondamental d'objectif dans la gouvernance de la santé. Cette gouvernance vise toujours l'étude et l'éradication des maladies infectieuses, mais plus comme support aux forces vives nécessaires à la puissance nationale, et au contraire comme base du « bien-être de l'humanité à travers le monde »⁷², ce « bien-être de l'humanité » étant, lui, considéré comme une condition nécessaire pour « garantir la

69 Beigbeder (1995, p.1) : ce règlement sanitaire n'est finalement pas appliqué.

70 Société des Nations

71 Par exemples, l'OIT (Organisation Internationale du Travail), la CICI (Commission internationale de coopération intellectuelle, la CINA (Confédération Internationale de la Navigation Aérienne), ...

72 Au sujet du rôle de la fondation Rockefeller dans la création de l'OH, voir Tournès (2008, p. 296 *sq.* et p. 368)

paix et la sûreté »⁷³.

2.2. Système de santé publique contemporain

Le système de santé publique contemporain est organisé sous une forme réticulaire. Il est structuré d'une part à partir de relations arborescentes, d'acteurs à compétences mondiales vers des acteurs à compétences régionales puis nationales et enfin locales. Cette arborescence est donc hiérarchisée, vers le haut dans un sens de plus grandes compétences politiques, décisionnelles et normatives et vers le bas dans un sens de contrôle de la réalité sociale du terrain, de la pratique effective de la médecine et de retour d'expérience des populations.

Au sommet de l'arborescence du système international de la santé publique se situe l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). À la différence d'autres systèmes industriels, tel que celui de l'aéronautique civile, ce système de la santé publique, même pris à l'échelle internationale, ne fonctionne pas comme un état clos, jacobin, et doté à sa tête d'un pouvoir central fort et autonome, sans qu'une instance puisse exercer de rapports de pouvoir et « par pouvoir, il me semble qu'il faut comprendre la multiplicité des rapports de force qui sont immanents au domaine où ils s'exercent et sont constitutifs de leur organisation »⁷⁴. De fait, à chaque échelon s'exercent des forces d'ajustement des objectifs, des stratégies, ou encore des processus. Les pouvoirs politiques de chaque état ont par exemple individuellement ce pouvoir discrétionnaire de prolonger et donc d'adapter, ou de ne pas prolonger législativement et/ou administrativement ce qui a été décidé à l'échelle de l'OMS⁷⁵.

Ce réseau est aussi organisé à partir de sous-réseaux parallèles, représentant chacun des catégories spécifiques d'acteurs et défendant des intérêts qui leur sont propres : état, associations de patients, associations professionnelles de médecins, associations professionnelles de fabricants de matériels pour l'exercice de la médecine ou encore laboratoires pharmaceutiques,... Chaque acteur collectif a comme objectif la protection et l'optimisation de ses intérêts. Cet objectif passe donc d'une part par la pérennité du système de santé pris dans son ensemble mais aussi et avant tout par la pérennité et le développement de son propre sous-système collectif. Cet objectif de développement, en particulier économique, est assuré par le maintien d'une position de pouvoir, pouvoir politique en tant que moyen pour jouer avec les forces en présence dans le réseau, et

73 Une des ambitions du Pacte de la SDN du 28 juin 1919, Préambule.

74 Eco (1985, p.337) citant Michel Foucault

75 Organisation Mondiale de la Santé

pouvoir économique en tant que capacité motrice à développer son industrie, à innover.

Par exemple, le MDMA⁷⁶, acteur représentant le sous-système des fabricants de dispositifs médicaux, a pour objectif le développement de sa propre industrie, à travers des innovations techniques pour lesquelles il est nécessaire de créer les conditions d'acceptabilité en vue de rendre possible leur implémentation. Cette acceptabilité passe par la négociation avec des institutions de régulations nationales et internationales telle l'IMDRF⁷⁷ dont l'objet est de normer les fonctions et les modes de fonctionnement de tels artefacts techniques, au bénéfice de l'amélioration de la santé et de la sécurité des patients.

Organisation mondiale de la Santé (OMS)

Nous avons vu de quelle façon le Traité de Versailles et la constitution de la SDN avaient été à la source de l'Organisation de l'Hygiène en 1920.

Dans un mouvement similaire, la fin de la seconde guerre mondiale va être le théâtre d'un déplacement des centres de pouvoir internationaux. Nombre d'organisations internationales qui étaient préalablement centrées sur le vieux continent européen engagent un mouvement entérinant le nouvel ordre mondial maintenant centré sur les États-Unis. Ainsi, la SDN disparaît au profit de l'ONU, la CINA au profit de l'OACI, l'OIT survit mais passe sous l'autorité de l'ONU, enfin l'Organisation de l'Hygiène disparaît au profit de l'OMS en 1946.

Créée elle aussi au sortir d'un conflit majeur, l'OMS reprend le principe premier de son prédécesseur, à savoir la préservation de la paix : « La santé de tous les peuples est une condition fondamentale de la paix du monde et de la sécurité ; elle dépend de la coopération la plus étroite des individus et des États. »⁷⁸

Par ailleurs, reprenant la vision de « bien-être de l'humanité » initiée par la Fondation Rockefeller qui avait participé à la fondation de l'OH, elle édicte comme but « d'amener tous les peuples au niveau de santé le plus élevé possible »⁷⁹ en faisant porter la responsabilité de ce niveau de santé populationnel sur les gouvernements de chaque pays signataire.

Ainsi, d'une part la création de l'OMS marque les débuts d'une véritable systématisation de la santé publique jusqu'à l'échelon international, avec un objectif parfaitement défini, et avec des

76 *Medical Device Manufacturers Association*

77 *International Medical Device Regulators Forum*

78 Constitution de l'Organisation Mondiale de la Santé, 1946, p.1

79 Ibid p.2

rôles eux aussi définis pour chacun des acteurs institutionnels. Elle se définit constitutionnellement comme une « autorité directrice et coordonnatrice » pour ce qui est des travaux à caractère international. D'un point de vue plus opérationnel, ses fonctions sont larges, en particulier il s'agit pour elle r) « d'aider à former, parmi les peuples, une opinion publique éclairée en ce qui concerne la santé » ; s) « d'établir et réviser (...) la nomenclature internationale des maladies » ; t) de « standardiser, dans la mesure où cela est nécessaire, les méthodes de diagnostic » ; et enfin de « développer, établir et encourager l'adoption de normes internationales en ce qui concerne les aliments, les produits biologiques, pharmaceutiques et similaires ». ⁸⁰

Elle a donc une fonction normative et d'harmonisation des pratiques, dans une acceptation large incluant les modalités sociales, techniques, matérielles et organisationnelles. Celle-ci s'exerce d'abord dans la définition des fonctions essentielles de santé publique qui doivent être garanties par les gouvernements, elle s'exerce aussi à l'égard de la définition des « meilleures » pratiques médicales et des produits et dispositifs à destination de la médecine.

L'OMS, acteur collectif protéiforme, est donc sous la tutelle de l'ONU et des gouvernements qui ont participé à sa fondation et maintenant à son financement et son bon fonctionnement. Si elle peut apparaître comme un organisme ne régissant pas la santé publique de façon contraignante, on note à l'Article 20 de sa constitution que « chaque État Membre s'engage à prendre, dans un délai de dix-huit mois après l'adoption d'une convention ou d'un accord par l'Assemblée de la Santé, les mesures en rapport avec l'acceptation de telle convention ou de tel accord ». Il s'agit donc là d'une forme d'impératif catégorique s'appliquant à chaque membre, forme d'engagement éthique et surtout de participation responsable à la pérennité de l'organisation.

Pour autant, on relève sur le site institutionnel, dans la section portant sur la coopération avec les pays (membres) : « L'OMS coopère avec les gouvernements et d'autres partenaires pour mettre en œuvre des stratégies et plans nationaux de santé, ainsi qu'à la réalisation des engagements collectifs des organes directeurs de l'Organisation »⁸¹. Il y a donc une forme de dispositif sécuritaire qui s'exerce vis-à-vis des états membres dans un but d'observance des accords et règlements.

Les relations de pouvoir peuvent s'exercer à un autre endroit que dans le réseau même. Au titre de son rôle de définition des moyens et normes à mettre en œuvre pour la santé publique, elle est

⁸⁰ Ibid Chapitre II, Article 2, *Fonctions*, pp.2-3

⁸¹ <https://www.who.int/country-cooperation/fr/> consulté le 27/01/2020

un lieu d'intermédiation avec les représentants d'autres acteurs de l'industrie. Elle est alors aussi un lieu d'exercice de ces relations de pouvoir, de négociations, et d'ajustements des positions de chaque acteur.

Plus récemment, l'OMS a précisé la structure des modalités opératoires permettant de viser le bien-être et la santé durables. Cette structure est basée sur dix « Opérations essentielles de la Santé Publique » (*Essential Public Health Operations- EPHOs*) essentiels tournées vers la réalisation d'une bonne délivrance de trois catégories de services de santé publique : la promotion de la santé, la protection de la santé et la prévention des maladies.

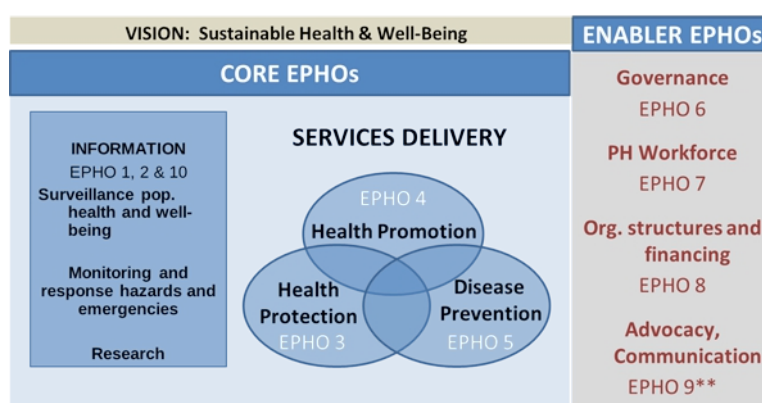


Figure 4 : Diagramme des Opérations Essentielles de Santé Publique – mettre à disposition les services de santé publique

Source : <http://www.euro.who.int/en/health-topics/Health-systems/public-health-services/policy/the-10-essential-public-health-operations>, consulté le 27/01/2020

© Organisation Mondiale de la Santé

Cette bonne délivrance est assurée d'une part par des dispositifs d'acquisition d'informations, de surveillance, de contrôle et de recherche et d'autre part par dispositifs -tournés vers l'action- de facilitation, de gouvernance, financement, communication, lobbying.

Chaque dispositif opérationnel implique donc le génération d'informations, leur traitement et leur transmission soit du bas de la hiérarchie systémique vers le sommet dans un sens d'acquisition d'informations par le système, soit du haut vers le bas, dans le sens de l'action, dans l'implémentation de normes de gouvernance, permettant les ajustements systémiques considérés

comme nécessaires, et dans la « délivrance » des services de santé publique.

Organisations régionales de Santé

voir constitution articles 44-50 p.11-12

L'OMS est secondée dans ses fonctions par six comités et bureaux régionaux dédiés⁸² tel la PAHO (Pan American Health Organization)⁸³, et 149 bureaux dits « de terrain » couvrant l'ensemble des pays membres.

Le chapitre XI de la constitution définit les modalités relationnelles de l'OMS avec ses comités et bureaux régionaux ou locaux. Ainsi les comités sont en charge des relations avec organes gouvernementaux, mais aussi avec les antennes régionales de systèmes parallèles et en particulier l'ONU, et en charge de l'acquisition et du traitement des informations à leur échelle de façon à délivrer des avis, prescriptions, à la fois vis-à-vis des autorités locales de santé publique et vis-à-vis de l'OMS. Ces antennes régionales et locales sont donc une forme de courroie de transmission permettant d'une part de collecter, traiter et transmettre des données provenant du terrain et d'autre part, de transmettre les directives de l'OMS vers le terrain auprès soit des organes locaux de santé publique, et encore de faciliter les flux d'informations entre acteurs présents à ce niveau de l'arborescence, à la fois dans le réseau propre à l'OMS et dans les réseaux parallèles, soit de l'institution mère, l'ONU, soit d'autres sous-réseaux de la santé publique.

Le cas de l'Europe est un peu à part dans la mesure où l'Union Européenne s'est dotée en sus d'une organisation régionale propre. Ainsi, les préconisations de l'OMS sont transmises, complétées, amendées par la Commission Européenne chargée de la Santé et de la Sécurité Alimentaire. D'un autre côté, « les pays membres de l'UE⁸⁴ sont en grande part responsables de l'organisation et de l'offre de services de santé et de soins médicaux. (...) Le rôle de la Commission européenne est d'appuyer les efforts déployés par les pays de l'UE pour protéger et améliorer la santé de leurs citoyens et pour garantir l'accessibilité, l'efficacité et la résilience de leurs systèmes de santé. Pour cela, la Commission:

- propose des dispositions législatives;
- fournit un soutien financier;
- coordonne et facilite l'échange de bonnes pratiques entre les pays de l'UE et les experts

82 Afrique, Amériques, Asie du Sud Est, Europe, Méditerranée Orientale, Pacifique Occidental

83 Anciennement Organisation sanitaire panaméricaine, intégrée à l'OMS en 1958

84 Union Européenne

dans le domaine de la santé;

- mène des activités de promotion de la santé. »⁸⁵

L'UE peut par ailleurs adopter certains actes législatifs dans le domaine de la santé. Par ailleurs, le Conseil de l'UE peut également adresser des recommandations sur la santé publique aux pays membres.

Plus qu'un organe disciplinaire, à l'échelle d'un territoire politiquement défini, il s'agit donc d'un dispositif d'harmonisation des pratiques médicales et plus largement de santé ainsi que de financement de la transformation des systèmes de santé nationaux. La relation de pouvoir que l'UE entretient avec les systèmes de santé nationaux est donc ambiguë, avec certes une capacité législative limitée mais un pouvoir normatif clairement établi. En particulier pour le cas que nous avons évoqué précédemment de la régulation des dispositifs médicaux, un tel processus normatif est porté par la Commission Européenne en charge de la santé qui transmet la directive avalisée aux systèmes nationaux de santé pour sa transcription dans les droits nationaux. Par la force juridique de la norme européenne d'un label « CE » commun de conformité technique, il y a un nécessaire ajustement des normes nationales. La relation de pouvoir de l'UE est donc bien présente au niveau normatif.

Organisation nationale de la santé (France)

a. Institutions étatiques

Aujourd'hui, en France, le Ministère des Solidarités et de la Santé est en charge des questions de Santé. Il est épaulé en cela par la Direction Générale de la Santé (DGS) en tant qu'entité administrative en charge de la santé sous l'autorité officielle du politique. La DGS est épaulée dans ses missions par des institutions centralisées spécialisées.

En particulier, pour ce qui est de la gouvernance des établissements hospitaliers, la Direction Générale de l'Offre de Soins⁸⁶ « est chargée de la programmation de l'offre de soins et des investissements hospitaliers, de la gestion des statuts et de la formation des personnels hospitaliers, ainsi que de l'organisation des établissements hospitaliers » ; la Direction Générale de l'Action Sociale « pilote la mise en œuvre des politiques d'action sociale en direction des personnes ou des groupes en difficulté sociale » ; le contrôle et l'évaluation des politiques mises en œuvre est assuré par l'Inspection Générale des Affaires Sociales ; la Haute Autorité de Santé⁸⁷ « est chargée

85 https://ec.europa.eu/health/policies/overview_fr, consulté le 04/01/2020

86 DGOS

87 HAS

d'évaluer l'utilité médicale de l'ensemble des actes, prestations et produits de santé pris en charge par l'assurance maladie, de mettre en œuvre la certification des établissements de santé et de promouvoir les bonnes pratiques et le bon usage des soins auprès des professionnels de santé et du grand public » ; l'Agence nationale de l'évaluation et de la qualité des établissements et services sociaux et médico-sociaux « établit les référentiels de qualité pour les professionnels et est chargée de l'évaluation des prestations offertes dans les établissements sociaux et médico-sociaux »⁸⁸⁸⁹.

L'assurance-maladie est par ailleurs en charge du financement.

La DGS, administration centralisée, s'appuie par ailleurs sur les Agences Régionales de Santé (les ARS) pour le pilotage des programmes de santé en région.

Par ailleurs, d'autres instituts centralisés, directement sous la responsabilité de la DGS, sont en charge de sujets très spécifiques tels que la sécurité⁹⁰, le cancer⁹¹, ou encore l'éthique⁹².

Ainsi, le schéma organisationnel de la gouvernance hospitalière s'articule plus précisément comme suit :

88 ANESM

89 Pour toutes ces missions, voir: <https://www.hopital.fr/Nos-Missions/L-hopital-au-sein-de-l-organisation-generale-de-la-sante/Les-institutions-du-systeme-de-sante-francais#63611>, consulté le 05/01/2020

90 Au-delà de la HAS, l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) pour le suivi de la santé de la population et encore l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament (ANSM)

91 Institut National du Cancer (INCa)

92 Comité Consultatif National d'Ethique (CCNE), Agence de la Biomédecine

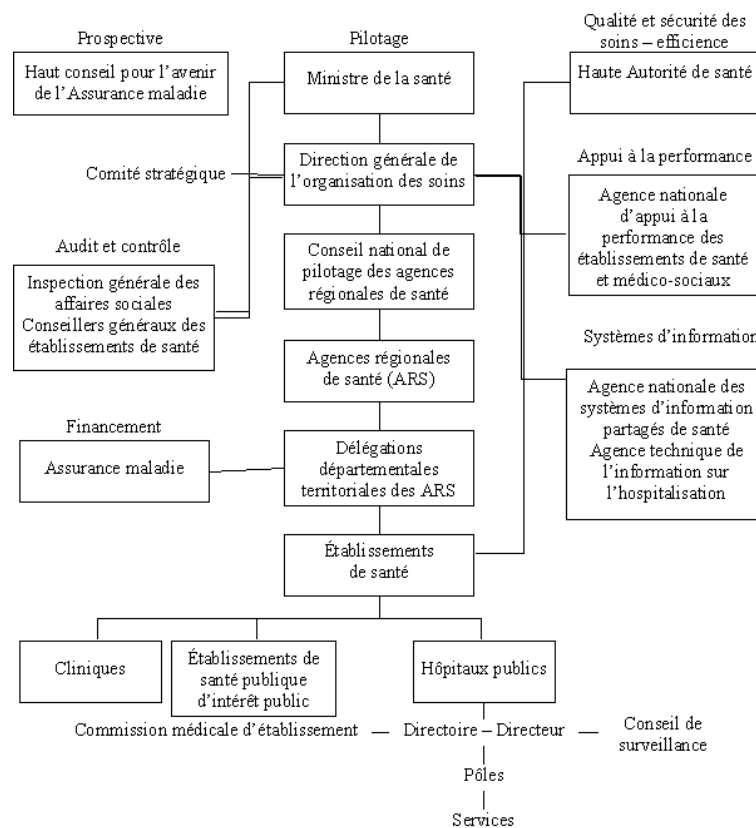


Figure 5 : Rapport d'Information du 26 Mai 2010, Paragraphe II.A.1.a. (Assemblée Nationale)

Source : <http://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-info/i2556.asp>, Consulté le 02/01/2020

La technologie de pouvoir sur la santé, de gouvernance d'un système de contrôle populationnel se fonde donc sur une décomposition de la gouvernance en quatre fonctions techniques majeures de programmation, financement, pilotage et contrôle/évaluation, puis sur un maillage géographique de l'espace géographique par une délégation de ce pouvoir vers les ARS. Chaque fonction est exercée par un nœud du réseau, lui-même décomposé fonctionnellement, techniquement, hiérarchiquement. Il s'agit bien là d'un modèle d'ingénierie de gouvernance politique, d'exercice rationalisé d'une technologie de pouvoir exercé sur une population, mais technologie de pouvoir qui s'exerce aussi en son propre sein.

b. Enseignement et recherche publique

D'autres acteurs, tout aussi importants, et pour certains déjà évoqués, sont présents dans le maillage du réseau de la santé publique, à l'intersection avec d'autres systèmes normatifs.

L'enseignement de la médecine, nous l'avons vu, est sans doute l'objet de la première institution

médicale en France à travers l'université de médecine de Paris, puis la Faculté. Dans le système actuel, et à l'instar de la recherche publique, cet acteur est à l'intersection entre le système de santé publique et le système de l'enseignement supérieur et de la recherche.

c. Institutions non-étatiques

Le système de santé est aussi articulé autour d'institutions non-étatiques permettant d'assurer la représentation de l'ensemble des acteurs de l'environnement du système de santé : à la fois les professionnels de la pratique médicale, et les professionnels en relation avec la pratique médicale⁹³ des patients, mais aussi les patients et leurs familles.

– Représentation des médecins

La corporation des médecins (au sens large) est représentée à plusieurs titres.

Cette représentation est réalisée d'une part par l'Ordre des Médecins et Conseil National qui a été créé en 1943 puis transformé après la guerre en 1945. Il est issu du Conseil Supérieur de l'Ordre des Médecins, lui-même créé en 1940.

L'Ordre est un organisme collégial privé chargé d'une mission de service public : « L'Ordre national des Médecins veille au maintien des principes de moralité, de probité et de dévouement indispensables à l'exercice de la médecine et à l'observation, par tous ses membres, des devoirs professionnels ainsi que des règles édictées par le Code de déontologie »⁹⁴. Ce maintien de principes fondateurs est assuré, d'une part par l'obligation faite à chaque médecin d'être inscrit au Tableau de l'Ordre pour pouvoir exercer, d'autre part, par la soumission de chaque médecin inscrit à une juridiction ordinaire dont la responsabilité est « de sanctionner d'éventuels manquements commis par les médecins aux règles de la déontologie »⁹⁵.

Le rôle d'ordre supérieur du Conseil National est un rôle de coordination interne de l'Ordre et d'être l'interlocuteur des pouvoirs publics. Le Conseil National est de fait aussi dans un rôle de représentation des médecins dans leur relation avec l'ensemble des autres acteurs systémiques.

Cet ordre des médecins est donc un dispositif interne normatif d'harmonisation des pratiques, tant d'un point de vue technique que d'un point de vue déontologique, cette normativité s'exerce normalement de façon sécuritaire, laissant à chaque médecin une forme de latitude dans leur

93 Laboratoires pharmaceutiques, fournisseurs de dispositifs médicaux, ...

94 Article L4121-2 du Code de la Santé Publique

95 <https://www.conseil-national.medecin.fr/lordre-medecins/linstitution-ordinaire/juridiction-ordinaire>, consulté le 05/01/2020

pratique, mais elle peut s'exercer sous une forme souveraine, juridictionnelle. C'est aussi un dispositif de représentation et de mise en réseau des médecins d'un point de vue systémique en permettant leur mise en relation avec les autres acteurs du système. Plus encore, la mission de service public dont l'Ordre est le dépositaire en fait un dispositif de délégation du contrôle étatique sur le corps des médecins.

Mais dans un sens de représentation autonome des médecins, le Conseil de l'Ordre peut aussi constituer une position de pouvoir qu'elle exerce dans l'intérêt de la profession qu'elle représente. Il s'agit bien aussi d'être au service de ses membres et de défendre leurs intérêts au sein du système de santé publique.

Les médecins peuvent aussi, de façon non contraignante, appartenir à des sociétés professionnelles, privées et sans délégation de service public, représentant en particulier leurs spécialités d'exercice. Pour ce qui est des dermatologues, ils sont représentés par la Société Française de Dermatologie (SFD), ou encore le Syndicat National des Dermatologues-Vénérologues (SNDV).

– Représentation des fournisseurs de médicaments et de matériels médicaux

Les fournisseurs de médicaments, matériels, solutions informatiques sont eux aussi regroupés en fonction des spécificités des produits qu'ils fournissent au système de santé publique.

Par exemple, les laboratoires pharmaceutiques, fournisseurs de médicaments en tant que solutions thérapeutiques sont (entre autres) regroupés sous l'égide de l'IFPMA⁹⁶ et/ou de la DIA⁹⁷ à l'échelon international, de l'EFPIA⁹⁸ en Europe, de la PhRMA⁹⁹ aux États-Unis, associations auxquelles il faudrait ajouter les associations plus dédiées à la recherche, au développement et à la production de solutions en biotechnologies.

Pour ce qui est des dispositifs médicaux, nous avons évoqué précédemment l'IMDRF à l'échelon international.

Ces associations professionnelles ont pour double objet la défense des intérêts de leurs adhérents et de l'industrie qu'ils représentent.

96 *International Federation of Pharmaceutical Manufacturers and Associations*

97 *Drug Information Association*

98 *The European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations*

99 *The Pharmaceutical Research and Manufacturers of America*

L'IFPMA mentionne explicitement cinq objectifs majeurs¹⁰⁰ : au-delà de (1) la capacité à répondre aux enjeux sociétaux, donc à la demande du marché, il s'agit pour eux de (2) favoriser la découverte de nouveaux médicaments, de (3) promouvoir l'innovation ; dans cette économie de l'offre, il s'agit donc pour eux parvenir rendre cette offre innovante acceptable et donc de (4) « renforcer » les systèmes de régulation et de (5) construire la confiance.

La profession de foi de l'IMDRF est beaucoup plus lapidaire puisqu'elle limite le spectre de son activité à l'harmonisation internationale des systèmes de régulation portant sur les dispositifs médicaux¹⁰¹.

Nous retiendrons néanmoins deux objectifs de ces associations professionnelles qui nous semblent particulièrement importants : d'une part entretenir une position de pouvoir suffisante dans leurs interactions au sein du (macro)système de santé publique pour leur permettre de peser sur les mécanismes de régulation, d'autre part « construire » la confiance, ce qui sous-tend créer les conditions d'acceptabilité d'innovations, mettre en œuvre un discours, une narration de l'innovation qui accompagne son émergence de façon à la rendre acceptable par les autres acteurs du système (patients et public en tant que patients potentiels y compris). Il s'agit donc d'établir, de maintenir, voire de développer, une position de pouvoir à la fois par sa capacité à réaliser les attentes du système mais aussi, par sa capacité à dé-montrer une forme de domination technique et épistémologique dans l'émergence d'innovations qui peuvent être des innovations de rupture.

– Représentation des patients et de leurs familles

Les patients et leurs familles sont regroupés en fonction de leur intérêt particulier pour certaines pathologies et/ou familles de pathologies.

Pour le thème qui nous intéresse dans cette recherche, notons qu'il existe de très nombreuses associations portant sur les pathologies cutanées et en particulier sur le mélanome telles l'Association Mélanome France¹⁰², l'Association Mélanome sans Angoisse¹⁰³, ...

Ces associations, à but non lucratif, ont généralement été créées par des patients et/ou leurs proches à destination de patients et de leurs proches. Elles œuvrent, par l'écoute et l'accompagnement, en faveur des personnes atteintes de mélanome et de leurs proches et pour la défense des intérêts des malades dans leur prise en charge au sein du système de santé. Par ailleurs,

100<https://www.ifpma.org/topics/>, consulté le 05/01/2020

101<http://www.imdrf.org/>, consulté le 05/01/2020

102<http://melanomefrance.com/>, consulté le 05/01/2020

103<http://www.melanome-amesa.com/>, consulté le 05/01/2020

il y a un chevauchement de leurs objectifs avec les objectifs institutionnels dans le soutien à la recherche et aussi dans l'information et la promotion d'une meilleure prévention, d'un meilleur dépistage des lésions mélaniques. Pour autant, si il peut y avoir une visée commune, les associations de patients et le système institutionnel ont des modalités de fonctionnement très différentes. Les associations fonctionnent sur un mode horizontal, communautaire, par la responsabilisation individuelle, l'auto-gouvernance, lorsque les dispositifs mis en œuvre par le système institutionnel sont principalement verticaux, sur le mode ancien de l'injonction moralisatrice propre à l'éducation sanitaire.

3. Mise en système

Dans l'articulation d'un système médical que nous venons de décrire sont apparus deux concepts connexes mais néanmoins différents : la médecine et la santé publique. Ils sont certes structurés autour du même concept général de santé, mais les périmètres qu'ils assignent chacun à ce concept et l'action qu'ils engagent ne se superposent pas : médecine technique portée par des médecins vers la santé individuelle, santé publique portée par des institutions politisées vers la gestion d'une santé populationnelle, ce qui leur assigne *de facto* à la fois des fonctions et des objectifs différents. Comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, ils ne sont pas non plus structurés et institutionnalisés de la même façon, et n'agissent pas sur les mêmes dispositifs ; l'un, la médecine, à partir de dispositifs d'action locale sur le réel pathologique, impliquant savoirs, savoir-faire, et infrastructure organisationnelle et matérielle pour la réalisation de la mission de soin ; l'autre, la santé publique, à partir de dispositifs de gouvernance politique. Cette gouvernance a pour objet à la fois les populations et les sous-systèmes dans une démarche de régulation, de mise en place de normes et réglementations portant tant sur les pratiques médicales que sur les comportements individuels pris collectivement.

Pour ce qui est de la médecine, les chapitres précédents font apparaître l'émergence très ancienne du champ technique mais une lente évolution des disciplines médicales et en particulier de la prise en compte des maladies de peau sur une période allant de l'Antiquité jusqu'au XVIII^e siècle. Cette lente évolution est à mettre en regard d'un moment de faible institutionnalisation et finalement de non constitution de la médecine en tant que système ; les flux d'informations

concernant la science médicale et la matérialité de la pratique médicale existent certes, mais sans réelle systématisation, sans véritable réseau facilitateur de ces flux, de sorte que la production d'innovations tant techniques que scientifiques peine à s'inscrire de façon normative dans l'espace des usages des médecins. Le territoire d'exercice de la discipline médicale est dès lors peu apte à se transformer, ses frontières disciplinaires ne sont fermement établies qu'à partir du XVIII^e siècle. Jusqu'à ce moment, la médecine est certes un champ disciplinaire nécessaire pour faire face aux pathologies, aux défaillances et déficiences corporelles, et en particulier celles des princes. C'est cette action sur le réel -produite par le médecin- qui assure sa pérennité, mais elle n'a pas encore généré les conditions structurelles de sa régénérescence et de son développement.

C'est bien l'émergence de sociétés savantes, de l'Académie de Médecine en particulier, offrant une forme de certification des recherches et facilitant la diffusion de leurs résultats, et l'apparition concomitante de nouvelles doctrines de gouvernance politique de la santé qui modifie foncièrement cette discipline en lui attribuant un embryon d'infrastructure à partir du XVIII^e siècle. Il s'agit là d'un moment d'innovation « technique » dans la structuration et l'organisation de la médecine, et aussi dans la création d'instances centrales permettant l'organisation des flux d'informations à la fois sur un territoire réticulaire national et à l'échelle internationale.

Ce moment est fondateur dans la mesure où il ne s'agit plus alors d'un simple champ de production « technique » de soins, générateur d'actions sur le réel pathologique, mais d'un système dont les instances sont organisées et en interconnexion, auquel les acteurs sont intégrés après que leur légitimité ait été formellement définie. Ce système s'appuie sur la structuration d'une géographie de pouvoir distribuée entre Faculté, Académie de Médecine, Hôpitaux et médecins, acteurs individuels qui les composent. Il s'appuie aussi sur un réseau d'inter-relations organisé autour d'une véritable stratégie de communication, facilitant et réglant la circulation d'informations, de normes relevant des pratiques, de savoirs et de savoir-faire, mais aussi de matériels, dans un objectif final de rationalisation de la production de soins.

En parallèle de la mise en système organisé de la médecine émerge le concept de santé populationnelle, qui devient une sorte d'innovation technico-politique une fois entérinée sa prise en charge à travers la création d'instances centrales chargées de lutter contre les épidémies. En reprenant la généalogie des systèmes techniques telle que définie par Tom Hughes (1993), le XIX^e siècle puis le tout début du XX^e siècle correspondent à une première phase d'expansion.

A partir de 1920 et la première véritable institutionnalisation internationale de la santé publique avec l'OH, il y a transformation du système de santé publique, à travers une volonté stratégique de facilitation et d'amplification des flux d'informations entre systèmes nationaux. Les crises sanitaires de la grippe espagnole et du typhus en Pologne et l'incapacité du système existant à les gérer, forment un saillant inversé¹⁰⁴. Ce saillant inversé ne fait finalement que renforcer la systématisation de la santé publique dont le principe n'est pas remis en cause. On passe alors d'un système collaboratif où les institutions nationales mettent en commun leurs informations, leurs efforts mais sans coordination efficace, à un macro-système de dépassement des frontières politiques et économiques propres aux systèmes nationaux.

Le système de santé public contemporain fait apparaître d'une part un réseau global complexe, correspondant à un maillage à la fois géographique, thématique et fonctionnel de ce que nous pouvons certainement appeler la société de la santé. Ce maillage et les relations dont il est le siège sont constitutifs d'une infrastructure socio-technique régissant la gouvernance de la santé publique. L'espace de la gouvernance de la santé a été ainsi cartographié, mis en réseau de façon à ce que chaque nœud du réseau se voit attribuer à la fois des fonctions précises, mais aussi un schème de relations avec les autres nœuds, relations informationnelles permettant la circulation d'informations et de connaissances. C'est cette structuration institutionnelle par un réseau d'interrelations, mettant chaque acteur individuel ou collectif, dans une relation de dépendance vis-à-vis d'un maillage complexe qui assure la fluidité des échanges d'informations, le bon fonctionnement général du système, et *in fine* assure l'atteinte d'objectifs stratégiques nécessaires à sa croissance.

Au sein de cette organisation, la médecine peut sans doute être envisagée sous l'angle même d'un dispositif qui serait assujetti aux objectifs systémiques de santé publique. Si nous considérons que la médecine, sous sa forme institutionnalisée, est un système, elle est alors un sous-système du système de la santé publique dont la réalisation des objectifs nécessite la bonne fin des fonctions assignées à la médecine. Cet assujettissement donne aussi lieu à une forme d'interdépendance de l'un vis-à-vis de l'autre, dans les flux d'informations, de directives, de normes qui prennent place entre les deux acteurs.

104 *Reverse salient* selon la terminologie de Hughes (1993)

In fine, cette mise en système doit nous permettre de structurer notre enquête sur les enjeux relatifs à l'implémentation d'une innovation technique au sein du macro-système de santé publique et de comprendre d'un point de vue systémique à quels objectifs de quels acteurs cette innovation doit répondre. Les acteurs impliqués sont bien entendu ceux du sous-système de la médecine, en prise directe avec le réel dont les objectifs sont ceux d'une efficacité technique et éthique individuelle ; il s'agit aussi du macro-système dans sa globalité avec ses objectifs de santé populationnelle, d'accessibilité générale à un système de soins de qualité ; il s'agit enfin des fournisseurs de telles innovations médicales, regroupés au sein d'instances systémiques dont l'objet est le progrès comme vecteur de croissance économique, de leurs entreprises et de leur système et dans une stratégie incluant l'amélioration de leur position de force au sein du MSSP. Il s'agira donc au final d'analyser quelle résolution de rapports de force et quels ajustements ont été ou seraient nécessaires afin de conclure favorablement cette implémentation.

Cancers de la peau et mélanomes : un problème de santé publique

1. Accélération de la recherche

Le graphique Ngram ci-dessous figure la fréquence d'occurrence dans un corpus anglophone des mots, *melanoma* (mélanome), *melanosis* (mélanose), *skin cancer* (cancer de la peau) sur une période allant de 1800 à 2008 et sans distinction de casse.

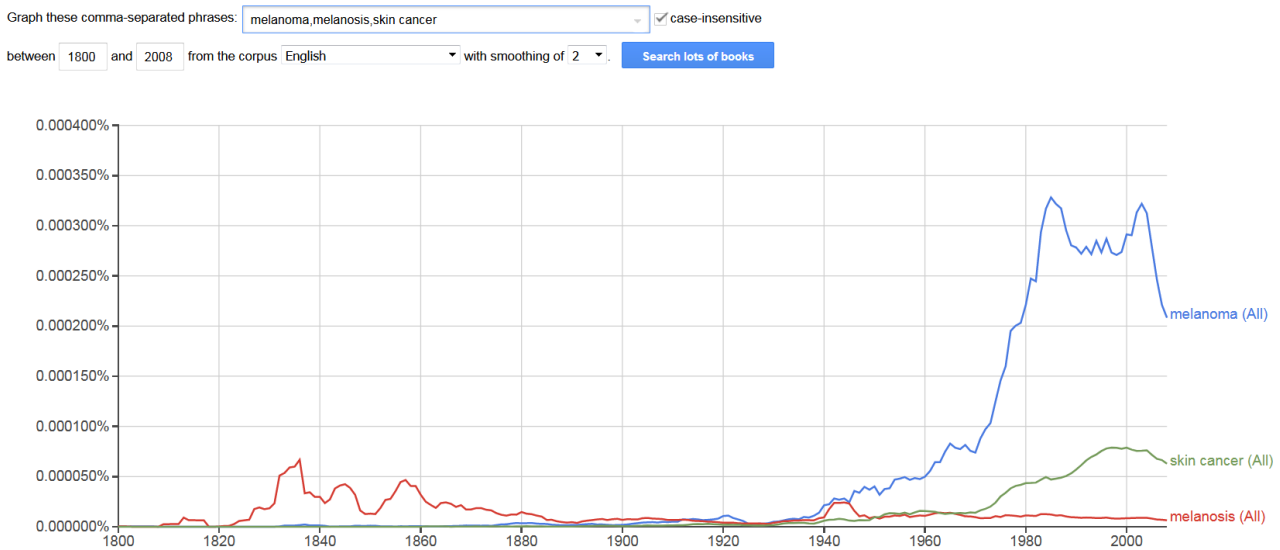


Fig 6 : Graphique Ngram, figurant la fréquence des termes *melanoma*, *melanosis*, *skin cancer*

Requête faite sur Google Books Ngram Viewer© le 26/12/2018

Ainsi, nous retrouvons l'importance de la mélanose en tant qu'objet de recherche au XIX^e siècle¹⁰⁵. À noter que si la mélanose est aujourd'hui une pathologie distincte¹⁰⁶ du mélanome, il y a, au cours de ce siècle, une confusion certaine entre les deux terminologies « mélanose » et « mélanome »¹⁰⁷, le terme de mélanose étant d'ailleurs manifestement plus utilisé.

Ce diagramme met aussi parfaitement en évidence l'accent mis sur la recherche sur le mélanome, dès après la seconde guerre mondiale et la soudaine accélération de cette recherche à partir des années 1970-1980, et une nouvelle période de croissance au début des années 1980, à un moment où la lutte contre les maladies infectieuses semble être victorieuse.

Cette montée en puissance, et les financements qu'elle implique, est le signe d'une prise de conscience du coût significatif de cette pathologie et d'une volonté systémique nouvelle de mieux la comprendre afin de peut-être dans un premier temps l'éradiquer¹⁰⁸, et dans un deuxième temps à tout le moins d'en organiser et minimiser le risque.

2. Épidémiologie : Une pathologie en expansion

À partir de l'après guerre, donc, émerge une véritable prise de conscience de l'importance d'étudier précisément les cancers de la peau et en particulier les mélanomes.

Ces recherches prennent la forme à la fois de recherches en biologie portant sur la pathogenèse du mélanome, la compréhension de la maladie dans la normalité de son émergence et de ses développements biologiques. Et ces recherches prennent aussi la forme d'études épidémiologiques permettant de dénombrer et localiser l'émergence des cas et la mortalité induite mais aussi d'évaluer leurs conditions environnementales d'émergence, donc de définir les facteurs de risque, les populations à risque.

Un point de démarrage de ces recherches épidémiologiques est fixé par McKie (1984) à 1950, année en deçà de laquelle les mélanomes entraient encore indistinctement dans la catégorie générale des cancers de la peau¹⁰⁹. Cette distinction qui est faite, à partir de 1950, entre les

105Pas seulement en tant que lésions cutanées, nous l'avons vu

106<https://sante-guerir.notrefamille.com/sante-a-z/melanose-melanose-o295756.html>, consulté le 07/01/2020 :

« Il s'agit d'une affection de la personne âgée qui se caractérise par l'apparition sur le visage, les paupières, le front ou sur le cuir chevelu de taches brunes, café au lait ou noirâtres. »

107Le meilleur exemple en est l'utilisation du terme par Laënnec lui-même.

108Comme les maladies infectieuses

109MacKie (1984, p.1)

mélanomes et d'autres formes de cancers cutanés¹¹⁰, fait changer le mélanome de statut : d'objet de recherche depuis le XIX^e siècle, il devient objet de surveillance, de mise en statistiques à travers les premières études d'incidence spécifiques¹¹¹ aux mélanomes. Il y est déjà fait état des rayons solaires comme facteurs de risque et les personnes à peau blanche comme population à risque. Ce facteur de risque est plus encore mis en évidence par Fitzpatrick (1975, 1988) dans son établissement d'une classification de phototypes mettant en relation phénotypes et réponse de la peau au soleil¹¹². Le tableau ci-dessous a été établi en complétant la classification créée en 1975 par les travaux de mise en corrélation avec le risque de mélanome par Ravnbak (2010).

Phototype de Fitzpatrick	Phénotype	Eumélanine épidermique	Réponse cutanée aux UV	MED (mJ/cm ²)	Risque de mélanome
I	La peau non exposée est très blanche. Yeux bleu/vert typiques. Tâches de rousseur fréquentes. Nord de l'Europe – britannique.	+/-	Brûle toujours. Pèle. Ne bronze jamais.	15-30	++++
II	La peau non exposée est blanche. Yeux bleu/noisette/marron. Cheveux roux/blond/châtain. Européen – Scandinave.	+	Brûle facilement. Pèle. Bronze peu	25-40	+++ / +++ +
III	La peau non exposée est claire. Yeux marron. Cheveux foncés. Sud ou centre de l'Europe.	++	Brûle de façon modérée. Bronze moyennement	30-50	+++
IV	La peau non exposée est brun clair. Yeux foncés. Cheveux foncés. Méditerranéen, asiatique, latino.	+++	Brûle peu. Bronze facilement	40-60	++
V	La peau non exposée est brune. Yeux foncés. Cheveux foncés. Indien, indien (USA), latino, africain.	++++	Ne brûle que très rarement. Bronze facilement	60-90	+

110Carcinomes basocellulaires et carcinomes épidermoïdes

111 Voir Lancaster (1956)

112 À noter que la *Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency* a depuis mis en place un algorithme permettant de calculer le phototype d'un individu, à ce sujet, voir : https://www.arpana.gov.au/sites/default/files/legacy/pubs/RadiationProtection/FitzpatrickSkinType.pdf?acsf_files_redirect, consulté le 05/03/2020

VI	La peau non exposée est noire. Yeux foncés. Cheveux foncés. Africain, aborigène.	++++++	Ne brûle quasiment jamais. Bronze très facilement et abondamment	90-150	+/-
----	--	--------	--	--------	-----

Figure 7 : Phototypes de Fitzpatrick¹¹³

Source : Traduit de D'Orazio et al (2011, p.50)

McKie poursuit son exposé en faisant un état des lieux des résultats des études épidémiologiques à date. Il expose la variabilité géographique de l'incidence du mélanome : les zones les plus exposées sont celles ayant un taux d'ensoleillement important, où l'on pratique des activités de plein air, en particulier l'Australie et la Nouvelle-Zélande. L'augmentation du nombre de cas incidents est corrélée avec l'accès aux congés. L'incidence du mélanome est considérée comme peu corrélée au sexe de l'individu mais par contre corrélée à son âge croissant. Pour autant, l'étude des mélanomes dans leur nosographie propre met en évidence des contradictions remettant en cause un modèle de risque trop réducteur. Le cas particulier des mélanomes non lentigineux montre lui des cas incidents principalement chez des individus de 40 à 60 ans, donc moins âgés que dans les autres cas, et surtout sans exposition au soleil.

En filigrane, cet état des connaissances de 1984 met certes en évidence la dangerosité incidente de la pathologie, il exprime aussi à la fois une forme de certitude partielle quant au statut de facteur étiologique des UV solaires, mais sans établir s'il s'agit d'un facteur d'ordre cumulatif ou basé sur des épisodes ponctuels de surdose. Quant à la genèse de la pathologie, les différentes formes de *nævi* mélanocytaires bénins¹¹⁴ sont considérés comme possible phase préalable de leur « contrepartie » maligne, sans pour autant qu'une explication autre que statistique ne soit apportée.

Devant cette mise en évidence de lacunes quant aux connaissances sur les mélanomes, McKie conclue en rappelant une augmentation « alarmante » du nombre de cas incidents et en appelant à 20 ans de recherche « intenses et précises pour essayer de définir exactement les facteurs de risque qui permettront la structuration de campagnes d'éducation raisonnées et bien informées »¹¹⁵.

113 Minimal erythematous dose (MED) : quantité minimum d'UVB causant un coup de soleil et une inflammation 24h après exposition.

114 *Nævi* congénitaux, acquis ou dysplastique

115 Op.cit. p.7 : « There is therefore a great need during the next 20 years for intense and accurate epidemiological studies to try to pinpoint risk factors which will enable sensible and informed public education campaigns to be mounted. »

Force est de constater que l'appel de McKie a été suivi des faits. Pendant la période qui suit, de nombreuses études épidémiologiques ont été menées permettant de tirer des conclusions chiffrées sur la progression de la pathologie. Ainsi, la « *American Cancer Society* »¹¹⁶ évalue le nombre global de nouveaux cas déclarés, aux États-Unis, de cancers de la peau à 95360 pour l'année 2017¹¹⁷ dont 87110 (91%) sont des mélanomes. Les statistiques relatives de mortalité sont d'environ 10 000 décès.

Au-delà de cette photographie ponctuelle, ces chiffres apportent par ailleurs une évaluation de la l'évolution de l'incidence de cette pathologie dans le temps. En France, la progression est particulièrement significative, le nombre de cas incidents annuels étant passé de 786 en 1980 à 5429 en 2012 pour ce qui concerne les hommes¹¹⁸ soit une multiplication du nombre de cas par un coefficient supérieur à 7 lorsque la mortalité est passée de 299 à 954 pendant la même période.

Il y a donc eu une très forte progression du nombre de cas incidents, de fait la deuxième plus forte progression dans une classe de cancers après les cancers du poumon. Il s'agit bien donc de la confirmation du problème de santé publique déjà évoqué par McKie en 1984. Et celui-ci s'est amplifié dans les deux décennies suivantes.

Par ailleurs, il y a eu aussi une amélioration de la prise en charge thérapeutique, le nombre de décès par incidence passant d'une mortalité de 38% à moins de 18%.

Comment sont expliqués ces deux phénomènes ?

Pour ce qui est de l'augmentation des cas incidents, à l'instar de McKie (1984) ou du rapport de l'ACS (2017), le phénomène s'explique principalement par des changements de comportements ne tenant pas compte des facteurs de risque favorisant l'apparition d'un mélanome, en particulier la surexposition au soleil.

Pour ce qui est de la diminution du ratio mortalité/incidence, elle est expliquée, toujours dans le rapport de l'ACS, notamment par une meilleure prévention, à travers l'éducation des populations

116ACS

117American Cancer Society, *Cancer facts and Figures 2017*, téléchargé le 25/09/2018 @ 10:40
<https://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/research/cancer-facts-and-statistics/annual-cancer-facts-and-figures/2017/cancer-facts-and-figures-2017.pdf>

118Institut National du Cancer, Fiche de synthèse, *Évolution de l'incidence estimée du mélanome cutané de 1980 à 2012*, téléchargé le 25/09/2018 @ 10:40
<http://lesdonnees.e-cancer.fr/Themes/Types-de-cancer/Le-melanome-cutane/L-essentiel-des-donnees-le-melanome-cutane>

à risque ainsi qu'une meilleure détection précoce du mélanome dans une phase non maligne.

Encore aujourd'hui, les deux dispositifs de prévention et de détection mentionnés ci-dessus sont les deux leviers sur lesquels les systèmes nationaux et internationaux de santé publique peuvent jouer et ainsi accomplir leur rôle biopolitique de gouvernance du vivant. C'est le cas en France, au regard de la priorité énoncée par la HAS d'amélioration de la qualité en santé¹¹⁹, certes dans sa dimension médicale d'amélioration des pratiques et sécurité des soins¹²⁰, mais aussi « la nécessaire reconnaissance d'une plus grande participation des patients et citoyens en santé »¹²¹, de façon à mettre ou remettre le patient au cœur de sa santé.

Il s'agit donc à la fois d'essayer de rendre les campagnes de prévention et d'éducation à la santé cutanée plus efficaces de façon à réduire le risque de l'incidence, et aussi d'optimiser la détection précoce de façon à réduire la mortalité. Prévention et éducation semblent aller de soi dans leurs dimensions informatives sur la pathologie et les comportements et pratiques à risque, à destination du grand public, des patients en puissance. Quant à l'optimisation de la détection précoce, elle peut s'entendre à deux niveaux différents : d'une part promouvoir et faciliter l'accès à la détection, pour tous, sans discrimination de lieu ou de critère socio-économique ; d'autre part optimiser la qualité des diagnostics posés de façon à minimiser le risque de non-détection, sans que cette qualité de détection soit dépendante de l'endroit ou du médecin. Ces campagnes sont donc à prendre à la fois dans leurs technicités propres, dans la transformation du tissu relationnel du patient, mais aussi au sein d'un système de santé publique au sein duquel elles participent à la fonction de qualité et de sécurité de la santé.

3. Prévention et Éducation à la santé cutanée

3.1. Fabrique de campagnes de prévention¹²²

La prévention sur laquelle les systèmes de santé s'appuient depuis quelques décennies est de

119Haute Autorité à la Santé, *Rapport d'analyse prospective 2018, De nouveaux choix pour soigner mieux*, Septembre 2018, p.23 : « Consolider les démarches d'amélioration de la qualité en santé »

120Haute Autorité à la Santé, *Amélioration des pratiques et sécurité des soins, La sécurité des patients : Mettre en œuvre la gestion des risques associés aux soins en établissement de santé, Des concepts à la pratique*, Mars 2012

121Haute Autorité à la Santé, *Rapport d'analyse prospective 2018, De nouveaux choix pour soigner mieux*, Septembre 2018, p.61

122Berlivet Luc (2004, pp 51-65).

deux ordres, en fonction de son espace d'intervention.

Celle-ci peut être définie dans l'espace social, en particulier par l'intermédiaire de campagnes de sensibilisation et d'éducation à la santé cutanée. Ainsi que Berlivet (2004) le rappelle, ce type de campagnes, déjà en germe dans la Constitution de l'OMS de 1946¹²³, a été mis en avant à partir des années 1970 et le mandat ministériel de Simone Veil en France, et plus encore depuis la conférence d'Alma-Ata de 1978 sur les « soins de santé primaires »¹²⁴. Y sont prônées une plus grande responsabilisation de l'individu vis-à-vis de sa propre santé, grâce à des campagnes horizontales structurées autour de dispositifs publicitaires. Il s'agit là de convaincre les populations¹²⁵ -et principalement les populations à risque- de l'importance d'une auto-prise en charge de leur santé cutanée et d'une limitation de la soumission à des facteurs de risque, au premier rang desquels l'exposition au soleil. La mise en évidence de comportements « culturels » en tant que facteurs de risque est traduite en langage marketing par un appel à l'autonomisation des individus vis-à-vis, par exemple, d'un désir collectif de bronzage. Le « diktat » culturel d'une esthétique hâlée, d'un style de vie moderne, jeune, de temps libre, devrait ainsi idéalement être mis dans une perspective de responsabilité individuelle face à l'augmentation du risque de cancer cutané et en particulier de mélanome.

123Constitution de l'OMS, 1946, p.1 :

« Une opinion publique éclairée et une coopération active de la part du public sont d'une importance capitale pour l'amélioration de la santé des populations. »

<http://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd47/FR/constitution-fr.pdf?ua=1>, consulté le 12/01/2020

124Déclaration d'Alma-Ata sur les soins de santé primaires, Article VI : « Les soins de santé primaires sont des soins de santé essentiels fondés sur des méthodes et des techniques pratiques, scientifiquement valables et socialement acceptables, rendus universellement accessibles à tous les individus et à toutes les familles de la communauté avec leur pleine participation et à un coût que la communauté et le pays puissent assumer à tous les stades de leur développement dans un esprit d'autoresponsabilité et d'autodétermination. »

https://www.who.int/topics/primary_health_care/alma_ata_declaration/fr/, consulté le 12/01/2020

125En tant que somme d'individus



Figure 8 : *Perfect Conditions for Melanoma*

Source : © 2007 State of New South Wales (Cancer Institute NSW). For current information go to www.cancerinstitute.org.au

Creative Commons Attribution 4.0 licence



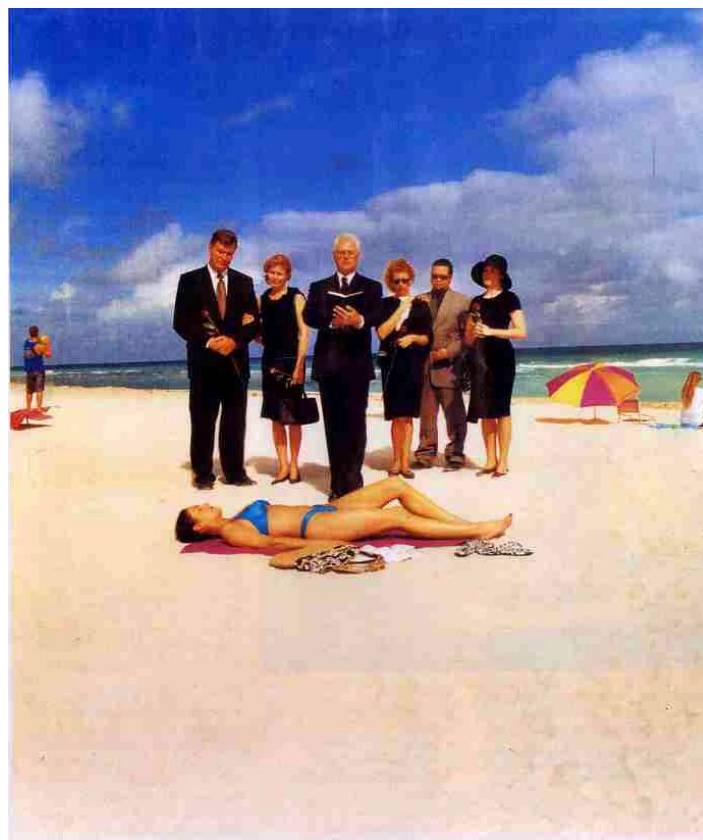
Figure 9 : *Melanoma likes me*

Source : © 2015 Melanoma Patients Australia

Reproduit avec leur autorisation

Enfin, certaines de ces campagnes de communication ciblent de façon sélective les groupes à risque, se sentant paradoxalement peut-être moins concernés par cette pathologie. C'est le cas de cette publicité ci-dessous de la *Skin Cancer Foundation*, ciblant spécifiquement les jeunes

femmes. Jouant sur la peur et tournant en dérision l'attitude de la jeune femme, elle constitue une forme de réminiscence paternaliste des propagandes sanitaires d'un autre siècle, portant implicitement un jugement moral et culpabilisant sur un comportement socialement irresponsable.




Melanoma kills more young women than any other cancer. Protect yourself.  Sunproof America! www.skincancer.org

Figure 10 : « Le mélanome tue plus de jeunes femmes qu'aucun autre cancer. Protégez-vous. »
(traduction par l'auteur)

Source : © Reproduit avec l'autorisation de la *Skin Cancer Foundation*

Les jeunes sont donc des cibles privilégiées, au même titre que les parents de très jeunes, qu'il s'agit d'éduquer aux risques qu'ils font prendre à leurs enfants, et à la « bonne » manière de gérer ce risque. A travers cette « bonne » manière, définie de façon négative, il y a donc une forme de normativité imposée par la gouvernance systémique de la santé, rappel d'anciennes campagnes hygiénistes.

Mais cette prévention à destination de la population peut aussi viser un apprentissage à l'auto-détection de mélanomes par l'individu, en l'alertant sur l'importance d'auto-contrôles, ciblant ainsi

la formation de son expertise, de sa compétence à contrôler sa peau, à vérifier que celle-ci est bien dans un état positif de santé, en lui enseignant, par des instructions simples, les principes du regard clinique. Il s'agit bien là de le mettre face à l'urgence de tels contrôles, et face à la peur des conséquences de ne pas le faire.

Cette prévention peut aussi être définie dans l'espace clinique, organisées autour de dispositifs systématisés de « *screening* », opérés par des professionnels et permettant la détection précoce des mélanomes. Si cette prévention peut paraître opérer principalement dans l'espace clinique, elle reste dépendante de la volonté individuelle à se « faire contrôler » la peau par un dermatologue ou encore de l'organisation horizontale d'une sociabilité du contrôle cutané entre proches. Ce type de dispositif relève donc à la fois de la gouvernance clinique de la santé mais aussi d'une intervention en direction de l'espace social de la pathologie. Le cas de l'examen de la peau par un proche, dans une forme de sociabilité de la clinique permet par ailleurs d'inscrire, voire d'ancrer l'examen cutané dans un espace social communautaire. L'horizontalité de ce nouveau dispositif, dans un rapport d'échange et non de soumission à un ordre social, le rend sans doute plus audible et efficace, rétablissant *de facto*, une forme de collectif pour la réalisation d'une procédure qui n'est dès lors plus uniquement centrée sur l'individu singulier.

Dans les deux cas, la gouvernance de la santé cutanée s'exprime à travers des campagnes de communication jouant sur des ressorts psychologiques différents. Celles-ci utilisent d'une part le ressort bien connu de la peur, déjà utilisé lors des propagandes hygiénistes ayant pris place depuis le XIX^e siècle.

En même temps, nous l'avons vu ci-dessus par exemple avec la publicité « le mélanome me like », il peut y avoir une tendance des publicitaires à tourner en dérision les modes de vie des jeunes gens. Cette publicité spécifique est à cet égard intéressante : en traitant le mélanome de façon anthropomorphique, en l'intégrant au sein des habitudes de socialisation digitale des jeunes adultes, elle met bien en scène les modalités de la construction et de la valorisation communautaire de comportements pathogènes. Cette campagne s'adresse donc bien à un sujet, en le questionnant sur le bien-fondé de la soumission à la pression collective, mais plus encore sur la pertinence d'une pression collective issue d'un réseau « social » auquel une pathologie peut s'inviter en épousant simplement les codes culturels du réseau. Dans un mouvement inverse de déshumanisation de la peau humaine, en l'assimilant à une banane, la publicité « Battez le mélanome, détectez la différence » cherche à éduquer aux « regards qui sauvent », à la vigilance du sujet-sentinelle. D'autres publicités utilisent plus directement le ressort de l'humour, ou encore de l'information,

dans des campagnes visant à opposer le collectif culturel et la santé de l'individu. Dans tous les cas, il s'agit bien d'éveiller les individus à leur responsabilité vis-à-vis de leur santé cutanée et de les éduquer aux comportements à risque et aux mécanismes leur permettant d'assumer ces responsabilités.

On peut par ailleurs noter la position ambiguë que prennent les institutions de santé publique dans ces schémas de prévention. D'une part, les campagnes de publicités sont toujours issues d'agences de lutte contre le mélanome ou le cancer de la peau, co-financées par des institutions étatiques voire par des laboratoires pharmaceutiques, donnant une apparence d'horizontalité de la relation et du message transmis. Celui-ci prend néanmoins la forme de conseil, d'injonction verticale, dans la relation d'un sachant vers une population ignorante. Il y a donc un mélange entre dispositifs sécuritaires, visant à éveiller les individus à un statut de partenaires de leur santé, et dispositifs disciplinaires utilisant des ressorts infantilisant, jouant sur la stigmatisation, la peur, l'injonction morale.

Nous avons vu précédemment que la diminution du ratio mortalité/incidence pouvait être expliquée notamment par une meilleure prévention, une meilleure détection précoce du mélanome dans une phase non maligne. Pour autant, nous avons vu aussi que l'incidence avait drastiquement augmenté pendant cette période allant des années 1980 à aujourd'hui. Les campagnes de prévention et d'éducation portant sur les comportements à risque n'ont donc clairement pas -encore- eu les effets escomptés, soit par les ressorts marketing utilisés, soit par une segmentation inadaptée des populations cibles, rendant les messages d'autonomie et de responsabilité peu audible, ou tout du moins pas assez convaincant par les destinataires.

Sans doute celles portant sur l'importance d'une meilleure détection et alertant sur l'urgence de se faire dépister lorsqu'une lésion cutanée apparaît ou évolue de façon inquiétante ont-elles été plus efficaces, mais elles ont été certainement aidées en cela par des avancées notables dans la détection du mélanome dans l'espace clinique. C'est sans doute à cet endroit que les résultats sont les plus sensibles.

Et c'est sans doute le sens que prend la campagne¹²⁶ de 2019 « *Big See* »¹²⁷ de la *Skin Cancer Foundation* aux États-Unis, dans laquelle l'accent est mis sur le regard clinique, le regard de l'individu sur l'évolution de ses lésions cutanées, le regard de son entourage, ainsi que l'incitation à consulter un dermatologue. Cette campagne mélange par ailleurs anciens et nouveaux supports

126<https://www.skincancer.org/press/2019-the-big-see-new-approach-to-early-detection/>, consulté le 12/01/2020

127Que l'on peut entendre aussi comme « *Big C* », avec C pour cancer.

de communication¹²⁸ : internet, spots video, réseaux sociaux, bornes interactives et ludiques en stations balnéaires. Il ne s'agit plus d'agir sur l'incidence mais sur la gestion du risque lié à l'incidence du mélanome et le médecin est mis au centre de ce dispositif de gestion.



Figure 11 : *What's that ? - Big See*

Source : © Reproduit avec l'autorisation de la *Skin Cancer Foundation*

Le support publicitaire de la communication préventive ayant été relevé, nous pouvons par ailleurs nous interroger sur le statut des savoirs qui sont transmis par sa médiation.

Il est entendu que les individus ciblés sont prétendus être des agents rationnels dont l'intérêt premier devrait être la préservation de leur santé. Pour autant, il y a une forme d'habitude naïve à croire en la permanence de sa santé cutanée. Dans le cas des campagnes jouant sur la peur, il s'agit d'une communication émotionnelle dans laquelle les savoirs sont absents de l'argumentaire, il n'est donc pas attendu que les destinataires de la communication soient en mesure de savoir-détecter une lésion cancéreuse, pour autant, il s'agit de les inciter à mettre en doute leurs croyances habituelles, les amener à une action de leur mise en confrontation avec le diagnostic résultant d'une consultation médicale.

Dans le cas de véritables campagnes d'information, dont les destinataires sont supposés acteurs de leur santé cutanée, les savoirs transmis sont, dans les exemples ci-dessus, de deux ordres : en

¹²⁸<https://thebigsee.org/#about>, consulté le 12/01/2020

premier lieu, des savoirs relatifs aux facteurs de risque portant sur les comportements responsables ; en second lieu, des savoirs-faire portant sur la détection, donc des techniques simples de dépistage par le regard. Il n'est certes pas attendu que le patient en puissance acquière une véritable expertise sur les conditions d'émergence d'un mélanome et les modalités cliniques de son dépistage, mais qu'il devienne un patient-sentinelle de sa peau. Il est attendu que les informations qui lui sont divulguées puissent se traduire en un sens commun, un savoir-faire exploitable, qui l'amène une fois encore à consulter un dermatologue, non plus par peur, mais grâce à son regard mieux averti.

3.2. Prévention, détection et applications informatisées

Depuis la fin du XX^e siècle, les campagnes de prévention et de détection se sont vues adjoindre de nouveaux outils digitaux, de nouvelles applications informatiques. Certaines de ces applications ciblent le grand public (patients en puissance), d'autres ciblent les professionnels de santé (médecins généralistes,..) ou encore les spécialistes (dermatologues).

Leurs finalités sont diverses : éducation et mise en accessibilité d'informations générales, calcul de facteur de risque, suivi, mise en relation avec un professionnel, ou encore identification et/ou catégorisation de lésions cutanées individuelles afin, si nécessaire, de permettre une prise en charge rapide¹²⁹.

Ces innovations peuvent être définies, et leurs fonctions assignées¹³⁰, selon leurs formes d'existence, à savoir en tant qu'objet technique, social ou encore systémique. En tant qu'objet technique, leur sont assignées des fonctions techniques, en particulier intentionnelles, de transmission d'informations, de calcul de facteur de risque, d'évaluation de malignité d'un mélanome. Elles peuvent donc être évaluées au regard de la valeur de vérité des résultats transmis. En tant qu'objet social, leur sont assignées des fonctions d'usage, en particulier d'éducation et d'alerte, de facilitation de consultations médicales. Elles participent alors à la transformation du réseau de liens entre les différents acteurs médicaux autour du patient. Elles peuvent alors être évaluées en fonction de leur capacité sociale à mettre le patient au cœur du processus médical. Enfin, en tant qu'objet systémique, leur sont assignées les fonctions systémiques de participation à la gestion du risque systémique du mélanome.

129 Voir graphique

130 Voir Kroes (2012)

Objet technique

En 2012, un rapport¹³¹ fait état de plus de 13 000 applications de santé pour smartphone (plateformes Googleplay et Appstore confondues).

Kassianos et al ont fait une revue des applications mobiles dédiées à la question du mélanome en 2015 sur la base de 39 applications identifiées. Ngoo et al (2018) ont repris cette étude pour la mettre à jour et l'enrichir.

A partir des applications identifiées (39 pour les premiers, 43 pour les seconds), quatre classes principales de fonctionnalités sont apparues¹³² :

(a) Information et Prévention : sur les cancers de la peau, les mélanomes, les facteurs de risque, les principes simples de détection.

A destination des populations, il s'agit d'une part d'aider à l'appréhension des facteurs de risque, responsabiliser les patients avérés ou en puissance dans la prévention d'un cancer de la peau en gérant de façon individuelle les facteurs de risque (non exposition aux UV,...)

(b) Suivi des lésions dans le temps, Monitoring.

Auto-examen, prise de photos enregistrées et suivi de l'évolution des lésions dans le temps.

Lorsqu'il s'agit d'applications à destination du grand public, il s'agit de responsabiliser l'individu (patient en puissance ou avéré) dans le suivi et l'auto-examen de ses lésions afin qu'il puisse détecter de façon précoce une évolution suspecte dans l'aspect visuel de ses nævi et donc qu'il puisse consulter un spécialiste (la mise en relation peut être incluse dans l'application).

Nous notons au passage l'existence du dispositif MoleMax[®], version professionnelle de prise d'images de dermoscopie et de leur mémorisation en vue de comparaisons dans le temps, à destination des spécialistes.

(c) Télédermatologie : Transmission de données et de photos et mise en relation avec un spécialiste.

(d) Analyse d'image automatisée et détection de lésions suspectes: Enregistrement et analyse d'images, catégorisation. Certaines de ces dernières solutions sont à destination du public et

131 Voir Kassianos (2015, p.1508)

132 Ibid p.99

d'autres, plus avancées, des professionnels de santé. Celles qui sont à destination du grand public finalisent leur résultat avec la possibilité d'une mise en relation avec un dermatologue.

Au-delà de ces fonctionnalités premières, ces applications ont comme finalité annexe de permettre la croissance des bases de données d'images de lésions (pour peu qu'elles puissent être étiquetées, et pour peu que l'autorisation en soit donnée par l'utilisateur) qui permettent de qualifier les solutions informatisées de catégorisation de lésions.

Objet relationnel et social

a. Apps à destination du public

Avec de telles applications, le rapport de l'individu à sa santé (cutanée) et au médecin spécialiste est *de facto* transformé. Il devient l'acteur central de sa santé, idéalement conscient des facteurs de risque, donc capable en toute conscience de mettre en place les conditions de prévention de la maladie.

Par auto-examen, il devient par ailleurs acteur du dispositif de détection et de catégorisation de lésions malignes, en ce sens, non seulement il collabore à ce dispositif, mais il est en prise directe avec cette détection et seul responsable de sa régularité et de sa précision. Cette collaboration transforme *de facto* sa relation au médecin-expert qui vient alors de façon collaborative confirmer ou infirmer le pré-diagnostic (qu'il s'agisse de celui du patient non-expert ou de celui d'un automate informatique). L'artefact numérique agit donc comme un dispositif d'intermédiation entre l'individu et le médecin, mettant l'individu en prise directe avec sa santé et avec les savoirs qui lui sont relatifs. Tant l'écosystème local que les processus d'interactions entre acteurs de la santé d'un individu s'en trouvent donc modifiés.

La question centrale de l'implémentation d'un tel artefact devient : comment et sur quels critères est construite la confiance qui lui est relative ?

Un premier critère de confiance consiste en un critère de vérification et validation technique.

D'un point de vue technique, comme nous l'avons vu dans la partie précédente, les processus de restitution de savoirs existants restent vérifiables selon des procédures informatiques établies par l'IEEE. Il faut aussi, bien entendu, que sur le fond, les savoirs transmis soient valides (validation par les professionnels de santé).

Les modalités de vérification et validation de la segmentation/catégorisation/détection d'un

mélanome existent, mais il conviendra de revenir plus longuement sur ce point, en particulier sur les solutions structurées autour de réseaux de neurones.

Pour autant, Kassianos et al (2015) mentionnent spécifiquement dans leur étude que « *clinician involvement in the development of apps was clearly stated in only four apps (...), none of the apps were reported to have been validated* »¹³³. Ngoo et al (2017) mentionnent eux que « *one of the criticisms raised by the review was the lack of integration of the Apps with current clinical or scientific evidence* »¹³⁴. Singh et al pointent du doigt de façon plus spécifique « *frequent shortcomings in the methodology and validation part which includes a lack of calibration in image acquisition, methods were not stated clearly for extracting features and selecting variables, lack of quality assessment criteria, unspecified test/train set images were taken which may lead to biased classification, no comparisons, and cross-validation,...* »¹³⁵.

Certaines Apps se prévalent néanmoins d'une participation ou d'un soutien d'institutions ou d'experts, par exemple l'application iSkin qui se prévaut de la participation à son développement de l'Institut Gustave Roussy et du Professeur Caroline Robert.

L'individu-utilisateur est donc relativement démuné face à cette confiance technique. Cet élément est sans doute amplifié par l'instabilité du marché. En moins de trois ans 17 Apps sur les 39 de l'étude de 2015 (Kassianos et al) avaient disparu en 2018 (Ngoo et al) et les mises à jour des autres ne semblent pas régulières.

Le comportement de l'individu-utilisateur face au « marché » des apps de santé ne semble pas seulement lié à cet aspect technique, Ngoo et al (2018) mentionnent « *the limited evidence is complicated by the public availability and rating system in which consumer perceptions, not evidence, is often the guide of which App consumers choose to use* »¹³⁶.

Ainsi, de telles Apps, dont l'utilité est avant tout médicale, sont évaluées de la même façon que d'autres qui sont uniquement commerciales, sans discrimination, d'abord selon une promesse (marketing) d'utilité, d'efficacité, de facilité d'utilisation. Qui plus est leur diffusion est aussi liée à la façon dont elles sont distribuées ; et dont les notes et commentaires des utilisateurs précédents sont données au sein de ces canaux de distribution, mettant en avant quantité de critères subjectifs avant la validité épistémique.

133Kassianos et al (2015), p.1509

134Ngoo et al (2018), p.99

135Singh et al (2018), p.9

136Ngoo et al (2018), p.109

La confiance prêtée actuellement à des telles applications est donc d'ordre subjectif, basée sur des critères liés au marché et au marketing propre au marché des applications sur mobile, la rationalité de la décision d'achat n'étant pas nécessairement rationalisée et subordonnée à un critère objectif d'efficacité prouvée.

Il s'agit alors peut-être plus d'objets de consommation, de gadgets utilitaires investis d'une appétence dilettante pour la nouveauté que d'objets de santé investis d'un intérêt responsable.

Au-delà d'une nécessaire étude des comportements des utilisateurs, il convient de noter une nécessaire réglementation normative définissant et standardisant les critères à minima de mise sur le marché de telles Apps. Celle-ci a déjà pris effet depuis 2017 avec les législations américaines et européennes sur les *Software as Medical Device* qui a déjà éclairci les rangs des applications disponibles.

b. Dispositifs dédiés aux professionnels de santé

Il peut s'agir par exemple d'une délégation de la détection de mélanomes chez le pharmacien ou encore par une infirmière « en pratique avancée ». La première expérimentation française en la matière est celle du groupement de pharmacies Pharmabest¹³⁷. Celle-ci propose un service de dépistage facilité par le maillage des officines de pharmacie de ce groupement. Les dermoscopies sont réalisées par le pharmacien, transmises à des dermatologues membres de la SNDV qui rendent un pré-diagnostic.

Le pharmacien fait donc office de facilitateur, de médiateur entre les experts médicaux, l'un interprétant les clichés et l'autre en bout de chaîne, accueillant l'individu devenu patient.

Le pré-diagnostic revêt la légitimité dont le pharmacien bénéficie, il y a une forme de déplacement de la confiance de l'individu vers le pharmacien puis vers le système de détection.

Pourtant, autant l'individu est en prise avec sa santé dans son souci de se faire dépister, facilité par la médiation d'un pharmacien, autant il subit le pré-diagnostic qui lui parvient de façon distanciée, par mail ou sms, voire par téléphone, et qui marque pourtant son changement de statut d'individu à celui de patient. Il est de fait entré dans un pré-parcours de soin parfaitement formalisé, une forme d'extension systémique du parcours de soin traditionnel.

c. Apps et logiciels dédiés aux experts (dermatologues)

137Cette expérimentation sera étudiée plus en détail à la Partie V, Chapitre 2, Paragraphe 4

Alors que certains de ces outils sont acclamés d'une part pour les résultats qu'ils obtiennent lors d'essais les mettant en concurrence avec des experts humains, alors que personne ne remet en question leur potentiel d'économies systémiques, ces solutions dédiées aux dermatologues sont aujourd'hui très largement prospectives. Nous les étudierons de façon approfondie plus loin.

Pour autant, l'implémentation de telles solutions en tant qu'assistants à la catégorisation des lésions chez le dermatologue ne transformerait pas directement la relation du patient à sa santé, elle transformerait par contre les relations de confiance prenant place dans le cabinet du médecin, avec un déplacement de la confiance du patient vers le médecin à un nécessaire confiance du médecin vers son assistant-artefact.

Objet systémique

Les applications visant à informer le public sont donc dans une véritable continuité des campagnes de prévention/détection initiées à travers des campagnes de publicité mais par la médiation de supports différents, interactifs, avec comme à pré-requis un individu cible sujet et responsable de sa santé dans la recherche d'informations qu'il engage.

Celles dont la finalité est un résultat diagnostique ciblent un public plus encore impliqué dans la surveillance de sa santé, un public ayant endossé une posture active et experte vis-à-vis de sa santé. A ce titre, elles sont ambivalentes, offrant des fonctionnalités normalement dédiées aux professionnels. Les limites entre les positions des acteurs, public ou professionnel de santé, sont floues ; la relation médecin-patient et les rapports de force qu'elle peut impliquer, basée sur des rapports de savoir, s'égalise, se symétrise, de telle sorte que ce type de patient en devient le patient « au cœur de sa santé » idéal.

Pour autant, dans la mesure où la validité épistémique des résultats de ces applications pose encore question, leur rôle en devient ambigu, en particulier en ce qui concerne le statut des informations échangées entre médecins et patients. Il conviendra donc d'éclaircir ce point, ce que nous ferons plus loin.

4. Recherche moderne sur le mélanome à partir de 1950

Nous avons observé précédemment que McKie (1984) avait fixé le début de la croissance des recherches sur le mélanome à 1950, moment à partir duquel les mélanomes changent de statut, d'élément indistinct de la catégorie cancer de la peau à une catégorie pathologique et un objet de

recherche à part entière.

Il s'agit alors, à partir des outils et techniques de recherche à disposition, d'une part de dresser une nosographie complète de cette pathologie, d'en comprendre les modalités d'émergence, puis d'être capable de prédire un pronostic vital en fonction de catégorisations histopathologiques et enfin de la détecter le plus précocément possible.

4.1. Définitions et évolution de la nosographie

Nous avons vu que le mélanome était historiquement une tumeur « noire », caractérisées par une pigmentation prononcée par de la mélanine. Nous avons vu par ailleurs comment Traub et Keil (1940) avaient catégorisés les nævi d'une part, et assigné d'autre part aux mélanomes la dimension (potentiellement) malignes d'une lésion mélanique pouvant développer ou développant, de façon récurrente, des métastases cancéreuses apparentées à un carcinome.

En dépit de ces apports, lorsque Lewis (1956) fait un état de l'art de la recherche sur le mélanome, il mentionne l'amalgame encore fait entre mélanomes et nævi, encore formes malignes et bénignes d'une même sorte de lésions cutanées, dont la pathogenèse reste néanmoins encore obscure. Posant une classification des seules formes bénignes, il mentionne par ailleurs la difficulté de les distinguer des autres formes de « tumeurs pigmentées de la peau », « papillomas pigmentés, tumeurs basocellulaires et carcinomes »¹³⁸.

Clark (1969, p.705) n'assigne pas à la terminologie de mélanome la potentialité de dégénérescence, un mélanome devient la forme maligne réalisée de la lésion cutanée cancéreuse. Du point de vue de la terminologie, les pigments ou encore les cellules de nævus sont remplacés par les mélanocytes. Le mélanome devient ainsi un « néoplasme malin des mélanocytes de l'épiderme ». Il utilise une catégorisation distinguant trois classes de lésions : mélanomes à extension superficielle, mélanomes nodulaires, mélanomes lentigineux en excluant de son étude les mélanomes in situ, correspondant à des états pré-cancéreux de la peau.

Les travaux importants dédiés aux cancers cutanés pendant cette période, l'accès au microscope électronique puis aux outils de génie génétique permettent des avancées notables.

La définition générale contemporaine du mélanome a finalement peu évolué depuis Clark (1969) ou Breslow (1970) : le mélanome cutané est un néoplasme qui se développe à partir de mélanocytes, un type de cellules spécialisées que l'on trouve dans l'épiderme et qui sont

¹³⁸Ibid pp.157-158, traduction par l'auteur, on notera

responsables de la production de la mélanine et de la protection des kératinocytes des radiations aux ultra violets. Il s'agit donc d'un développement anormal des cellules mélanocytaires qui prolifèrent sans pour autant remplir une fonction ou respecter une structure utile à l'organisme¹³⁹. Ce développement peut intervenir sur la base d'un naevus pré-existant mais dans une mesure équivalente *ex nihilo*.

La catégorisation histologique des lésions mélanocytaires s'est quant à elle affinée et institutionnalisée¹⁴⁰ :

Malignant Melanoma	8720/3	Dermal melanocytic lesions	
Superficial Spreading Melanoma	8743/3	Mongolian spot	
Nodular Melanoma	8721/3	Nævus of Ito and Ota	
Lentigo melanoma	8742/3	Blue nævus	8780/0
Acral-lentiginous melanoma	8744	Cellular blue nævus	8790/0
Desmoplastic melanoma	8745/3	Combined nævus	
Melanoma arising from blue nævus	8780/3	Melanocytic macules, simple lentigo and lentiginous nævus	
Melanoma arising in a giant congenital nævus	8761/3	Dysplastic nævus	8727/0
Melanoma of childhood		Site specific nævi	
Nævoid melanoma	8720/3	Acral	
Persistent melanoma	8720/3	Genital	
		Meyerson nævus	
Benign melanocytic tumours		Persistent (recurrent) melanocytic nævus	
Congenital melanocytic nævi		Spitz nævus	8770/0
Superficial type	8761/0	Pigmented spindle cell nævus (Reed)	8770/0
Proliferatic nodules in congenital melanocytic nævi	8762/1	Halo nævus	8723/0

Figure 12 : Classification histologique des tumeurs mélanocytaires (OMS)

Source : LeBoit et al (2006, p.50)

139Schadendorf & Kochs (2016, p.4)

140Le comportement est codé /0 pour les lésions bénignes, /3 pour les malignes, /2 pour les non-invasives, et /1 pour les cas limites ou incertains

Reste que cette catégorisation, si elle fait appel à une description fine de l'état clinique et histologique des tumeurs, ne fait que nommer des apparences, des sommes de signes ainsi regroupés sans que leur dénomination n'explique de façon causale le processus pathologique.

Ainsi que le mentionnait Darier (1923, p.857) : « Déclarer qu'une lésion cutanée ou muqueuse est un papillome, ce n'est pas faire un diagnostic, pas plus que ce n'en serait un de dire qu'il s'agit d'une papule ou d'une bulle; c'est simplement avoir caractérisé la forme dermatologique élémentaire que l'on a sous les yeux. »

Les modalités de description ont évolué, du regard du clinicien au microscope électronique, observant l'extériorité de la lésion, l'architecture du derme ou plus précisément ses caractéristiques cytologiques, toutes les techniques utilisées pour rendre visible toujours plus de signes relatifs à la lésion, ne les font pas s'expliquer mais les font se corrélérer avec des événements pathologiques couramment observés.

4.2. Pathogenèse et échelle de Clark

De façon générale, il semble établi aujourd'hui que :

« Un mélanome débute par un nævus bénin composé d'une population hyperplastique de mélanocytes dans un état cellulaire de sénescence. Une fois cette phase de sénescence passée, le nævus acquiert des caractéristiques dysplastiques et progresse à travers une série de changements histopathologiques, d'une phase de croissance radiale à une phase de croissance verticale jusqu'à des métastases distantes¹⁴¹ ».

Pourtant en 1953, Allen et Spitz (1953) font encore l'hypothèse de l'apparition d'un mélanome à partir de la nécessaire transformation d'un nævus jonctionnel¹⁴².

Un marqueur important du développement des études en la matière est sans doute situé dans les recherches menées par l'équipe de Wallace Clark au *Massachusetts General Hospital* dont l'article de 1967, puis celui de 1969 posent enfin les bases d'une identification et d'une classification des caractéristiques morphologiques observables des mélanomes à différents stades de développement de la tumeur. Ses recherches histogénétiques portent sur trois séries de cas de mélanomes dont la première a été initiée avant 1958, donnant ainsi le recul suffisant pour un suivi clinique dans la

141Singh et Gupta (2018, p.1), Traduction par l'auteur.

142nævus dont les mélanocytes prédominent dans la zone « jonctionnelle » entre épiderme et derme.

durée. Les lésions sélectionnées ont fait l'objet de recueils d'informations cliniques et d'observations morphologiques scrupuleux avant d'être excisées et analysées en laboratoire au microscope optique puis au microscope électronique. Cette étude importante met en évidence des traits morphologiques tant superficiels que microscopiques et histologiques spécifiques aux mélanomes, facilitant d'une part leur distinction d'autres tumeurs cutanées¹⁴³, et permettant d'autre part leur identification au sein d'une nosographie discriminant mélanomes à extension radiale, mélanomes nodulaires, mélanomes lentigineux¹⁴⁴. *In fine*, Clark et al. proposent une échelle consistant en une mesure par niveaux ou profondeurs d'invasion tumorale allant de I à V¹⁴⁵, permettant pour la première fois de mettre en relation une mesure clinico-histologique du mélanome et le pronostic qui lui est associé¹⁴⁶.

Pour autant, la recherche moderne tend à ne plus considérer la pathologie du mélanome de façon unifiée, à un niveau d'investigation uniquement histopathologique. D'autres voies sont ouvertes, en particulier en passant au niveau de la biologie cellulaire, en cherchant à identifier des sous-groupes distincts de mélanomes en fonction de mécanismes oncogénétiques spécifiques¹⁴⁷ : aberrations chromosomiques, mutations génétiques, et activation de voie oncogène (*oncogenic pathway activation*¹⁴⁸).

L'identification de *biomarkers* spécifiques à ces sous-groupes, la compréhension de ces mécanismes devraient permettre, et permettent déjà, d'une part de mieux évaluer la progression de la maladie et le pronostic, et d'autre part de développer des thérapies géniques ciblées agissant de façon spécifique sur une catégorie de mélanomes.

La mise en relation des stades histologiques de Clark avec l'évolution clinique d'un mélanome et avec la transformation moléculaire prenant place dans la lésion mélanocytaire pourrait ainsi être figurée de la façon suivante :

143Par exemple à travers la mise en évidence, dans le cas du mélanome, de l'anormalité de la concentration en mélanosomes dans le cytoplasme des cellules intraépidermiques, ceux-ci donnant lieu à une pigmentation très irrégulière.

144Les mélanomes *in situ* sont exclus de l'étude

145niveau I : tumeur confinée à l'épiderme (mélanome *in situ*) ; niveau II : invasion du derme papillaire ; niveau III : invasion de la jonction du derme papillaire et du derme réticulaire ; niveau IV : invasion du derme réticulaire ; niveau V : invasion de la graisse hypodermique (hypoderme)

146Ibid pp.709-710

147Murphy (2012, p.3)

148Voir Hawryluk et Fisher (2011, p.17)

Epidermis	Basal membrane	Dermis						
			Histological stage	Congenital and/or acquired nevus (I)	Atypical/dysplastic nevus (II)	Radial growth phase (III)	Vertical growth phase (IV)	Metastatic melanoma (V)
Molecular alterations	Mutations in: <u>BRAF</u> <u>NRAS</u> <u>MC1R alleles</u>		Loss of <u>CDKN2A</u> <u>PTEN</u> <u>CDK4 mutations</u>		Decreased: <u>SILV</u> <u>MLANA</u> <u>TRPM1</u> <u>E-caderin expression</u>		Expression of: <u>N-caderin</u> <u>αVβ3 integrin</u> <u>MMP2</u> <u>E-caderin loss</u>	
							Additional events	

Melanoma natural history.

Figure 13 : Histoire naturelle du mélanome

Source : Funari et al (2011, p.100)

© 2011 The Author(s). Licensee IntechOpen

Creative Commons Attribution-NonCommercial-

ShareAlike-3.0 License

4.3. Catégorisations histopathologiques : échelle de Breslow

En 1970, Breslow poursuit cette voie de mise en relation de la morphologie de la lésion avec son pronostic. Il propose une échelle de gravité tumorale basée, elle, sur le volume de la lésion, adjoignant la mesure de l'épaisseur au niveau d'invasion et à l'extension superficielle de la tumeur. La mesure de l'« épaisseur de Breslow » représente le degré de progression de la tumeur de l'épiderme vers les couches internes du derme. Dans son étude, il montre qu'en utilisant les trois paramètres de degré d'invasion¹⁴⁹, d'extension superficielle et de profondeur¹⁵⁰, les pronostics sont

¹⁴⁹En reprenant la méthode de Clark et al. (1969) vue précédemment

¹⁵⁰5 niveaux de profondeurs sont proposés : <0,76mm;0,76-1,5mm;1,51-2,25mm ; 2,26-3mm ; >3mm ; à noter qu'aujourd'hui, l'AJCC préconise quatre niveaux seulement avec des valeurs sensiblement différentes de celles initialement envisagées par Breslow.

plus précis qu'en utilisant le degré d'invasion de Clark et al (1969) seul. Il montre par ailleurs que dans de nombreux cas de mélanomes avec des degrés d'invasion supérieur à II, le paramètre épaisseur est le plus pertinent des trois pour prédire efficacement la récurrence du mélanome après exérèse ou d'éventuelles métastases.

Il est à noter que ces deux échelles d'évaluation du pronostic sont encore aujourd'hui à la base de l'évaluation du pronostic et du management clinique de la plupart des cas de mélanomes. En particulier, l'AJCC (*American Joint Committee on Cancer*) et la HAS française recommandent l'utilisation de l'indice de Breslow pour l'évaluation après exérèse :

« L'examen anatomo-pathologique permet d'infirmer ou de confirmer le diagnostic clinique et apporte les éléments pronostiques en déterminant les 2 critères prédictifs de la durée de survie des patients : l'indice de Breslow et l'ulcération. Il détermine la conduite à tenir pour les marges de l'exérèse chirurgicale, rappelées dans les recommandations françaises (*Standards, options et recommandations pour la prise en charge des patients atteints d'un mélanome*) publiées en 2005 ». ¹⁵¹

4.4. Détection non-invasive

Pour autant, les échelles de Clark et de Breslow supposent un examen anatomo-pathologique de la lésion après exérèse et ne permettent donc pas le diagnostic, voire le pronostic de façon non-invasive. De plus, nous avons vu que la détection préventive de nævi développant une malignité est une condition première à une meilleure prise en charge et un meilleur traitement des mélanomes.

La question du diagnostic du mélanome anté-exérèse n'a donc à ce moment pas été formellement traitée.

Cette détection est historiquement le fruit d'un examen visuel du corps du patient (« TBSE », *Total Body Skin Examination*) fait par le médecin, idéalement dermatologue, à la recherche de lésions cutanées suspectes.

Il convenait donc de mettre en relation les échelles « internes » d'évaluation de la progression tumorale -mais mesurables uniquement de façon invasive, après excision de la lésion-, avec son aspect externe, superficielle et visible.

Friedman et al (1985) reprennent l'étude de Breslow, et montrent à travers une étude statistique

151HAS (Octobre 2006, p.10)

l'excellent taux de survie (99,5% à 10 ans) dans le cas de mélanomes « fins » (épaisseur < 0,76mm) détectés et sur lesquels une excision chirurgicale a été pratiquée versus 48% de taux de survie pour des mélanomes de 3mm et plus. Cela met une nouvelle fois en évidence la nécessité d'une bonne détection et d'un bon management thérapeutique du mélanome.

Friedman et al concluent ainsi :

« Therefore, although we currently do not have the ability to prevent the development of malignant melanoma, we do have the ability to reduce the death rate from malignant melanoma to near zero through the recognition of such lesions when they are thin and virtually 100 percent curable by surgery. »

A partir de l'étude de photos spécifiques de différents mélanomes encore à un stade précoce, leur article met par ailleurs en évidence un ensemble de caractéristiques permettant de les distinguer de nævi bénins, un ensemble de « markers » visuels représentatifs du développement d'un mélanome. Ils proposent enfin une méthodologie d'évaluation des nævi tels qu'ils apparaissent à l'examen visuel pour pouvoir discriminer les lésions suspectées d'être malignes de celles qui semblent être bénignes. Il s'agit des critères ABCD : A pour Asymmetry, B pour « Border irregularity », C pour « Colour variation », D pour « Diameter ».

Cette méthodologie de détection sera complétée à partir de 2004 avec le « E » (Evolution).

Elle est aussi à mettre en perspective face à une autre méthodologie de détection à l'œil nu, la *checklist* en 7 points de Glasgow, proposée par Keefe et al en 1990 : (a) Démangeaison mineure, (b) Diamètre 1cm, (c) croissance récente, (d) bords irréguliers, (e) pigmentation irrégulière, (f) inflammation, (g) saignement.

Ces deux méthodes sont encore complétées par la suite par le critère du « vilain petit canard », qui consiste en l'identification d'un nævus différent des autres, non plus par rapport à un corpus normatif de signes mais par rapport au corpus des nævi d'un corps donné.

Tant la méthodologie initiée par Friedman et al, que celle initiée par Keefe et al, prennent la forme d'un dispositif de contrôle systématique, d'un *screening*, d'une part « géographique » de l'entièreté du corps, et d'autre part, de façon locale, de mise en correspondance avec un corpus normé de « défauts » cutanés. De telles méthodes ont donc permis historiquement de formaliser des modalités de détection de mélanomes, en particulier à un stade précoce. Elles ont permis d'établir les premiers modèles procéduraux, algorithmiques, de décision médicale dans le cadre de la prise en charge des mélanomes.

Détection du mélanome par un dermatologue humain

1. Détection « agnostique »

Situation théorique

La détection « agnostique » correspond à la situation antérieure à l'établissement du modèle ABCDE¹⁵², donc à un moment où aucune méthode formellement établie ne définit de façon normative les modalités d'identification des lésions mélanocytaires.

Cette période se définit, comme nous l'avons vu précédemment, par des catégorisations de nævi évolutives et parfois contradictoires, mais aussi par des descriptions de lésions informelles, et surtout non unifiées, chaque catégorie correspondant à une typologie de description sans lien avec les autres.

Ainsi Clark (1969, pp.706-707), examine la « morphologie brute » des mélanomes en distinguant les mélanomes à croissance radiale, les mélanomes nodulaires et les mélanomes lentigineux. Par exemple, les mélanomes à croissance radiale peuvent prendre la forme générale d'un arc de cercle irrégulier, avec soit des indentations soit des protrusions sur les bords, la surface de la lésion normalement surélevée de 2 à 4mm au-dessus de la surface de la peau saine, il peut y avoir de discrets nodules lisses ; la couleur est selon Clark le critère descriptif le plus important, de telles lésions montrant une « combinaison désordonnée de cuivre, brun, gris, noir, rose violacé, et même bleu et blanc ». De façon similaire, en 1978, Davis¹⁵³ décrit de façon générale certains critères possiblement significatifs des mélanomes tels que multiplicité des couleurs, peau pouvant

¹⁵²Ou d'un autre modèle formel

¹⁵³Davis (1978, pp. 628-629)

être squameuse, surélevée, ou encore nodulaire, limites extérieures avec indentations et protrusions.

Il s'agit donc ici de décrire le spectre de la variabilité de la forme sensible d'une telle lésion ; non pas nécessairement de définir des caractéristiques de différenciation et d'identification de ces lésions ; il s'agit bien là de décrire et non de prescrire.

Ackerman (1980) est plus parlant encore lorsqu'il conclue que « à mon sens, il n'y a pas de caractères cliniques ou histologiques, singuliers ou combinés qui permettent de différencier les mélanomes les uns des autres [de façon consistante] »¹⁵⁴. Il s'agit ici de l'expression de l'expérience de l'auteur, expérience par nature subjective et informelle, montrant l'absence d'une théorie de dépistage du mélanome qui unifie les descriptions cliniques qui peuvent en être faites. Le praticien dermatologue a alors à sa disposition des définitions physiologiques, un ensemble de descriptions morphologiques et histologiques, et enfin son expérience clinique afin de diagnostiquer un mélanome.

Le dermatologue se retrouve dans une situation d'établissement d'un diagnostic sans règle formelle, sans mécanisme *a priori*, simplificateur et contraignant, permettant d'atteindre un résultat normalisé.

Retour sur une histoire de la modélisation de la faculté humaine de raisonner

Le raisonnement puis plus particulièrement le raisonnement diagnostique ont été étudiés et théorisés formellement depuis l'après-guerre. Cette théorisation est le résultat d'un double mouvement de recherche en psychologie le plus souvent cognitiviste : d'une part un mouvement de la psychologie cognitiviste dans sa participation à l'émergence de l'Intelligence Artificielle (IA), visant en particulier la compréhension de l'intelligence humaine à travers sa modélisation et sa simulation dans des artefacts informatiques, d'autre part un mouvement dans lequel celle-ci participe à l'émergence de la « science de la décision », visant l'étude des décisions des individus en tant qu'acteurs économiques. Les résultats de ces deux champs de recherche ont pu par ailleurs être rendus pertinents pour l'étude du raisonnement diagnostique et de la décision médicale.

Nous pourrions sans doute entamer une histoire de l'étude du raisonnement par l'entendement

¹⁵⁴« *in my opinion, there is no single clinical or histologic feature, or combination of them, that enables one to differentiate melanomas one from another* ».

selon les *Méditations Métaphysiques* de Descartes (1641), ou encore selon le *Traité de la Réforme de l'Entendement* de Spinoza (1677), cette faculté de raisonner étant alors spécifiquement la prescription d'un acte de volonté logique idéalisé. Après-guerre, si George Polya (1948) est sans doute l'un des pionniers dans la théorisation de la résolution humaine de problèmes, on citera plus particulièrement Allen Newell et Herbert Simon, dont les travaux préparatoires en IA¹⁵⁵ débouchent sur une théorisation du raisonnement humain formalisée dans leur *Human Problem Solving*¹⁵⁶ de 1972. Herbert Simon est de fait à l'intersection entre ces deux mouvements, mettant en évidence la rationalité limitée de l'acteur humain dans ses actions décisionnelles¹⁵⁷. On citera par ailleurs les travaux fondateurs d'Amos Tversky¹⁵⁸ et Daniel Kahneman en ce qui concerne la théorisation de la décision humaine dans le cadre de ses limites, de ses biais structurels.

Cette formalisation met peu à peu en avant la double structure du raisonnement, articulant la représentation des connaissances et les processus de pensée, que Newell et Simon nomment traitement de l'information. D'un point de vue cognitif, cette polarisation de la nature du raisonnement entre deux dimensions disjointes se répand plus profondément. Les uns, à l'instar de Galton (1883, p.113), Denis (1982), ou encore les tenants de la *Gestalt*, considèrent que la représentation mentale des données est perceptuelle et imagée ; Shepard (1978) considère ainsi que « l'image mentale » d'un objet perçu en est une représentation isomorphe qui autorise les expériences de pensée. D'autres, tels Fodor (1968) ou Pylyshyn (1973), la considère comme étant conceptuelle et propositionnelle. Les uns, tels Piaget (1947) ou Polanyi (2009) défendent un raisonnement comme processus cognitif analogique, tacite, intuitif, lorsque les autres, tel Rips (1983), le considèrent comme étant logique, déterminé, analytique.

La résolution de ces controverses se réalise au moins partiellement à travers un double système de représentation mentale, comme le proposent Mani et Johnson Laird (1982). Ceux-ci mettent en évidence la co-existence des deux types de représentation mentale, l'une propositionnelle et décrivant précisément l'information relative à l'objet perçu, mais dont l'accès mémoriel est plus difficile, l'autre rendant compte d'une image spatiale facile à mémoriser et à recouvrer mais dont la capacité descriptive est pauvre.

Paradoxalement, il y a probablement eu dans un premier temps une forme de dépendance à la recherche en psychologie du raisonnement humain vis-à-vis du développement en Intelligence Artificielle. Et on a à ce moment dépassé ce stade où, comme le rappelle Dreyfus (1984, p.202),

155Par exemple le programme de démonstration de théorèmes *Logic Theorist* ou encore le *General Problem Solver*

156Newell & Simon (1972)

157Simon (1955)

158Par exemples : Kahneman D et Tversky A. (1979, 1982)

l'on pensait pouvoir rendre compte de la pensée humaine par un ensemble de règles « similaires à celles qu'il faudrait mettre en œuvre pour obtenir d'un ordinateur un comportement identique » et où, citant Neisser (1967, p.6), « la tâche du psychologue qui s'efforce de comprendre la cognition humaine est analogue à celle de l'ingénieur qui cherche à découvrir comment programmer un ordinateur ». Les recherches actuelles permettent de conceptualiser la cognition humaine comme une activité plus complexe que la formalisation logique qui a pu être proposée dans les années 1960-1970, autorisant l'appel à des notions de processus et de savoirs tacites qui ne se laissent pas formaliser.

Première Théorisation du raisonnement diagnostic

Le raisonnement diagnostic est une forme particulière de raisonnement humain dans un cadre et un environnement particuliers. Groen et Patel (1985, p.97), rappellent la catégorisation des méthodes de résolution de problème proposée par Newell (1973) entre des méthodes dites « faibles » faisant appel à des heuristiques générales mais peu efficaces et des méthodes dites « fortes », faisant usage de connaissances spécifiques à une situation, à un espace de résolution précis et limité mais efficaces.

Cette circonscription du domaine d'application permettant l'utilisation de savoirs spécifiques et l'obtention d'une méthode efficace, renvoie, dans le cadre de la simulation par IA, à ce que Hubert Dreyfus (1984, p.115) appelle un micro-monde, à l'instar de Terry Winograd, de Marvin Minsky et Seymour Papert (1970, p.39). Ce mouvement de spécialisation de la théorie du raisonnement appliquée spécifiquement au diagnostic, qui a lieu dans les années 1970, correspond dans ce cadre à une réduction du monde des raisonnements possibles au seul « micro-monde » de la pensée clinique.

Si Groen et Patel (1985, p.96) positionnent les débuts de la théorisation du raisonnement diagnostique, à des fins d'enseignement, à Elstein et al. (1978), ils la situent aussi dans le prolongement d'un raisonnement médical respectant de fait certains canons de la recherche scientifique. Les ressorts d'un tel raisonnement sont alors ainsi définis par Lemoine (2017, p.155) : « les prémisses du raisonnement diagnostique sont fondées sur l'observation des signes présentés par un patient, et il procède notamment à l'élimination d'hypothèses diagnostiques concurrentes. On peut le décrire de manière très générale comme un processus itératif de position et d'examen d'hypothèses successives, réfutées ou finalement confirmées ». Ainsi, la théorisation du

raisonnement hypothético-déductif proposée par Elstein et al. serait dans la continuité de Claude Bernard, d'un point de vue méthodologique, et de Polya, Piaget (1974) et encore Bruner (1960) pour ce qui est de son apprentissage et son enseignement. Nous compléterons leur propos en ajoutant qu'au-delà d'une méthode dédiée aux cliniciens, elle revêt des similitudes certaines avec le concept d'enquête, telle qu'a pu la formaliser l'auteur de Sherlock Holmes¹⁵⁹, ou encore une enquête en vérité, telle que développée dans la *Logique* de John Dewey (1938). Elle peut sans nul doute être alors envisagée sous l'angle d'une méthode abductive telle que développée par le pragmatiste Charles Sanders Peirce.

À travers ses objectifs pédagogiques, elle peut aussi être considéré comme étant dans la continuité des travaux sur le diagnostic différentiel¹⁶⁰ de Richard C. Cabot, et de ses Conférences Clinicopathologiques¹⁶¹. Pourtant, les Conférences initiées par Cabot à partir des années 1890 font partie d'un enseignement de *praxis*, grâce auquel un savoir-faire s'acquière par l'expérience et la confrontation des expériences à défaut de communiquer des savoirs et méthodes structurés. Sans avoir eu accès à l'enseignement d'un véritable cadre théorique, Groen et Patel voient les étudiants en médecine de la période précédent Elstein comme ayant été soumis à une « situation non structurée [...], sans une bonne méthode pour retrouver leur chemin à travers les méandres des diagnostics possibles ». Ils voient donc dans les travaux de théorisation d'Elstein une tentative pour créer un cadre formel permettant de structurer la formation en diagnostic clinique des étudiants en médecine.

La controverse plus générale qui portait sur la structure cognitive du raisonnement, entre tenants de la représentation mentale et tenants d'un processus de résolution, si elle a trouvé sa traduction dans le champ médical, n'a pas été résolue au sein du nouveau paradigme d'enseignement de la méthode hypothético-déductive. De fait, pour Elstein, les hypothèses issues d'un raisonnement hypothético-déductif sont définies comme ayant été établies consciemment, explicitement lors d'un processus rationnel ; et les déductions permettant de valider ou in-valider ces hypothèse sont évidemment elles-aussi du registre d'un processus logique. La méthode hypothético-déductive renvoie donc à une structure processuelle du raisonnement diagnostique. Elle offre donc l'avantage d'offrir un cadre formel d'enseignement.

De fait, et Elstein (2009) le rappelle de façon rétrospective, si le paradigme s'établit fermement

159Rappelons que Arthur Conan Doyle était médecin

160Voir Cabot (1911)

161À ce sujet, voir Duchemann (2022)

au sein des universités, il relève alors d'un paradigme didactique, prescriptif d'une structure efficace d'enseignement, et il ne manque pas de soulever de nombreuses critiques de la part de certains psychologues cognitivistes. Ces critiques relèvent en particulier le caractère général et uniquement processuel de la génération, Kassirer (1984) rappelle que le théorie est incapable d'expliquer la façon dont se forment les hypothèses, par ailleurs, elle ne participe pas à expliquer l'amélioration de la qualité des diagnostics en fonction de l'expérience du praticien. Ces critiques portent aussi sur la structure cognitive du raisonnement : Groen et Patel (1985) mentionnent la non-prise en compte de la mémoire – tirée de l'expérience ou de l'apprentissage- ni de sa représentation mentale dans l'élaboration des hypothèses.

Il y a donc à ce moment une friction entre une théorie prescriptive qui permet de structurer l'enseignement du diagnostic clinique et les recherches sur le raisonnement, descriptives, qui continuent à tenter de décrypter, de comprendre les mécanismes de l'événement diagnostic de façon précise, toujours en relation avec les projets IA de simulation du raisonnement humain, et qui mettent explicitement en tension les fondements du paradigme éducatif hypothético-déductif.

C'est dans ce contexte que le modèle ABCDE émerge pour permettre le diagnostic précoce des mélanomes.

2. Modèle ABCD(E) et épistémologie du mélanome

L'article de Friedman et al. déjà cité ne renvoie pas à une étude clinique spécifique de cas de lésions cutanées mais prend en référence un ensemble d'études et d'observations anatomocliniques qui ont pris place dans la décennie précédente ainsi que de l'expérience pratique de dermatologues. Elle renvoie par ailleurs à une forme de consensus au sein d'une communauté de pratique. L'innovation de cet article ne se trouve pas dans la présentation de résultats de recherche originaux, comme ils ont pu le faire dans leur article sur les *nævi* dysplastiques et leur développement en mélanomes, l'innovation se situe dans un mouvement de synthèse et de fixation de savoirs cliniques à travers l'établissement de l'acronyme ABCD particulièrement mnémotechnique et de la méthode qui lui est associée.

Cette méthode procède de l'observation empirique de stigmates cliniques généralement

associés aux lésions mélanocytaires considérées comme précurseurs de mélanomes (selon Friedman, le plus souvent lésions dysplastiques, mais aussi certaines lésions congénitales) et de la façon dont ces lésions diffèrent des naevi communs. Elle est construite sur l'identification de régularités anatomocliniques intervenant dans la relation entre pathologie et l'expression cutanée de la pathologie telle qu'elle se donne à voir.

Elle s'appuie donc sur les études existantes sur la genèse et la progression des mélanomes, en particulier sur Friedman et al (1985b), sur la forme biologique que prennent ces mélanomes, et enfin sur l'observation clinique de l'aspect superficiel que prend l'expression cutanée de ces pathologies. Ainsi, ces lésions ont été observées¹⁶² comme ayant une forme asymétrique (A) issue d'une phase de croissance radiale, des contours (B comme *Border*), « à la différence des naevi communs, [sont] souvent irréguliers et fréquemment tellement diffus qu'ils se fondent imperceptiblement dans la peau qui l'entoure ». Elles sont « habituellement » le siège de « variations de couleurs (C) allant du cuivre parfois jusqu'au marron foncé ». Elles ont « typiquement » un diamètre (D) de 6 à 12mm. C'est bien la somme de certains de ces signes qui concoure à dessiner un faisceau dirigé vers un diagnostic positif. Il s'agit donc non plus de mettre un diagnostic singulier directement en « correspondance » avec le réel, mais de le mettre en cohérence avec l'ensemble des diagnostics prononcés à partir de ce modèle interprétatif.

La description ci-dessus semble rendre compte d'une forme de logique inductive permettant d'inférer directement la règle à partir des phénomènes observés et de l'hypothèse faite d'une conséquence cutanée de l'antécédent « mélanome ». De fait, comme le propose Peirce, l'établissement de cette règle est le résultat d'une triple inférence : abductive qui permet de faire une hypothèse explicative de la conséquence cutanée, déductive, qui permet de la valider individuellement, inductive qui permet de la généraliser, passant ainsi de multiples particuliers à la loi générale. La première inférence, abductive, représente ce premier mouvement qui va du conséquent à l'antécédent, il s'agit bien là d'une conjecture scientifique qui relie -sans néanmoins directement l'expliquer- la morphologie de la lésion présente à la surface de la peau avec le statut sanitaire du derme sous-jacent. La validation déductive ainsi que la généralisation inductive qui lui font suite autorisent la formalisation des règles propres à une pratique qui n'en avait précédemment pas. L'établissement de ces règles assurent la cohérence des inférences entre elles et *in fine* l'établissement d'un premier paradigme, d'une première science « normale » de la détection du mélanome.

162Friedman et al. (1985), *op.cit.* p.136

Par ailleurs, l'intérêt particulier de l'article de Friedman et al. est la coloration systémique qu'il revêt dans sa façon de mettre en place une véritable méthode systématique de détection, non seulement à travers des modalités d'interprétation des signes d'une lésion, mais aussi dans l'établissement de modalités d'inspection de l'ensemble de la surface cutanée du corps et d'anamnèse afin de recueillir l'histoire du patient et de ses symptômes. Cette méthode est déployée de façon didactique, voire « algorithmique », à travers certes les traditionnelles photos de lésions constituant des références typologiques, mais surtout à travers l'usage d'outils systématiques de dépistage : tableaux et croquis du corps.

SIGNES DE DANGER DES MÉLANOMES MALINS
<p>Changement de couleurs Particulièrement multiplicité de tonalités de marron foncé ou noir ; rouge, blanc et bleu ; couleur diffuse du bord de la lésion vers la peau saine</p>
<p>Changement de taille Particulièrement lorsque accroissement soudain et continu</p>
<p>Changement de forme Particulièrement les développements de bords irréguliers</p>
<p>Changement d'élévation Particulièrement l'élévation soudaine de ce qui était avant une lésion maculaire pigmentée</p>
<p>Changement de surface Particulièrement : desquamation, érosion, suintement, dessèchement, ulcération, saignement</p>
<p>Changement de la peau environnante Particulièrement : rougeur, gonflement, pigmentation</p>
<p>Changement de sensation Particulièrement : démangeaisons, sensibilité, douleur</p>
<p>Changement de consistance Vers un état de mollesse ou de friabilité</p>

Figure 14 : Check-list pour évaluation systématique des signes de mélanome

Source : Friedman (1985, p.144)

Cette méthode diagnostique est conçue pour être accessible au dermatologue bien entendu, mais aussi au médecin généraliste, voire au patient pour une auto-inspection. Il s'agit de fait des

éléments constitutifs d'un véritable programme systémique de détection des mélanomes, ce qui lui confère une valeur de vérité, ici, pragmatique. Cette valeur de vérité ne fait, à l'évidence, que renforcer la normativité de cette nouvelle science « normale » qui renforce et spécialise la structuration déjà opérée par Elstein¹⁶³ sur l'enseignement de la « science » diagnostique.

3. Modèle ABCD(E) et sémiologie du mélanome : signes et jugement sur la malignité

Dans sa *Naissance de la Clinique*, Michel Foucault renvoie les symptômes, la perception des signes, et le jugement qui leur est associé à la tradition médicale du XVIII^e siècle¹⁶⁴.

Pour reprendre les définitions proposées par Landré-Beauvais (1813)¹⁶⁵, cité par Foucault (2015, p.134), un *phénomène* serait « tout changement du corps, sain ou malade, perceptible par les sens », un *symptôme* serait un « phénomène de la maladie », enfin un *signe* « tout phénomène, tout symptôme par le moyen duquel on parvient à la connaissance d'effets plus cachés ». Alors que le symptôme serait l'objet existant tel que perçu par nos sens, le signe aurait le symptôme comme « support morphologique »¹⁶⁶ mais en étant porteur de significations permettant de juger de l'existence d'une pathologie pourtant cachée à nos sens.

Landré-Beauvais nomme *Séméiotique* l'étude de ces signes (cliniques), que l'on nomme plus communément aujourd'hui¹⁶⁷ *sémiologie clinique*, les signes devenant pour Bariéty et al. (2009) « les manifestations des maladies [qui] permettent de les reconnaître », assimilant par ailleurs symptômes et signes. Pour ce qui suit, il nous semble opportun de maintenir la distinction symptôme-signes proposée par Landré-Beauvais qui est porteuse de deux modes différents d'être.

En 1998, Thomas et al., à travers le titre de leur article¹⁶⁸, instituent déjà la méthode ABCDE en tant que méthode sémiologique, la HAS utilise d'ailleurs cette terminologie pour parler de l'acte diagnostique utilisant cette méthode interprétative¹⁶⁹. Si l'usage de cette terminologie relève de l'histoire de la clinique, il n'en mérite pas moins d'être approfondi, en particulier à l'aune de

163 Voir partie précédente IV.1.

164 Foucault (2015, p.130)

165 Landré-Beauvais (1818, pp.2-4)

166 Foucault M., op.cit. p.134

167 Bariéty et al (2009, p.4)

168 *Semiological Value of ABCDE Criteria in the Diagnosis of Cutaneous Pigmented Tumors*

169 HAS, Service évaluation médico-économique et santé publique, *Stratégie de Diagnostic précoce du Mélanome, Recommandations en Santé Publique, Rapport d'Évaluation*, Octobre 2006, p.39

travaux plus spécifiquement de sémiologie et de comprendre dans quelle mesure la construction épistémologique de l'interprétation des mélanomes ne présente pas des entraves sémiologiques.

Foucault (2015, p.137) propose qu'à travers la clinique, il n'y aurait « de maladie que dans l'élément du visible, et par conséquent de l'énonçable », et que ce passage du réel pathologique à son expression discursive se ferait grâce à un « isomorphisme fondamental de la structure de la maladie et de la forme verbale qui la cerne ». Cet « isomorphisme », cette double mise en correspondance bijective entre maladie et symptômes puis entre symptômes et énoncé diagnostic, tend à établir une relation d'équivalence entre la cause et ses conséquences puis entre ses conséquences et la traduction verbale de la cause pathologique. Ainsi, d'un point de vue kantien, le jugement diagnostic serait analytique, le prédicat de la proposition (le diagnostic) serait inclus dans son sujet (la lésion). Pour autant, il nous semble clair que la perception des symptômes puis l'articulation des signes dans un discours diagnostic est *a minima* une réduction du réel pathologique à un nombre limité de conséquences de la maladie considérées à un instant donné. Qui plus est, la construction épistémologique permettant de lier le diagnostic à son sujet (la lésion) est la synthèse d'expériences et d'observations empiriques, donc non-analytique.

Sémiologie clinique et construction arbitraire de la vérité

Pour revenir à la méthode ABCDE de détection des mélanomes, il ne s'agit donc pas ici de dire que celle-ci prend pour objet d'observation la pathologie, qu'elle développe des savoirs sur le mélanome, mais plutôt qu'elle permet d'observer la façon dont la maladie se donne à voir à l'observateur et comment son expression prend une forme symbolique, utilisant des stigmates-symboles non linguistiques. L'objectif du modèle ABCDE est donc d'identifier ces stigmates-symboles afin de construire le « système de signes cutanés » du mélanome puis d'être capable de décrypter le sens clinique que peut prendre un assemblage donné de ces symboles, un « texte cutané ». Il s'agit donc bien d'interpréter -ou de traduire ?- un texte cutané non linguistique dans un système de signes linguistiques. En l'état, il s'agit sous doute d'une interprétation intersystémique, et intersémiotique, que Jakobson (1959) nomme *transmutation*¹⁷⁰, avec un changement de matière, à partir d'un système de signes que nous qualifierons de graphico-spatiaux¹⁷¹ vers un système de signes verbaux. La dénomination « d'*ekphrasis* évidente » proposée par Eco (2003)¹⁷² nous semble plus particulièrement intéressante en tant que « traduction verbale

170Jakobson (1959), cité par Eco U. (2006, p.285)

171Signes et traces sur une surface tridimensionnelle

172Eco U. (2006, pp.264-269)

d'une œuvre visuelle ».

Il y a néanmoins des différences notables entre la façon dont Jakobson et Eco envisagent ces *transmutations* et l'interprétation des lésions cutanées. D'une part, la matière cutanée, support de la *semiosis*, est d'ordre naturel et non intentionnel. La matière cutanée, en faits, existe donc préalablement à son observation, mais le signe cutané est institué comme tel par l'observateur, et seulement *a posteriori*. Le symptôme est donc naturel alors que le signe est « signe d'institution » selon la qualification de Condillac¹⁷³. D'autre part, si le support verbal de destination pré-existe à l'observation, la terminologie « mélanome » a été conceptualisée et définie à partir de ses déterminants biologiques et non de sa superficialité symptomatique.

À la différence d'un chêne, dont la définition porte sur son extériorité, l'aspect de son écorce et son bois, ou encore la forme de ses fruits, de ses feuilles, et que l'on peut reconnaître visuellement et nommer verbalement à partir de ses traits explicites, le mélanome n'est formellement reconnu comme tel qu'après exérèse et analyse anatomo-pathologique.

Le système sémiologique ABCDE est donc la construction *a posteriori* d'un modèle intermédiaire entre le réel pathologique mais inaccessible à une *semiosis* visuelle, et le système verbal qui nous permet de nommer la pathologie. Il y a eu co-construction à la fois du lexique sémiotique basé sur les cinq signes A-B-C-D-E et de la méthode interprétative qui permet de passer au système verbal. La méthode interprétative est donc contingente aux signes choisis, et ce choix, même si épistémologiquement construit et socialement accepté, reste arbitraire. De fait, plusieurs grilles de lecture co-existent, au premier rang desquelles la méthode ABCDE et celle des 7 points de Glasgow.

Il ne s'agit donc pas de nommer ce qui est reconnu comme tel à travers un pouvoir tacite de reconnaissance¹⁷⁴, cette méthode sémiologique est d'abord une grille de lecture, un dispositif de description normée et explicite d'une lésion. Elle impose des traits caractéristiques qui réduisent la description de la lésion à un nombre limité de symptômes, le texte cutané à un nombre limité de signifiants, mais ceux-ci « font voir » la pathologie. Le texte cutané n'est pas l'objet de son propre discours, de la même façon que la lésion n'est pas la pathologie, elle en est le symptôme, et aussi le support réel du signe. Pour autant, l'interprétation ne porte que sur les signes que la pathologie laisse à voir et la vérité interprétative qui est visée est en correspondance non avec la pathologie en-soi mais avec la représentation superficielle qu'elle donne à voir selon un système avec lequel

173Condillac (1766, p.65)

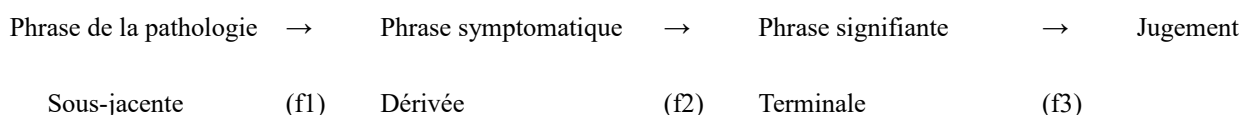
174Polanyi M. (2009)

elle doit rester cohérente. On perçoit donc un point de blocage sur la garantie que la cohérence de la méthode apporte à la correspondance entre le réel pathologique, dont les symptômes sont une forme naturelle d'expression, et l'interprétation qui est faite à partir d'un système sémiologique construit et institué.

Linguistique clinique et blocage structurel

Considérons maintenant ce processus de transformation sémiologique sous l'angle de sa construction linguistique. Nommons phrase l'articulation de syntagmes, il y aurait donc des phrases-symptômes ou encore des phrases-signes selon la qualification des syntagmes. Selon Katz (1971)¹⁷⁵, les structures de ces phrases seraient décrites par des « marqueurs ». Les phrases-symptômes, ainsi que leurs structures observables, seraient par ailleurs des phrases dérivées de phrases sous-jacentes¹⁷⁶ et de leurs structures non observables. Ainsi, dans le cas qui nous intéresse, le phénomène « maladie » s'exprimerait sous une forme pathologique sous-jacente, à travers une structure syntaxique et sémantique biologiques profondes. À partir de règles de transformation syntaxique, ce phénomène se dériverait sous la forme de symptômes sensibles, à travers une phrase dérivée, qui est, elle, perceptible.

Le processus de détection sémiologique du mélanome se déclinerait ainsi en quatre étapes :



La transformation de la phrase sous-jacente à la phrase symptomatique procède de la fonction de genèse de la lésion. Nous avons vu que nous avons une compréhension parcellaire de cette genèse et qu'elle ne nous est pas directement accessible. Pour autant cette transformation obéit d'un point de vue linguistique à une règle (f1) de transformation syntaxique d'origine biologique. Celle-ci définit et fait la genèse de la lésion, qui aboutit donc à une phrase perceptible. Cette lésion, phrase symptomatique réelle, suit une organisation syntaxique qui lui est propre, dérivée de la structure de la phrase sous-jacente. Pour autant, cette phrase dérivée et accessible à nos sens n'a

¹⁷⁵Katz J.J. (1971, pp.112-113)

¹⁷⁶Noam Chomsky (1965) les nomme « phrases profondes »

pas encore la structure sémantique qui donne accès à sa signification et permet son interprétation. Nous avons vu précédemment de quelle façon cette structure sémantique était construite, *a posteriori*. Nous appellerons ici cette fonction de construction la fonction (f2) de sémantisation. La particularité de cette fonction est d'abolir la syntaxe, la définition des traits ABCDE pourrait tout aussi bien s'appeler BCDEA, les traits ou syntagmes pouvant s'articuler les uns par rapport aux autres dans un ordre quelconque sans altérer le sens de la phrase. Enfin l'interprétation du contenu sémantique et signifiant se fait par opération de la règle sémiologique d'interprétation ABCDE.

Il est important de noter que la fonction de sémantisation engage une réduction, un appauvrissement du contenu linguistique, elle propose finalement de projeter le symptôme sur un dictionnaire construit, un « code indexical fort »¹⁷⁷ qui sélectionne le contenu auquel il attribue un sens. Qui plus est, cette fonction permet certes d'accéder à un contenu sémantique, mais au prix de l'abolissement de sa structure syntaxique, de sa rationalité propre. La fonction d'interprétation (f3) ne porte dès lors que sur le modèle de constituant sémantique tel qu'institué.

Il semble donc qu'il y ait à cet endroit un point de blocage, voire même une impossibilité structurelle, dans l'ambition mentionnée par Foucault d'une fonction de diagnostic clinique, isomorphisme de l'expression réelle de la maladie vers son jugement interprétatif.

Sémiotique clinique

Envisageons maintenant l'interprétation des lésions cutanées à travers un schème sémiotique Peircien. Notre ambition ici sera plus humble que l'isomorphisme foucauldien, il s'agira ici de tenter de dépasser le hiatus qui prend place entre épistémologie et sémiologie -ou linguistique- en montrant de quelle façon le jugement clinique issu de la méthode ABCDE peut tenir lieu de la maladie en ce qu'il peut être un signe présentant une vérité diagnostique sur celle-ci.

Rappelons que pour Peirce, « un signe, ou *representamen*, est quelque chose qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose sous quelque rapport ou à quelque titre »¹⁷⁸, et que dans la triade du signe, un *interprétant* est l'effet signifié par un signe primitif, il devient lui-même un signe qui rend compte de l'interprétation de son signe primitif.

177Bonfantini M.A., Proni G. (2015, p.146)

178Peirce C.S. (1978, p.121)

Nous avons identifié dans la partie précédente quatre objets dans le processus d'interprétation, nous les reprendrons ici en les traitant comme supports des signes qui les présentent. Si chaque signe de cette lignée re-présente le signe qui le précède et en dit quelque chose, nous chercherons à montrer que ce qu'il en dit est suffisant pour au final dire quelque chose qui permette d'émettre et affirmer un signe-jugement.

Nous avons distingué ici trois espaces d'existence, espace sémiotique, espace de référence ou espace réel, et espace légal, permettant d'articuler les signes, leurs objets et les règles qui permettent de signifier, qui permettent l'action signifiante d'un signe.

On obtient une première représentation des modes d'être des signes dans leur espace d'existence, et du processus de transformation des signes, à partir de la maladie jusqu'à son diagnostic :

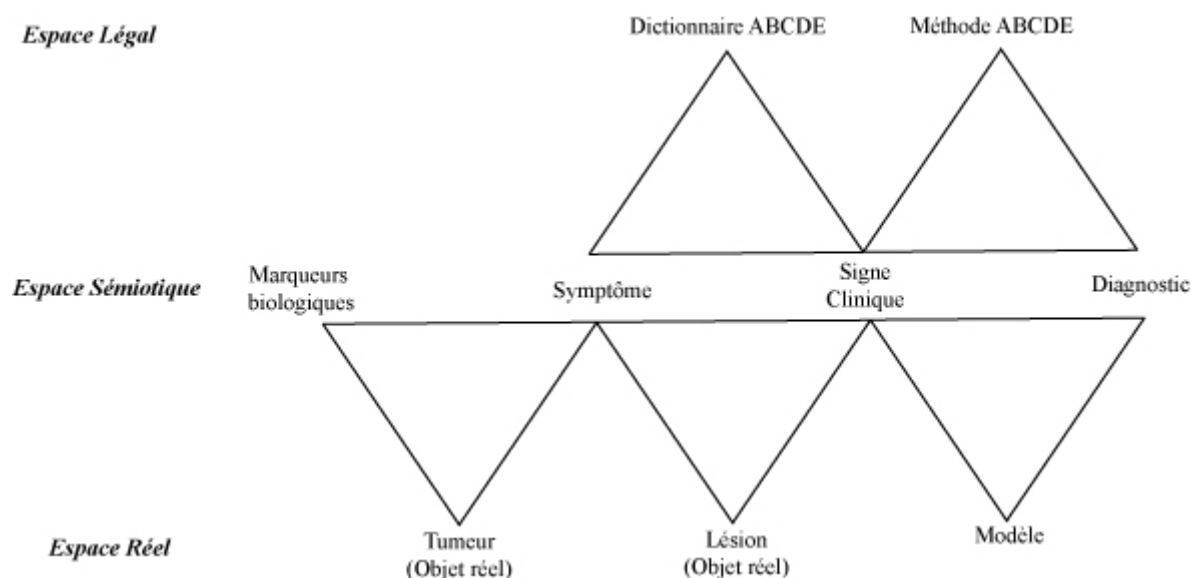


Figure 15 : Modes d'être des signes cliniques

Pour autant, ce schéma téléologique présentant la façon dont les signes s'actualisent et se transmettent est certes explicatif du processus de transformation et de communication des signes, il ne rend pas compte de l'enquête en diagnostic clinique.

Cette enquête présuppose dans un premier temps l'incertitude quant à l'existence et la nature de

la maladie qu'il s'agit justement de dévoiler. Par ailleurs, cette enquête accède au réel à travers le symptôme qui est à la fois le résultat du processus biologique et le fait observé et donc le point d'entrée.

Le schème du diagnostic se présente alors de la façon suivante :

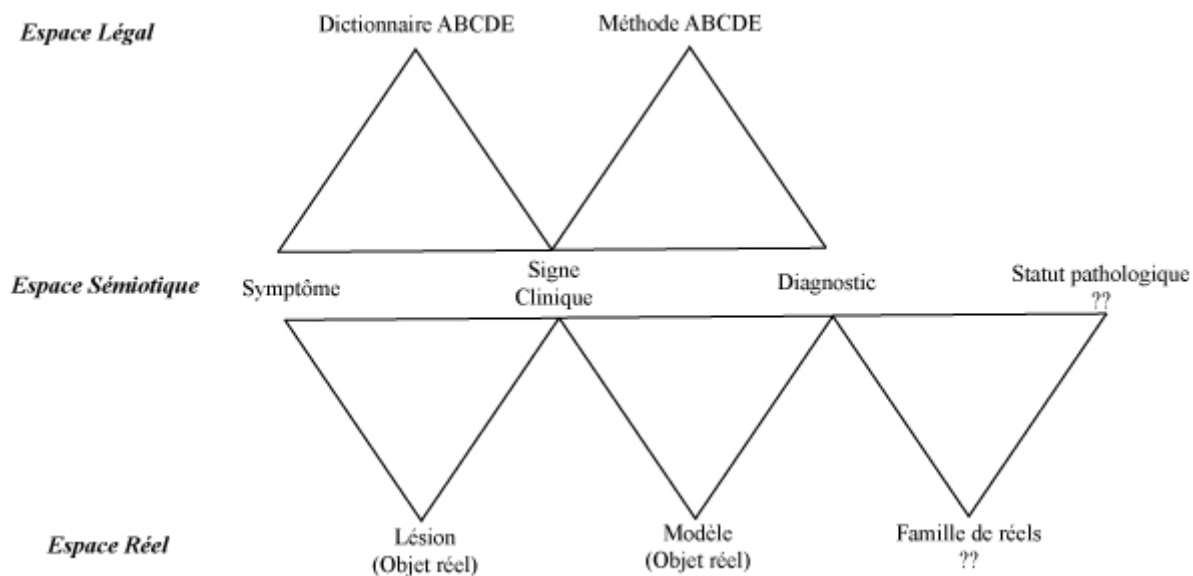


Figure 16 : Modes d'être des signes de l'enquête cliniques

Comme précédemment, le symptôme est le *representamen* (le signe) de la lésion dont l'interprétant est le signe clinique. Ce dernier a été élaboré logiquement par projection du symptôme sur le dictionnaire ABCDE qui définit (arbitrairement) les traits significatifs, les concepts universaux attachés à la lésion. Le signe clinique devient à son tour le *representamen* du modèle, véritable conceptualisation abstraite de la lésion. D'un point de vue logique, le jugement diagnostique est porté par déduction à partir de la prémisse constituée par le signe clinique en utilisant la théorie clinique ABCDE, il établit donc une vérité formelle logiquement déduite.

Pour autant, la théorie ABCDE reste conjecturale dans la mesure où elle établit une corrélation entre la présence de certains traits morphologiques et l'existence d'une maladie, corrélation résultante d'une hypothèse abductive, validée inductivement par l'observation de régularités.

Il est donc établi, sur la base de la transformation logique des signes, que le signe clinique dit bien quelque chose sur l'état sanitaire sous-jacent à la lésion, et que l'interprétation diagnostique de

ce quelque chose est valide au titre de la règle ABCDE.

Postulons qu'il s'agit d'une vérité singulière portant sur des symptômes qui renvoient la signification d'un réel sanitaire unique donné. Dans ce cas, le signe en tant que tel serait un *sinsigne*, soit la réplique singulière d'un *légisigne* légal à portée générale, renvoyant à un objet existant, un *indice*, rapportant les qualités singulières qui dénotent cet objet, et *dicent*, c'est à dire indiquant à l'interprétant qu'il renvoie à un existant réel¹⁷⁹. Ce caractère d'indice nous rappelle la proximité de la théorie des signes de Peirce avec le modèle policier « Holmesien »¹⁸⁰ dans laquelle il s'agit bien d'examiner des indices hétérogènes « de manière sélective et critique » afin de remonter d'un événement singulier à sa cause singulière. Dans l'enquête diagnostique qui nous occupe, les indices pertinents sont identifiés grâce au code lexical, le signe est modélisé et traité de façon à obtenir une « vérité » valide.

La nature de cette vérité diagnostique reste néanmoins à moduler.

Si cette vérité, rétro-ductive¹⁸¹, puisque portant sur un réel sanitaire qui est l'antécédent du signe observé, est valide, elle l'est dans la mesure où la règle inférentielle ABCDE lui est applicable. Cette règle inférentielle n'est pas une loi de la nature établissant les conditions nécessaires à l'existence d'événements singuliers, elle a été établie de manière inductive et l'assertion singulière qui s'appuie sur elle reste incertaine. Qui plus est, si, idéalement, la mise en relation de l'ensemble de signes cliniques hétérogènes, peut permettre l'inférence d'un diagnostic singulier, l'enquête policière de Sherlock Holmes apparaissant alors comme une parfaite analogie de l'enquête médicale¹⁸², cette inférence peut ne pas être totalement conclusive, elle peut ne conclure qu'à une suspicion, sans que celle-ci soit formelle ni nécessaire.

Par ailleurs, la question se pose de la relation que le signe clinique et le signe-diagnostic entretiennent avec l'objet légal « méthode ABCDE ». Selon le postulat précédent, le signe-diagnostic était une réplique singulière de la règle générale, une autre possibilité serait de le considérer comme *légisigne* à portée plus générale. Si la méthode ABCDE n'est pas une méthode de catégorisation *stricto sensu*, son émergence s'est pourtant appuyée sur des classifications morphologiques de mélanomes telle que celle de Clark (1969). Elle engage donc de façon

179Peirce C.S., *op.cit.*, pp.138-146, « Les Trois Trichotomies du Signe »

180Caprettini G.P. (2015)

181Par rétroduction, il faut entendre abduction, c'est à dire un mouvement logique dont le résultat est l'hypothèse à la meilleure explication du sujet. Il s'agit bien d'une rétro-duction puisque l'hypothèse-résultat est chronologiquement l'antécédent du fait observé, à l'inverse d'une déduction classique allant de l'antécédent à son conséquent.

182Nous rappelons que Conan Doyle était d'abord médecin et appliquait dans ses œuvres romanesques les techniques du raisonnement diagnostique.

implicite une catégorisation et le diagnostic serait alors celui de l'appartenance à une catégorie. Dans ce deuxième cas, le diagnostic serait non pas une assertion incertaine portant sur un phénomène singulier mais une assertion générale et « légale » portant sur une catégorie de réels sous-jacents dont les signes cliniques seraient nécessairement et formellement du type de ceux qui ont été perçus. La définition de ces types de signes cliniques déterminerait alors des classes de synonymie sémantiques au sein de l'ensemble des symptômes possibles. Il est à noter que si l'on considère une lésion dont les signes cliniques sont (a, b, c, d, e), faire varier l'ensemble des autres caractéristiques non indexées -n'appartenant pas au dictionnaire- ne change pas la signification sémantique de la lésion mais crée des synonymes.

Dans cette qualification des signes, l'enquête interprétative semble pouvoir résulter dans trois formes de diagnostics : assertion singulière, assertion catégorielle, ou indétermination. *In fine*, cette forme de vérité renvoie elle-même à la qualification de la médecine pratiquée : médecine personnalisée orientée vers la vérité singulière d'un patient singulier ou bien diagnostic catégorisant faisant de l'état de santé particulier une instance d'un type général.

4. Modèles de diagnostic humain

4.1. « Algorithme » de diagnostic

Lorsqu'elle envisage les méthodes de détection de mélanomes, la HAS¹⁸³ les définit à travers le vocable d'algorithme. Cette dénomination peut sembler ambiguë dans la mesure où elle évoque de prime abord un objet conceptuel normalement associé à l'informatique.

Aurélien Jean définit un algorithme comme « une suite d'étapes que l'on peut suivre afin d'accomplir une tâche »¹⁸⁴, de telle sorte que la réalisation d'une tâche peut être réduite de façon cartésienne par la réalisation systématique et procédurale de sous-tâches, par le passage par des étapes permettant son accomplissement.

La méthode ABCDE de Friedman, définissant cinq « signes » cutanés à évaluer dans l'élaboration d'un diagnostic sur une lésion mélanocytaire, peut alors sans doute être qualifiée d'algorithme : cette méthode définit les étapes de l'élaboration du diagnostic même si l'évaluation des signifiants à l'œil nu reste qualitative et contingente à l'expérience et à la subjectivité du

183HAS (Novembre 2007, pp.16-18)

184Jean A. (2019, p.41)

praticien. On peut de la même manière qualifier la méthode des sept points du groupe de Glasgow.

Quatre autres dispositifs « dermoscopiques » couramment utilisés par les praticiens sont aussi qualifiés d'algorithmes par la HAS :

- l'analyse de l'architecture globale d'une lésion à l'aide de patrons.
- le score en 7 points d'Argenziano et al.¹⁸⁵ : calcul d'un score de malignité qui doit être supérieur ou égal à 3 pour que la lésion soit considérée comme un mélanome.
- la méthode de Menzies¹⁸⁶, en deux étapes : exclusion du diagnostic de mélanome lorsque il y a symétrie de l'architecture pigmentaire ou présence d'une seule couleur pigmentaire. En l'absence de ces critères négatifs, la présence d'un des 10 critères positifs de Menzies¹⁸⁷ est le signifiant d'un mélanome.
- la méthode ABCD ou algorithme de Stolz basé sur le calcul d'un score de malignité (voir ci-dessous).

D'autres définitions, en particulier computationnelles, de ce qu'est un algorithme, se révèlent plus contraignantes qu'une méthode générale définie par une séquence systématique d'étapes, celles-ci imposent aussi des règles procédurales portant sur les actions et/ou décisions définies à chaque étape. Ainsi Knuth (1997, pp. 4-6) définit les cinq propriétés principales de tels algorithmes comme étant la finitude [du nombre d'étape], la *definiteness* ou précision dans la définition des procédures propres à chaque étape, les *inputs* ou valeurs d'entrée à chaque étape, les *outputs* ou valeurs de sortie à chaque étape, l'efficacité de l'algorithme dans l'accomplissement de la tâche prévue.

Weigert et al. privilégient sans doute une telle conception d'un algorithme lorsqu'ils considèrent que le premier algorithme de dermoscopie créé pour aider à discriminer les tumeurs mélanocytaires est celui développé par et al. (1994), bâti sur la base de la méthode ABCD¹⁸⁸ où A-B-C sont homonymes à ceux de Friedman et D représente la multiplicité de structures

185Argenziano G, Fabbrocini G, Carli P, De G, V, Sammarco E, Delfino M. (1998)

186Menzies S.W. (2012 , pp.118-123)

187Voile blanc bleu, points bruns multiples, pseudopodes, courants radiaires, dépigmentation cicatricielle, points et globules périphériques, couleurs multiples, multiples « grains de poivre » gris bleu, réseau pigmentaire atypique et architecture globale parallèle (plantes et paumes uniquement)

188Stolz W., Riemann A., Cagnetta A.B., et al. (1994) cité par Weigert U., Burgdorf W.H.C., and Stolz W. (2012 , p.113)

dermoscopiques au sein de la lésion. Cet algorithme a pour finalité la construction formelle d'un score de malignité (TDS¹⁸⁹), calculé à partir de la mesure quantifiée de chaque critère de ABCD :
$$\text{TDS} = A \times 1.3 + B \times 0.1 + C \times 0.5 + D \times 0.5$$

Les lésions dont le TDS est supérieur à 5,45 sont suspectées d'être des mélanomes, celles dont le TDS est compris entre 4,75 et 5,45 sont douteuses et doivent être soumises à exérèse, celles dont le TDS est inférieur à 4,75 ont considérées comme bénignes. Cet algorithme de quantification de la malignité avec un objectif de décision clinique est considéré par ses partisans comme particulièrement efficace. Nachbar et al. (1994) rapportent une spécificité¹⁹⁰ de 90% et une sensibilité¹⁹¹ de 93% en utilisant l'algorithme de Stolz, efficacité confirmée par Feldmann et al. (1998).

Il y aurait donc deux formes d'algorithmique de la catégorisation humaine des lésions mélanocytaires, une première faite de méthodes qualitatives où une latitude importante est laissée à l'expertise du praticien lorsque la seconde fait appel à la mesure de quantifieurs de la lésion ; une première pour laquelle les critères de reproductibilité de la méthode appliquée à un phénomène singulier sont subjectifs, une seconde pour laquelle ces critères semblent fixés formellement. Pourtant,

et al. nous rappellent dans ce second cas la persistance de la corrélation entre expérience du praticien et performance de ses diagnostics ainsi que le rapportent par Binder et al. (1993, 1999) et Pagnanelli et al. (2003) ; l'objet-lésion ne serait donc pas mesuré de façon universelle et la dimension subjective resterait présente dans l'évaluation du score et la reproductibilité ne serait pas assurée. Si l'algorithme de Stolz répond apparemment bien aux quatre premiers critères édictés par Knuth, il ne serait pour autant pas d'une efficacité universelle ; son usage, et les modalités effectives de mesure des paramètres de la lésion et donc de règlement de chaque étape restent contingentes à l'expérience du sujet-dermatologue.

4.2. Mécanismes cognitifs de raisonnement diagnostic

Nous l'avons vu, la détection du mélanome par l'expert humain est une enquête en diagnostic, au sens de Dewey (1938), il s'agit d'un mouvement épistémologique qui va de l'incertitude de la

189 *Total Dermoscopy Score*

190 (Nombre de vrais négatifs) / (Nombre de vrais négatifs + nombre de faux positifs)

191 (Nombre de vrais positifs) / (Nombre de vrais positifs + nombre de faux négatifs)

situation issue du réel observable vers sa clarification.

Néanmoins, au-delà de ce qui a pu être théorisé précédemment dans une forme d'idéalité épistémologique ou sémiologique, le médecin opère dans l'espace réel. D'une part il est confronté dans sa clinique à un patient qui lui soumet une lésion cutanée dans son acceptation entière, même si dans la limitation des éléments qu'elle offre à la perception du dermatologue : aspect visuel (aspect, forme, dimension, coloration, ...) , aspect tactile (rugosité, relief,...). Elle se présente aussi dans une temporalité pathologique particulière, selon la façon et le moment dont elle est apparue, a évolué,... Elle n'est donc pas uniquement ce qu'elle montre à un instant particulier mais aussi une histoire, une narration particulière. D'autre part, il se présente en tant que sujet d'une rationalité limitée, avec une structure cognitive qui lui permet dans un certain cadre à la fois une pratique routinière et la capacité à porter un diagnostic dans des situations complexes.

Le médecin dispose donc d'une structure théorique, d'éléments explicites et objectifs pour évaluer de façon rationnelle voire algorithmique une lésion¹⁹², i.e d'éléments déterminés qui ne dépendent que de l'objet observé et de la théorie sans que le sujet observant soit impliqué et qui permettent un déplacement de l'objet sur lequel l'enquête porte vers un modèle qui le représente. Ce modèle, encore une fois explicite, permet, nous venons de le voir, d'être questionné en lieu et place de la lésion, il s'agit d'une certaine manière de procéder à sa « mesure » même si de façon qualitative et de la comparer à une norme établissant le degré de malignité de la lésion et en particulier établissant si il s'agit ou non d'un mélanome. La réalisation de l'événement diagnostic n'est pour autant pas entièrement représentée par ce régime d'objectivité théorique dans la mesure où celui-ci ne prend en compte ni les spécificités cognitives de la reconnaissance visuelle et de sa représentation mentale, ni les modalités cognitives particulières du raisonnement du praticien et ses raccourcis heuristiques.

a. Formalisation contemporaine des mécanismes cognitifs de raisonnement

Nous avons évoqué précédemment les tensions qui ont pu exister entre différentes conceptions de représentations mentales ainsi que leur résolution dans une structure duale. Un autre point de friction a porté sur la description du raisonnement humain en tant que représentation mentale ou

¹⁹²Dont la méthode ABCDE, nous avons vu que d'autres techniques d'évaluation existent, basées sur un examen visuel, à l'œil nu ou à l'aide d'un dermoscope. Il ne rentre pas dans notre propos d'en faire une étude comparative, mais de considérer qu'au-delà d'une structure théorique différente, d'un « algorithme » idéalisé différent, elles font appel aux mêmes dispositions cognitives du médecin.

bien en tant que processus. Nous allons dans ce qui suit essayer de rendre compte de la progression des conceptions relatives au raisonnement, jusqu'à la résolution contemporaine dans une articulation de processus cognitifs interagissant avec des représentations mentales de connaissance.

Système tacite de reconnaissance

La dimension idéalement logique du raisonnement a été largement développée et prescrite en particulier par la tradition Cartésienne, Kantienne ou encore par les positivistes logiques du XX^e siècle, puis plus récemment prescrite par l'école de psychologie cognitive en relation avec l'intelligence artificielle dans une perspective de constituer un modèle émuloable par ordinateur. En rupture avec cette vision, avec l'esprit objectif et logique de Russell, mais dans la lignée de la tradition *Gestalt*, Michael Polanyi (2009), développe une conception, qui se veut descriptive, de savoirs et de processus de raisonnement tacites, non formels, et par essence subjectifs. Il pose que tout savoir, même formel, est constitué aussi de savoirs tacites sous-jacents dont il cherche à décrypter les modalités de structuration et d'émergence.

Ainsi, la reconnaissance visuelle d'un objet engage une capacité à identifier des traits signifiants. Par exemple, dans le cas de l'identification de visages, il s'agit d'une capacité à intégrer les composantes d'une physionomie sans pour autant pouvoir identifier des détails de façon formelle. « Nous sommes capables de savoir plus que nous ne pouvons dire »¹⁹³, dit-il.

Cette aptitude à la reconnaissance (visuelle) engage deux types d'instances. Elle engage une capacité à percevoir, à un niveau de pré-conscience qu'il nomme « subception », et représenter mentalement l'expérience de traits perçus, puis la mémoriser sous la forme de savoirs non formels. Dans ce process « subceptif » de présence au réel, nous faisons attention, sommes conscients non pas « de » mais « à partir de » donnés réels immédiats, qu'il nomme « *proximal* » pour se tourner finalement vers d'autres entités, sous-jacentes, issue de la mémoire qu'il nomme « *distal* ». Il y a donc une relation signifiante de donnés immédiats (l'apparence) vers leur réalisation dans un savoir sous-jacent et distant, finalité d'un processus génératif de connaissances. Ce processus procède par modelage/codage de l'expérience vécue, par l'incorporation (*indwelling*), l'intégration des donnés expérimentaux. Polanyi tient ce processus de modelage/codage pour un « pouvoir tacite », pouvoir nécessaire à l'organisation de tout savoir. *In fine*, un donné expérimental ainsi représenté peut être re-connu grâce à sa mise en relation avec une re-collection de traits issus de la mémoire des expériences passées. Sur un plan phénoménologique, nous sommes en prise avec un objet réel ; c'est à partir de celui-ci que nous reconnaissons sa partie *distale*. Sur un plan

193Polanyi (2009, p.4) : « *we can know more than we can tell* »

sémantique, il y a une forme de déplacement du point de contact avec le réel, qui part d'une perception dénuée de sens pour aller vers un point distant, à partir duquel l'interprétation de la perception peut prendre son sens. Polanyi en conclut qu'une connaissance tacite exerce une fonction relationnelle entre les « détails proximaux » d'un phénomène et leur image compréhensible « distale ». Cette connaissance est donc ontologiquement duale, à la fois capacité à aller du donné à son sens, et résultante de ce processus, connaissance « de ». La perception, et aussi la subception sont ainsi établies comme des instances du savoir tacite.

Dans cet esprit, Amartya Sen reprend les implications développées par Polanyi dans la préface de l'édition de 2009. Ainsi, un savoir tacite peut être tenu comme (1) explication pour des connaissances valides d'un problème, (2) capacité d'un scientifique à le solutionner, et (3) anticipation valide des implications pourtant indéterminées de la découverte finale. Dans cet esprit, un savoir tacite, pourtant non formel, non formalisable, et par essence subjectif, pourrait alors constituer un dispositif légitime à l'interprétation de symptômes et au diagnostic.

On objectera pourtant que cette reconnaissance tacite est fondée sur l'expérience du praticien, et qu'elle n'est pas la conséquence de fondements formels de reconnaissance, et ne peut donc de toute évidence constituer la seule modalité de diagnostic, en particulier pour les praticiens à l'expérience limitée. Pour autant, ces deux modalités de savoirs, tacites et formelles, n'en sont pas incompatibles, elles peuvent être complémentaires au même titre que la compréhension formelle de l'ingénieur sur le fonctionnement d'une machine ne peut que renforcer le savoir-faire de son utilisateur qui, pourtant, peut ne pas avoir « besoin » d'en comprendre les rouages. Ce « renforcement » passe par ce que l'on pourrait appeler la prise empathique au réel en considérant les composantes tacites du réel perçu comme éléments signifiants à intégrer au sein du schéma global d'une entité explicitement compréhensive (machine, partition de piano, corps,...).

Ainsi, si le savoir formel semble toujours incapable de rendre compte du savoir tacite, ils constituent deux composantes indispensables à toute connaissance ; chercher à éliminer d'une connaissance tout élément informel, à exclure tout savoir tacite, reviendrait selon Polanyi (2009, p.210) à vouer cette première à l'échec.

Dans le cas qui nous intéresse, évaluer tacitement une lésion cutanée nécessite d'être en

capacité de l'identifier visuellement, d'intégrer en « conscience » ses détails sans nécessairement pouvoir les « dire », de façon à pouvoir les re-connaître. Cette intégration en conscience fait *de facto* intervenir le sujet observant et sa subjectivité à travers les modalités cognitives particulières qu'il a de se représenter le phénomène, de le « mettre en mémoire ». Les détails, non nécessairement dits, et la mémoire implicite non nécessairement mise en récit, sont la matière des heuristiques d'évaluation mis en œuvre. Mais ce processus de re-connaissance se fait aussi dans le cadre plus général de la surface cutanée d'un corps, auxquels le praticien attache des savoirs formels cette fois, qui permettent une prise au réel dans sa globalité et qui ne font que renforcer sa compréhension.

Système 1 et Système 2

Cette nécessaire complémentarité entre deux types de savoirs incommensurables, entre ce que Henri Poincaré (1939) nommait esprit d'analyse et esprit de synthèse, est sans doute à la source du paradigme contemporain. Celui-ci, tel que défini dès Evans et Over (1996), puis Stanovich & West (2000), Kahneman (2003, 2011), ou encore Hogarth (2005), est considéré comme dual. Dans son fameux essai, Kahneman (2011) parle du raisonnement comme étant le produit d'un processus issu d'un système 1 (S1), intuitif, tacite, analogique, approximatif mais rapide, utilisant des raccourcis heuristiques et accédant à une mémoire à long terme tacite, et d'un système 2 (S2), déterminé, explicite, logique, analytique, précis mais très lent et consommateur de capacités cognitives.

Dans le schéma ci-dessous, nous nous sommes inspirés du diagramme de Hogarth (2005, p.69) figurant ce qu'il nomme l'articulation des systèmes « tacite » et « délibératif ». Nous l'avons cependant amendé de façon à faire apparaître cette articulation dans un espace de raisonnement à trois dimensions, les deux premières symbolisant les deux plans du raisonnement, à la fois représentation mentale et processus, le troisième figurant sa finalité, la décision ou l'action :

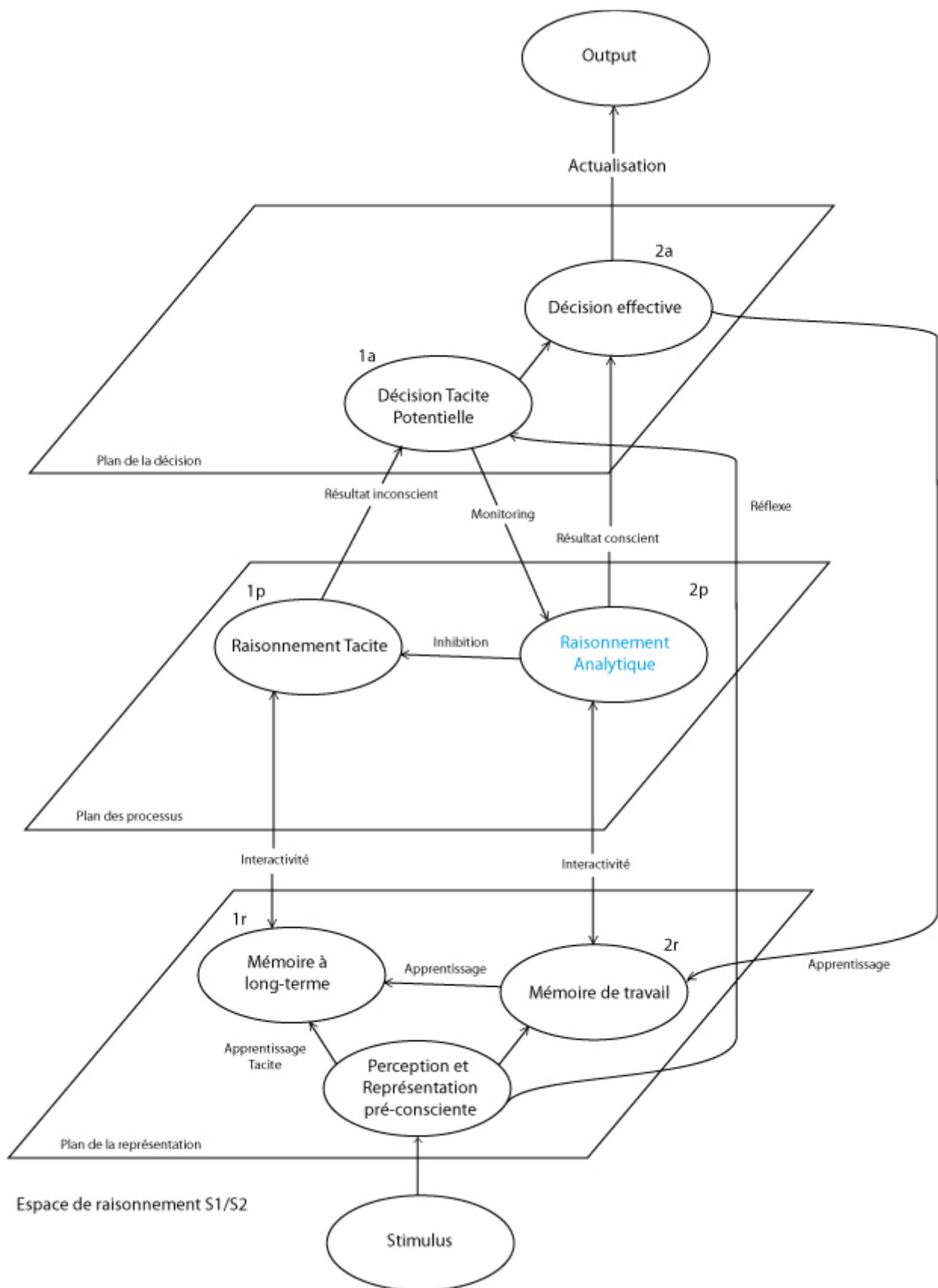


Figure 17 : Diagramme de raisonnement S1 / S2

Dans sa figure de 2005, Hogarth emprunte non pas directement aux schémas conceptuels de l'intelligence artificielle mais plutôt à la tradition cybernéticienne de Norbert Wiener. Dans cet esprit, il conçoit le raisonnement humain comme un traitement du stimulus sensoriel en tant que source d'information, et ce traitement résulte de l'interaction fonctionnelle de S1 avec S2. Dans ce schéma, les cases dont le numéro commence par 2 correspondent à des dispositifs délibératifs, conscients et logiques lorsque celles commençant par 1 figurent des dispositifs tacites et intuitifs, ne relevant pas de délibérations conscientes. Comme dans un système cybernétique ou informatique, il y a une mémoire de travail, immédiate, consciente, et une mémoire à long terme, à laquelle l'accès est donné de façon inconsciente, implicite. Il s'agit par ailleurs d'un système « ouvert » dans la mesure où le stimulus est un intrant qui correspond à la perception d'un phénomène extérieur et « l'output », conséquence de l'action exprimée, est un extrant. La dimension cybernéticienne d'une telle représentation se retrouve dans la capacité de l'extrait à modifier la perception et la conscience au travail de cette perception à travers une boucle de rétroaction. Le raisonnement devient un processus prenant place dans un système global homéostatique, dans lequel le résultat s'ajuste au stimulus jusqu'à l'obtention d'un équilibre persistant.

Comment se passe le traitement de l'information jusqu'à l'obtention d'une décision ?

Par défaut, la pré-conscience est dans un état d'attente d'un stimulus. Par défaut, S1 est présumé activé et S2 est présumé en mode « monitoring »¹⁹⁴, c'est à dire que S2 est en situation de surveiller les produits du raisonnement de S1, sans pour autant qu'il raisonne lui-même. S2 peut aussi s'activer, dans le cas par exemple d'une intention consciente de former un raisonnement analytique, où encore lorsque le produit de S1 est manifestement erroné.

Le stimulus intrant est le déclencheur de tout le processus, celui-ci est perçu et traité par la pré-conscience qui était en attente. Trois cas fonctionnels sont alors envisagés par Hogarth : (1) les informations relatives à l'intrant sont enregistrées de façon automatique et inconsciemment au sein de la mémoire à long terme pour un usage ultérieur, ce qui correspond à la modalité d'apprentissage tacite développée par Michael Polanyi (2009), dans le cas de notre diagramme l'information traitée passe directement de la pré-conscience à la mémoire à long terme ; (2) une action est engagée en court-circuitant tout traitement conscient, par exemple en cas de réflexe à une situation de peur ou encore dans un cas de reconnaissance tacite d'un phénomène, alors le processus de raisonnement tacite figuré dans la case [1p], agit automatiquement, en interaction

194Surveillance

éventuelle avec la mémoire à long terme de la case [1r], l'accessibilité du résultat de cette décision ne se fait que lorsque celui-ci devient conscient en [2a] ; (3) S2 peut prévaloir sur S1, permettre de rejeter le résultat de S1 de telle façon que l'action soit le résultat déterminé par un raisonnement logique.

Au-delà de la progression effective du raisonnement dans cet espace de modélisation, il convient de comprendre comment sont réglées les interactions entre S1 et S2, quelles sont les normes qui régissent la micro-société formées par S1 et S2 et qui lui permettent d'être opérationnelle, c'est à dire d'être en capacité de produire des décisions efficaces en fonction de ressources données.

Nous avons vu précédemment que S1 était par défaut activé, au contraire de S2 qui était par défaut dés-activé. Tant Evans, que Hogarth ou encore Kahneman justifient ces états par le fait que S1 est rapide mais surtout peu gourmand en attention lorsque S2 en est très consommateur. La ressource dont la micro-société de S1 et S2 doit tenir compte est bien l'attention, et la progression du raisonnement répond à une contrainte d'économie liée à cette ressource. Il n'est pas question de nier la capacité logique de l'humain raisonnant. À l'instar de Wim De Neys et al. (2008), il s'agit de poser que le résultat d'un raisonnement n'est pas cognitivement le meilleur possible lorsqu'il est obtenu intuitivement par heuristiques, mais que celui-ci répond à une nécessaire optimisation de ses ressources cognitives.

Système 3

Si le schéma précédent montre quels dispositifs cognitifs interagissent entre eux, ce qu'il n'explique pas, c'est bien ce mécanisme d'optimisation de l'économie cognitive ; explication que l'on peut développer sous forme de questions : de quelle façon se déterminent les règles de prévalence entre S1 et S2 ; dans quelles conditions S2 peut être activé et S1 être inhibé. En d'autres termes, dans quelles conditions le raisonnement de l'homme peut-il éviter les écueils des biais tacites de ses raccourcis heuristiques et basculer vers un raisonnement rationalisé, et ainsi améliorer la valeur de vérité de ses jugements ?

Hogarth propose que, S2 étant en mode « surveillance » de l'activité cognitive, il soit en mesure de déclencher son auto-activation. Cela nous semble peu plausible dans la mesure où, pour

que S2 soit capable d'identifier des situations de résultats biaisés de S1, il faudrait que S2 soit au préalable en mesure d'engager un raisonnement logique à partir duquel évaluer celui de S1 ; il faudrait donc que S2 soit au préalable activé, ce qui n'est pas le cas. Qui plus est, si S2 analytique devait décider de qui raisonne, le résultat en serait nécessairement valide analytiquement. Kahneman (2011) fait un pas de côté en mentionnant la difficulté à éduquer S1, supposant implicitement que le désengagement de S1 devrait provenir de façon réflexive de S1, alors que S2, considéré comme « paresseux »¹⁹⁵ serait en mal de réaliser cette opération. Houdé (1997), quant à lui, postule le « principe cognitif d'un nécessaire Système 3 de contrôle inhibiteur »¹⁹⁶, la « vicariance cognitive »¹⁹⁷. Il s'agit, selon lui d'un système (S3) de méta-contrôle des stratégies et des conduites du raisonnement qui permet de contrôler les états d'un S1 par défaut dominant et d'un S2 par défaut en retrait, de façon à assurer un équilibre entre ces deux dispositifs. S3 génère -ou non- un doute sur l'« accordage » du raisonnement tacite au réel, un doute -non analytique- sur la pertinence du raisonnement tacite, qui permet, si nécessaire d'activer un autre niveau de raisonnement, S2, en maintenant donc des conditions optimales de coût cognitif. Ainsi que le mentionnent De Neys et al. (2008), il s'agit là d'une capacité de détection des biais développés par S1, une capacité à dé-biaiser.

Dans la mesure où ni S1 ni S2 ne peuvent remplir cette fonction de contrôle, il y a donc une nécessité logique à l'existence d'un dispositif de méta-contrôle dont le principe de fonctionnement soit différent de celui de S1 comme de celui de S2. Dans ce cadre, S3 devient un dispositif de régulation de l'espace de raisonnement, il crée une boucle de rétroaction de façon à ce que le raisonnement puisse atteindre son équilibre de pertinence vs coût cognitif.

Alors que S1 est relié à l'intuition, S2 à la rationalité, Houdé relie S3 à l'émotion. Sans entrer dans les détails neurobiologiques de sa proposition, il nous semble cependant que S3 puisse aussi être aussi relié à la volition, ou obligé par un impératif moral ou normatif. Plus important est de former une hypothèse quant à quels éléments de la décision de S1 sont évalués par S3. Nous avons vu que ceux-ci ne pouvaient être d'ordre rationnel (analytique). De la même façon qu'une phrase peut être envisagée sous sa forme signifiante, soumise à un formalisme syntaxique qui en détermine la validité, et aussi sous son contenu sémantique, porteur de sens, il nous semble pertinent d'envisager que S3 s'intéresse au sens d'une décision formée par S1, et à l'accord sémantique qu'il peut y avoir entre cette décision et le réel.

195 Voir Kahneman (2011, p.38)

196 Voir Houdé (2014, p.75)

197 Voir Houdé (2008, mot n°96 : Variabilité) cité dans Houdé (2014, p.76)

Nous pouvons quoiqu'il en soit considérer l'existence de S3 *a minima* de façon pragmatiste à travers l'ensemble de ses effets au monde, c'est à dire dans les occurrences où une action a lieu sur S1 et S2, où S1 a été effectivement inhibé et S2 activé. Par exemple, dans conditions normales, un pilote doit diriger son avion rationnellement (S2), selon des procédures apprises, des règles et normes édictées par la compagnie aérienne, dans les avions modernes en tenant compte des consignes fournies par son assistance automatisée, alors qu'il pourrait piloter de façon traditionnelle et intuitive (S1), en réagissant physiquement à sa machine dans son environnement de vol. Cette rationalité du pilotage, ces inhibition de S1 et activation de S2, se font, dans ce contexte, par l'effort et l'attention rendus nécessaires par l'injonction normative *a priori*. Pour autant, si au lieu de se trouver dans des conditions normales de vol, le pilote se trouve dans une situation stressante, où il se retrouve obligé à piloter sans l'aide explicitement valide de son assistance, dans un environnement où par exemple de multiples alarmes sonores et visuelles se déclenchent¹⁹⁸, le pilote est émotionnellement submergé, mais on peut aussi dire que le réel a perdu pour lui de son sens, de telle sorte que la critique sémantique des décisions tacites de S1 par rapport au réel est devenue impossible, le pilote se trouve dans l'incapacité d'agir sur S1 et de l'inhiber. Pour donner un exemple sur la façon dont S1 peut être inhibé *a posteriori*, envisageons le cas de figure où un pilote de chasse perd l'usage du réacteur de son aéronef au dessus d'une zone habitée. Intuitivement, il devrait activer son siège éjectable pour être sûr de survivre, mais en s'éjectant, son avion n'étant plus dirigé risquerait de s'abattre sur une maison. S3 doit donc exercer son contrôle, soit en maintenant (S1) l'instinct de survie du pilote, soit en inhibant S1 et activant S2 de telle sorte qu'un raisonnement analytique conduise à une solution satisfaisante qui préserve la vie du pilote en réduisant le risque d'autres fatalités.

Bien entendu, considérer un tel troisième système nous maintient dans la vision cybernétique de la cognition humaine telle que proposée par Hogarth. Mais lorsque ce dernier ne peut expliquer la résolution de conflits entre processus et donc l'atteinte de l'équilibre final, il nous semble que l'introduction de S3 nous donne la possibilité de montrer comment le raisonnement peut tendre vers une situation d'équilibre et comment nous pouvons nous satisfaire émotionnellement *in fine* de cet équilibre. Le schéma ci-après a substitué le processus de contrôle réalisé précédemment par S2, par un processus réalisé par un système de métacognition qui n'est ni intuitif ni logique, mais qui a ce pouvoir de contrôler la cognition, d'évaluer un résultat intuitif, d'inhiber si nécessaire S1 en activant S2. Ce troisième système permet effectivement d'optimiser les ressources en attention dont nous disposons en rejetant néanmoins les résultats intuitifs perçus par S3 comme non valides.

198C'est par exemple le cas du crash de l'AF447 dans la nuit du 31 mai au 1er juin 2009

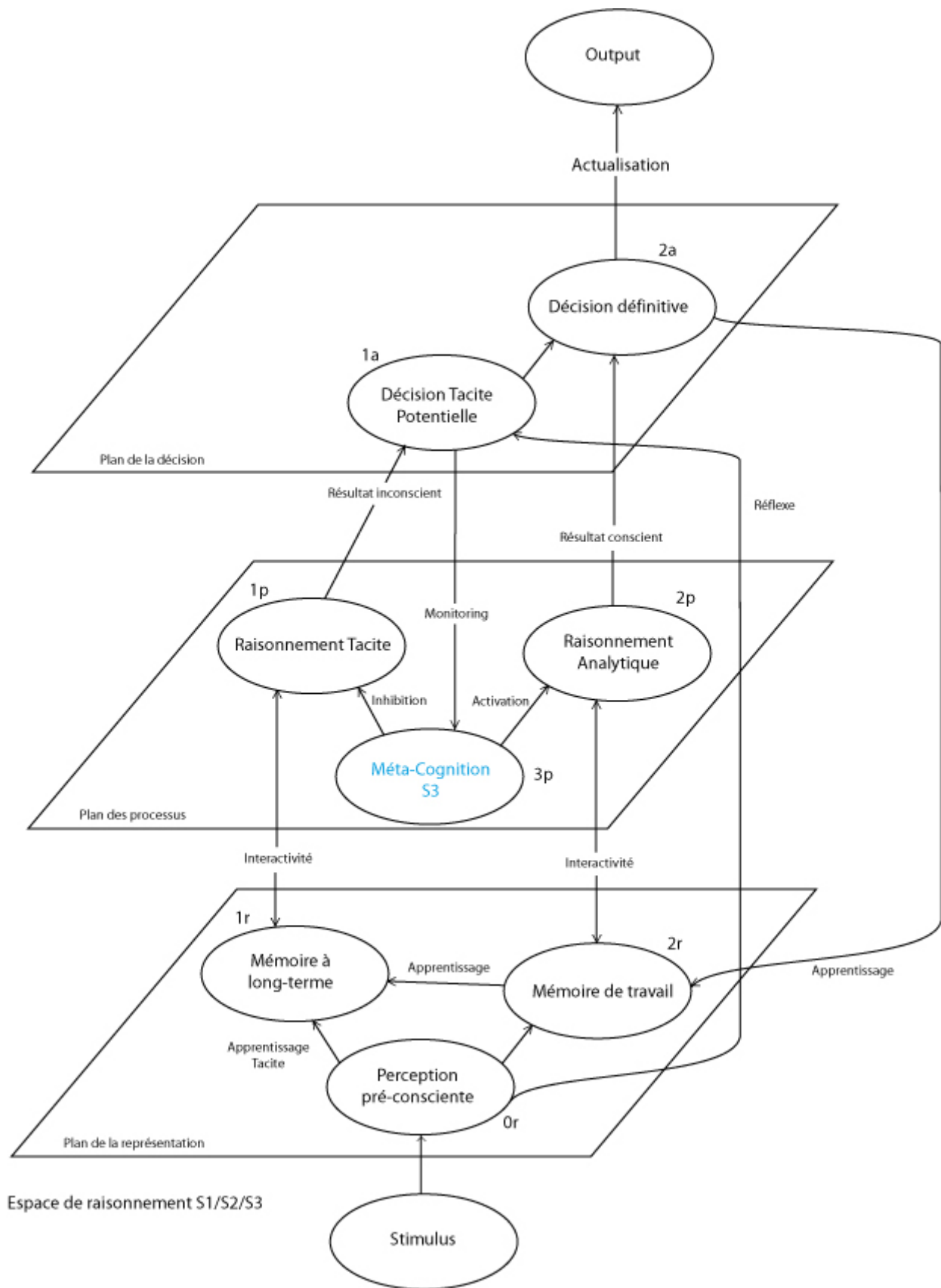


Figure 18 : Diagramme de raisonnement S1 / S2 / S3

Si, à l'instar de Houdé (2014, p.91), l'on considère que S3 est « éduicable », en tant qu'objet d'entraînement, il devient un véritable dispositif de réglage de l'optimisation du ratio vérité/coût cognitif du raisonnement humain, et le niveau d'équilibre pourrait être alors déterminé *a priori*.

b. Formalisation des modalités cognitives du raisonnement clinique contemporain

Cette théorisation est-elle traduite dans le micro-monde du diagnostic médical et de quelle façon ?

Del Mar et al. (2006, p.14) mentionnent trois typologies cognitives de raisonnement clinique, à savoir (a) acquisition et examen systématique de toutes les données cliniques, (b) raisonnement hypothético-déductif, (c) reconnaissance d'archétypes¹⁹⁹. Ces modalités sont classées par ordre croissant de rapidité d'atteinte du résultat, et donc de raccourci heuristique et incidemment par ordre décroissant de probabilité d'atteinte d'un résultat pertinent dans des circonstances inhabituelles et/ou complexes. À ces trois modalités, on pourrait sans doute en ajouter une quatrième qui serait le raisonnement algorithmique²⁰⁰.

La première modalité (a) envisagée est une modalité systématique. Si elle dit la systématisation de l'acquisition des données cliniques, elle ne dit pas explicitement la procédure d'examen de ces données afin d'établir un jugement clinique. Il s'agit de fait d'envisager de façon exhaustive l'ensemble des jugements cliniques possibles, de façon critique, de manière à les falsifier ou encore à leur attribuer un score de probabilité ou au moins de vraisemblance si une véritable probabilité n'est pas calculable formellement. Il s'agit donc d'un raisonnement formellement logique, pour peu que l'évaluation de chaque « possible » clinique soit elle-même réalisée de façon formelle, réalisé donc uniquement par le système cognitif S2, la métacognition S3 agissant alors comme une contraignant à l'utilisation spécifique de S2. Une telle modalité pourrait par exemple correspondre aux préconisations de l'EBM²⁰¹, elle correspond plus à une modalité prescriptive, normative, qu'à la description d'un réel clinique.

¹⁹⁹*patterns*

²⁰⁰Voir chapitre IV.4.1.

²⁰¹*Evidence Based Medicine*

Nous avons déjà évoqué comment (b), en tant que modalité de jugement clinique avait été popularisée par Elstein et al. (1978). D'un point de vue logico-sémiologique, la modalité (b) peut être considérée en tant que réalisation d'un processus d'abduction, d'inférence à la meilleure explication. Elle met donc en œuvre un premier processus cognitif de génération rapide d'hypothèses, puis un second de test déductif de ces hypothèses. Il paraît clair que le dispositif de test est une fonction cognitive de S2. On peut néanmoins s'interroger sur le dispositif de génération de ces hypothèses, il semble que ce schème processuel soit pour le moins ambiguë au regard du système cognitif S1/S2/S3. Dans ce cadre, soit les hypothèses sont formées de façon consciente, donc à travers S2, qui va pouvoir ensuite les évaluer formellement, soit elles sont le produit d'un système inconscient, intuitif, donc S1. Elstein (2009, p. 13) avance que « le processus plus formel de formation et de test des hypothèses est une fonction du système S2 ». Par analogie, c'est aussi le cas du raisonnement abductif de Sherlock Holmes dans ses enquêtes. Ainsi, longtemps avant les travaux d'Arthur Elstein, Richard Cabot (1911, pp.17-20), avait, sur des bases de philosophie pragmatiste, déjà formulé les principes d'un raisonnement hypothético-déductif. Celui-ci le fondait sur la connaissance formelle de « l'histoire naturelle de toutes les maladies communes », la connaissance de l'ensemble des symptômes qui leur sont normalement (probablement) et qui leur sont possiblement associés. L'enquête diagnostique pragmatiste procède alors à un va-et-vient entre causes envisagées comme possibles en conscience²⁰² rendues ou non probables par la déduction, soit en expérience de pensée, soit par l'addition de données issues d'examen complémentaires. Dans ce cadre, les hypothèses sont donc formées et énoncées consciemment avant que d'être testées, les deux opérations étant alors réalisées formellement et de façon contraignantes par S2. Pourtant, parallèlement à Elstein (2009), Schwartz et Elstein (2008, p.224) expliquaient que la résolution d'un problème de diagnostic passait par la formation d'un nombre nécessairement limité d'hypothèses face au volume de données cliniques potentiellement disponibles, sans pour autant proposer un système de contraintes auquel devrait répondre cette auto-limitation numérique. Il est alors question de savoir si la formation, ou l'émergence (?), d'hypothèses se fait de façon consciente ou non et quel mécanisme permet de les sélectionner de façon à contrôler leur nombre. Si il s'agit d'émergence intuitive avec une fonction S3 de présélection, alors S1 est aux commandes (comme par défaut), et S3 peut, de façon systématique et rapide, inhiber S1 et activer S2 ; si il s'agit de formation consciente uniquement, cela veut dire qu'il y a un mécanisme formel, donc lent, de génération d'hypothèses, *a priori* vraisemblables et pourtant non intuitives. Il y a bien là une tension entre une théorie cognitive descriptive et une théorie clinique prescriptive. Si nous voulions résoudre cette tension logiquement en considérant

202Et par l'usage de tables différentielles

les contraintes en présence, d'existence d'un raisonnement hypothético-déductif nécessitant la formation d'un nombre *a priori* limité d'hypothèses *a priori* plausibles dans un temps réduit, puis de leur test déductif, il nous faudrait amender le rôle théorique de S3. S3 devrait alors non plus seulement évaluer le résultat de S1 afin, si nécessaire, d'inhiber S1/activer S2 dans une boucle de rétroaction, mais évaluer la plausibilité *a priori* non plus d'un mais de plusieurs résultats successifs de S1, pour qu'ils soient portés à la conscience de façon à être traités et testés séquentiellement par S2. Les processus tacites et formels s'articulent alors de façon séquentielle, obligée.

Quant à (c), il s'agit d'une reconnaissance d'archétypes, ou encore de ce que Nendaz et al (2005) nomment des configurations caractéristiques de signes. Selon Newble et al. (2000)²⁰³, le clinicien collecte l'ensemble des données cliniques, les synthétise et génère une représentation mentale à partir de laquelle il peut chercher intuitivement des similarités avec les représentations présentes dans un « répertoire » de cas déjà rencontrés et mémorisés. Cette modalité est à ce titre exemplaire du modèle de reconnaissance visuelle tacite tel qu'a pu la décrire Michael Polanyi, mais aussi du modèle cognitif, faisant appel par défaut à l'intuition de S1, S3 faisant œuvre de métacognition de contrôle d'erreurs possibles dans S1.

Dans sa considération des modalités (b) et (c), Elstein (2009) ne résout d'ailleurs pas ses contradictions lorsqu'il pose la question du comment de la décision de la modalité de raisonnement à choisir. De fait, le choix conscient ne peut porter que sur une intention de raisonnement formel et sur les modalités logiques d'un tel raisonnement formel, et en cas de non choix (conscient), le raisonnement sera par défaut intuitif et tacite.

En ce qui concernent les comportements effectifs, Kassirer et Kopelman (1991)²⁰⁴ mentionnent que le raisonnement hypothético-déductif est plus utilisé par les jeunes praticiens tant qu'ils n'ont pas développé l'expérience nécessaire et les connaissances élaborées qui lui sont alors associées ; Groopman (2007)²⁰⁵, que comme conséquence des contraintes de temps et d'argent, la modalité intuitive, plus rapide sera privilégiée ; enfin Elstein (2008, p.225)²⁰⁶, que les experts médicaux, dans des situations qui leur sont familières, « n'énoncent pas explicitement l'hypothèse et son test », ils emploient au contraire un raisonnement « rapide, automatique et souvent non-verbal ». Ces situations familières sont du registre de la reconnaissance d'archétype (b) ou encore de la re-

203Newble D.,Norman G.,Van der Vleuten C. (2000) : “*the intellectual activity which synthesizes information obtained from the clinical situation, integrates it with previous knowledge and experience, and uses it for making diagnostic and therapeutic decisions*”, cité par Pestiaux et al. (2010)

204Cité par Elstein (2009, p.12)

205Ibid p.13

206S'appuyant sur Brooks et al (1991), Eva et al (1998), Groen & Patel (1985), Schmidt et al (1990)

connaissance d'une similarité avec une situation mémorisée à long terme.

Ces spécificités comportementales rendent compte d'une part de la complexité effective d'un raisonnement diagnostique, mais surtout, elles rendent compte des particularités situationnelles qui engagent, intentionnellement ou non, le praticien dans une « chemin » de raisonnement ou dans une autre, qu'il s'agisse de particularités liées au praticien lui-même, à son expérience générale ou spécifique à la situation, au contexte sociologique de son exercice, et enfin de la difficulté spécifique d'un cas clinique donné. Ces différentes études ont établi une forme de relation entre complexité perçue de la situation clinique et modalité de raisonnement. La complexité perçue étant liée à l'expérience et l'expertise d'un clinicien, à la difficulté intrinsèque du diagnostic à porter, et du contexte socio-professionnel au moment de la réalisation de la tâche. Une complexité accrue appelant à un raisonnement plus formel donc plus lent et consommateur de ressources cognitives.

Plutôt que de cloisonner ces trois modalités, Del Mar et al. posent que « les cliniciens expérimentés utilisent souvent les trois modalités d'atteinte du diagnostic à la fois, en fonction du problème à résoudre ». Plus largement, il nous semble que le raisonnement clinique doive être considéré dans une acceptation de mixité cognitive, en ce qu'il engage à la fois des processus intuitifs, tacites (S1) et formels, rationnels (S2). L'articulation mixte de ces deux types de processus peut alors être représentée comme suit :

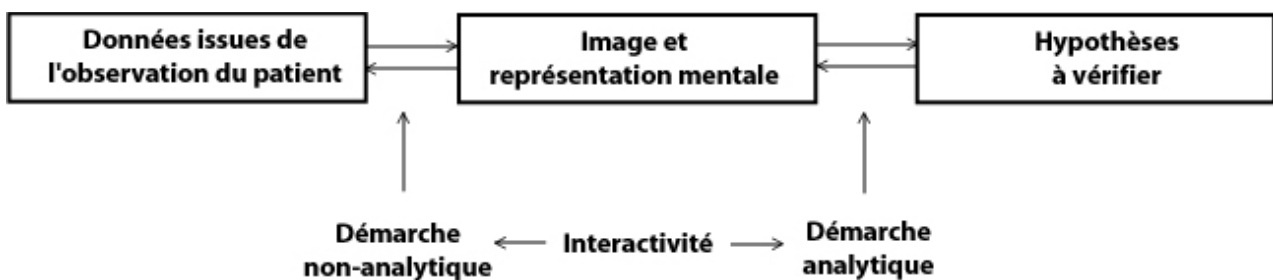


Figure 19 : Modèle combiné de raisonnement clinique

Source : Pestiaux et al (2010, p.61), reprenant Eva (2005)

Cette figure générique revient sur la dimension duale du raisonnement : d'une part l'espace des données, d'autre part l'espace des processus, ici les « démarches ». L'espace des données est

structuré à partir du point d'entrée constitué par les données cliniques -pas uniquement explicites-, à leur représentation mentale, jusqu'à la constitution d'hypothèses à vérifier en point de sortie. La genèse de cet espace des données est réalisée grâce aux démarches de raisonnement qui sont en interaction : un processus intuitif, non-analytique, ou pouvoir tacite et un processus rationnel, permettant la représentation mentale, la génération d'hypothèses et la vérification des hypothèses. Le degré d'interaction définit la typologie du raisonnement, d'un raisonnement majoritairement non-analytique correspondant à une reconnaissance d'archétypes, à un raisonnement majoritairement analytique correspondant à une démarche d'évaluation systématique des causes possibles.

Modalités cognitives et logique du raisonnement

Dans ce qui précède, nous avons évoqué les modalités cognitives du raisonnement, c'est-à-dire les mécanismes mentaux qui permettent d'opérer le raisonnement. Nous avons évoqué plus tôt les structures épistémologique et sémio-logique du raisonnement de détection d'un mélanome. Pour autant, la mise en relation entre dispositifs cognitifs à l'œuvre et la structure logique sous-jacente au raisonnement n'a pas été directement faite.

Dans l'idée sémiologique d'un raisonnement interprétatif des signes, ils s'agissait de procéder de façon abductive, c'est-à-dire en partant de règles et de symptômes en tant que conséquences d'une cause. Dans cette formulation logique qui renverse la temporalité, la cause est le résultat de la proposition dont les prémisses sont formées par la règle et la conséquence²⁰⁷.

Il est à noter que selon Larkin (1980), repris par Norman et al. (1999) ou encore Kulatunga et al. (2000), un tel raisonnement par chaînage avant est la marque d'un praticien-expert alors que le « novice » tendra à un raisonnement par chaînage arrière, utilisant la modalité (a), listant de façon systématique les diagnostics possibles, en vérifiant la concordance de leurs tableaux cliniques associés avec les signes réellement observés. Le mouvement va alors des causes vers leurs conséquences perçues et n'est à ce titre plus caractéristique d'une abduction. Sans doute certains processus d'EBM peuvent-ils être eux aussi considérés comme procédant de la systématisation d'un tel chaînage arrière. Mais cette qualification peut être renversée lorsque l'examen relève de l'évaluation systématique des signes vers leurs causes possibles, à travers par exemple une

²⁰⁷Paradoxalement, c'est ce que l'on appelle en psychologie cognitive un raisonnement par chaînage avant ou « *forward reasoning* » en anglais, en considérant, non pas la temporalité causale, mais le mouvement qui va des données du problème à sa solution

approche analytique, bayésienne, pour laquelle le praticien a une idée *a priori*, formelle ou non²⁰⁸, de la probabilité d'un diagnostic associé à un groupe de signes cliniques et des probabilités conditionnelles associées à d'autres signes complémentaires. Dans le même ordre d'idée, un algorithme de décision clinique est une autre modalité de raisonnement automatique à chaînage avant qui infère ou calcule un diagnostic en faisant appel à des règles résultant d'inductions, à ce titre, un tel algorithme, synthèse explicite de règles d'inférence explicites, rendrait compte d'une forme d'abduction de type I, telle qu'établie par Bonfantini et Proni (2015, p.154), c'est-à-dire lorsque le raisonnement procède d'un mécanisme systématique et contraignant. Quant à la modalité (c) de reconnaissance tacite de similarités, le mouvement se fait toujours par « chaînage avant », mais de façon implicite. Les règles utilisées consistent en l'évaluation des similarités à partir d'un répertoire implicite de cas déjà rencontrés, représentés cognitivement et mémorisés. Même si implicites, les règles restent encore d'ordre inductif, issues d'une forme de généralisations de caractéristiques particulières d'expériences mémorisées par une fonction de similarité. Quant au type d'abduction, il dépend, dans ce cas, du cas clinique à diagnostiquer : Bonfantini et Proni distinguent les abductions de type II lorsque la sélection des hypothèses se fait dans un répertoire de cas mémorisés, ce qui est le cas classique de la reconnaissance tacite, des abductions de type III lorsque le raisonnement doit amener un résultat innovant, ne correspondant à aucune expérience mémorisée. Ce dernier cas d'une inférence réalisée *de novo*, face à une situation inhabituelle, n'est pourtant pas évoqué par les théories du raisonnement clinique.

De ce point de vue logique, la modalité (b) hypothético-déductive relève d'un dispositif hybride, à la fois par chaînage avant pour ce qui est de la génération tacite et abductive d'un nombre limité mais néanmoins suffisant d'hypothèses pertinentes, et par chaînage arrière pour le test déductif de ces hypothèses afin d'engager un raisonnement fécond.

Cas particulier de la détection de mélanomes

Nous avons vu de quelle façon le raisonnement clinique pouvait s'appuyer sur deux dispositifs différents, voire concurrents mais qui pouvaient aussi interagir de façon collaborative, l'articulation entre les deux dispositifs se faisant par l'intermédiaire d'un système de métacognition.

Selon Regehr et al (1994, p.S34), si l'enseignement de la clinique dermatologique s'appuie

208Formelle dans le cas de l'EBM

particulièrement sur des raisonnements analytiques et formels, il n'y a pourtant pas de base explicite et *a priori*, pour qu'un praticien opte pour une stratégie de raisonnement plutôt qu'une autre. Kulatunga et al., ou encore Allen et al (1992) nous rappellent la nature éminemment visuelle du diagnostic dermatologique, et donc sa proximité cognitive avec le raisonnement par reconnaissance de similarités, qui reste implicitement « prioritaire » dans le cheminement cognitif. C'est ce que soulignent, en particulier, Julie Gachon et al (2005, p.437), dans leur étude sur le comportement de 135 dermatologues, lorsqu'ils mettent en évidence la prévalence de diagnostics intuitifs basés principalement sur la reconnaissance holistique de similarités.

Par ailleurs, nous avons vu précédemment que le choix d'une modalité de raisonnement, ou d'articulation de modalités, pouvait, dans les faits, être lié à la complexité perçue de la tâche de diagnostic à accomplir. Cette complexité perçue peut par exemple être liée à l'a-typicité d'une situation clinique²⁰⁹. Regehr et al ont justement envisagé la façon dont se déploie le raisonnement en fonction de la typicité ou de l'a-typicité d'un cas. Si la typicité et la similarité sont deux notions connexes, la typicité est une relation à des régularités au sein d'une catégorie pathologique lorsque la similarité cognitive est une relation à des exemples, appris ou expérimentés, et mémorisés. Les régularités d'une catégorie sont des éléments intensionnels et formels que l'on apprend et auxquels on peut faire appel de façon analytique, mais elles sont aussi représentées de façon extensionnelle par des exemples « typiques ». Ceux-ci sont aussi représentés par les cas les plus fréquents dans la pratique, et certaines de leurs instances ont donc normalement été mémorisées par les praticiens. Mais Regehr et al considèrent ces deux notions de façon orthogonale, envisageant les quatre cas de similaire/non-similaire vs typique/a-typique.

Ils concluent que l'utilisation première de la reconnaissance tacite de similarités « est d'une grande influence, même dans des circonstances où des règles analytiques existent » et qu'une « stratégie intentionnelle permettant de suspendre le jugement dans l'attente d'alternatives apparaissait comme étant une stratégie utile, au moins pour les cas typiques »²¹⁰. Ainsi, dans notre cas de la dermatologie, un élément important de la stratégie diagnostique réside dans cette capacité à raisonner par similarité, ce qui rend nécessairement le clinicien dépendant de son répertoire tacite d'exemples mémorisés dont l'un au moins doit être similaire au cas clinique observé. Cette relation de similarité donne des résultats probants que le cas soit typique ou non, rendant la modalité S1

209Norman et al (1989, p.1064) : « les cas typiques [...] possèdent la plupart des caractéristiques de la catégorie. À l'opposé, les cas a-typiques en revêtent un minimum en même temps qu'un plus grand degré d'ambiguïté ».
Traduction par l'auteur.

210Regehr et al (1994, p.S36), traduction par l'auteur

efficace. Pour autant, ceux-ci prônent²¹¹ une stratégie intentionnellement hypothético-déductive intégrant S2 au raisonnement, laquelle stratégie doit permettre d'obtenir des jugements plus pertinents encore. Les cas a-typiques, ne relevant pas de régularités établies, ne peuvent donner lieu à des raisonnements analytiques probants mais peuvent néanmoins donner lieu, dans les cas similaires-atypiques, à des raisonnements par similarité, et dans les cas non-similaire-atypique à des inférences *de novo*. Dans ces cas non pris en charge par la théorie, le raisonnement non-analytique est lui en capacité de donner des réponses pertinentes.

Bien loin de la définition de l'expertise diagnostique par Schwartz, Baron et Clark (1988, p.423), selon laquelle l'expertise humaine relève, tel un système-expert, de l'articulation de règles formelles, de la maîtrise des liens causaux dans le processus pathologique²¹², dans leur article sur l'enseignement du raisonnement clinique, Nendaz et al (2005, p.239) rendent ainsi compte de cette forme collaborative optimale entre dispositifs de raisonnement dans le cadre spécifique de la dermatologie²¹³:

« En dermatologie par exemple, le raisonnement est souvent : *l'aspect évoque un cancer baso-cellulaire* (jugement de similarité). *S'il s'agit bien de cela, je devrais trouver en périphérie un aspect perlé et des télangiectasies* (confirmation sur le mode hypothéticodéductif). »

C'est ce type de mécanisme cognitif qui pouvait être mis en œuvre dans le processus de détection mélanomes que nous avons qualifié d'agnostique, c'est-à-dire en l'absence d'un modèle théorique *a priori* présidant à la résolution de l'enquête diagnostique.

La situation contemporaine est différente puisque, en sus de répertoires extensionnels de cas « typiques », enseignés, ou de cas expérimentés, mémorisés, et permettant la reconnaissance tacite de similarités, le praticien a aujourd'hui à sa disposition des dispositifs théoriques, prenant la forme de mécanismes interprétatifs, formels et prescrits pour un usage systématique.

Nous ne sommes néanmoins pas ici dans le cas de l'aéronautique civile où des procédures viennent régler de façon normative la décision humaine ; le médecin-dermatologue a toute latitude pour choisir, implicitement ou non, la modalité de raisonnement qui va lui permettre de résoudre l'enquête en diagnostic. Pour autant, une modalité parfaitement formalisée et dont l'usage est réglé, balisé, est bien à sa disposition. En se référant une nouvelle fois à Regher et al (1994), ou encore Kulatunga et al (2001), Jaarsma et al (2015), si les « novices » s'appuie de façon prioritaire sur les

211Rappelons qu'il s'agit d'un article sur l'enseignement du raisonnement clinique

212« *Expert diagnosticians perform well because they have learned much about the placement and strengths of the links between causes and effects in the disease process* ». Traduction par l'auteur

213On ajoutera : dans des cas typiques

règles formelles de diagnostic, la stratégie première d'un expert est une stratégie holistique, tacite et intuitive. Trois cas de figure sont alors possibles : (a) le cas clinique est considéré par S3 comme étant familier, « simple », et le raisonnement peut s'arrêter sur le résultat intuitif issu de S1 ; une ambiguïté émerge (et le temps le permet), S3 renvoie à l'usage analytique issu de la règle théorique; par prescription, selon la citation de Nendaz ci-dessus, ou encore parce que les conséquences du diagnostic peut être « cruciales », selon les termes de Dreyfus et al (pp.31-32), le praticien opte intentionnellement pour une délibération autour de l'hypothèse tacite par l'utilisation de la règle formelle.

Pour autant, Allen et al (1992) nous font remarquer que l'usage même de la règle, quand bien même formelle, peut-être altéré par la mémorisation d'exemples issus de l'expérience. Ces exemples, quand ils sont « typiques », peuvent être considérés comme des instanciations de la règle, qui devient non plus le résultat idéalisé d'une induction, mais qui est alors définie de façon extensionnelle par la mémoire de cas particuliers, le médecin étant alors en prise subjective tant avec le réel qu'avec sa mémoire du réel et le diagnostic qui lui avait été assigné. Dans notre cas, la règle ABCDE serait donc utilisée en seconde instance, après une reconnaissance préalable de similarité, et cette même règle ABCDE ne serait alors pas utilisée d'une façon explicitement objective, telle qu'enseignée et prescrite, mais modulée en fonction de l'expérience du praticien.

La traduction schématique en devient :

- (i) reconnaissance visuelle holistique (pré-conscience)
- (ii) raisonnement tacite (S1)
 - re-collection d'exemples mémorisées
 - re-connaissance de similarités
- (iii) évaluation du sens de la décision tacite (S3)
- (iv) si rendu nécessaire par S3 ou par l'intention : raisonnement formel (S1)
 - reconnaissance visuelle des traits ABCD
 - mise en phrase de ces traits hétérogènes
 - raisonnement formel ABCD

De ce qui précède, il ressort que la rationalité explicite que l'on pouvait attendre à la suite de la mise en place du paradigme formel ABCDE n'a pas eu lieu de façon normative. Le raisonnement diagnostic se développe selon un schéma dans lequel la règle analytique ne vient qu'en seconde instance, soit de façon intentionnelle, soit dans des cas où l'incertitude n'est pas considérée par le praticien comme ayant été levée lors du raisonnement tacite. Qui plus est, l'utilisation même de la

règle peut se révéler être modulé par cette mémoire expérientielle qui était déjà à la source de l'intuition.

4.3. Régime d'objectivité et composantes implicites

Dans ce qui précède, nous avons évoqué l'ensemble des dispositifs théoriques, logiques et aussi cognitifs qui peuvent être mis en œuvre dans une enquête en diagnostic.

Il nous semble que le caractère explicite ou implicite ainsi que le régime d'objectivité sont à la fois connexes et complémentaires en ce qu'ils constituent deux clefs d'analyse des mécanismes de raisonnement qui doivent nous permettre, non pas d'évaluer la valeur de vérité des savoirs qui en résultent, mais de fonder une grille de lecture critique sur les conditions d'élaboration de ces savoirs cliniques.

Par mécanismes explicites, nous entendons des mécanismes qui peuvent être « dits » de façon transparente, sans, par opposition, qu'ils soient définis par des déterminants implicites, non-dits ou non-dicibles, non-expliqués ou non explicables.

Pour ce qui est de l'objectivité, une définition possible est celle de Lorraine Daston et Peter Galison (2012, p.25) :

« Être objectif, c'est aspirer à un savoir qui ne garde aucune trace de celui qui sait, un savoir vierge, débarrassé des préjugés et des acquis, des fantasmes et des jugements, des attentes et des efforts. L'objectivité est une vision aveugle, un regard sans inférence, sans interprétation, sans intelligence. »

Cette définition, certes radicale dans sa façon d'exclure toute marque du sujet de l'observation, en ne conservant que ce qui a trait à l'objet et à sa nature, a l'avantage de tracer de façon catégorique une frontière entre objectivité et son contraire, la subjectivité.

Henri Poincaré (1939, pp.285-296) propose, de s'attacher non pas à l'objet extérieur, isolé du sujet et du monde, mais à l'objet dans sa relation structurale au monde, dans ce qui fait pour lui l'objet en soi, le « lien constant » qui cimente le groupe auquel il appartient, mais aussi dans la relation qu'il entretient avec tous les observateurs rationnels. L'objectivité, de la science pour

Poincaré, mais plus généralement d'un jugement de catégorisation, ne porte plus alors sur les « qualités pures » d'un objet isolé, « ce qui est objectif [...] n'est que relation pure », dit-il²¹⁴. Il ne s'agit plus alors d'exclure le sujet dans sa relation à l'objet, mais de s'assurer que tous les sujets ont en commun le même jugement sur un objet en relation dans son appartenance à une catégorie.

L'histoire du concept de mélanome que nous avons évoquée au paragraphe I.2. avait été illustrée en particulier par les planches de l'atlas de Thomas Bateman (1817), lesquelles sont significatives de ce Daston et Gallison (2012, pp.69-136) nomment la « vérité d'après nature », une façon de représenter la forme visuelle idéalisée d'une pathologie, dépouillée des anomalies particulières à un objet individuel et mettant en avant la typicité et les régularités propres à une classe de façon à « calibrer » l'œil du praticien. Cette présentation d'archétypes a été remplacée au début du XX^e siècle et jusqu'à l'époque contemporaine, par des photographies de la forme apparente de lésions puis aussi par de l'imagerie médicale : des dermoscopies, des coupes en microscopie histopathologique. Il y a donc eu à ce moment passage à une image produite mécaniquement venant illustrer le contenu explicatif d'articles dermatologiques. Ces nouvelles images ont pu encore être reprises à travers des atlas modernes²¹⁵, ne formatant pas l'œil du lecteur à travers des archétypes de classes²¹⁶, mais en illustrant ceux-ci avec des exemples réels soumis à l'interprétation par le lecteur. Il y a eu, pendant cette période, une transformation du régime d'objectivité de la présentation théorique du mélanome, d'une vérité d'après nature à une objectivité mécanique qui supprime l'intention d'abstraction de son auteur. Pour autant, même si l'image mécanique rend compte d'un objet particulier dont les anomalies n'ont pas été gommées, elle a néanmoins été sélectionnée avec attention, si ce n'est avec le génie dirigeant l'abstraction, au moins avec expertise, afin de rendre compte au plus près des régularités d'une classe pathologique ou du propos d'un article. C'est le cas par exemple des articles fondateurs de Breslow et al (1970), et Friedmann et al (1985) dont les propos sont illustrés par des photographies et des photomicrographies mécaniquement objectives. Toutes ces formes de présentations montrent de façon explicite en même temps que disent les textes qui les accompagnent.

Lorsqu'une lésion réelle particulière est présentée au clinicien, tant sa représentation mentale que le raisonnement qui est développé à partir de cette dernière relèvent de régimes complexes

214Poincaré (1939, p.287)

215On citera en particulier l'atlas de dermoscopies de Marghoob, Malvey et Braun (2012)

216Nous rappelons à ce sujet l'étude de Regher et al (1994) sur la reconnaissance des cas typiques

d'objectivité et d'explicité.

Considérons dans un premier temps le dispositif tacite de reconnaissance de similarités. La lésion en tant qu'objet réel est en relation avec une catégorie issue de la définition intensionnelle du concept de mélanome. Cette lésion se donne à voir explicitement à travers sa surface cutanée. Comme nous l'avons vu, à travers la perception qui en est faite, un stimulus pré-conscient est généré chez l'observateur. La reconnaissance visuelle engage une capacité à se représenter mentalement ce stimulus de façon unique, à en identifier une structure holistique caractéristique. Elle engage aussi une capacité à la mémorisation. Cette structure, formant donc une représentation mentale intuitive, est intégrée en « conscience » sans qu'elle puisse être dite. Cette simple mise en structure du percept, avant même d'en comprendre le sens relève donc de l'implicite, du non-dit. Elle relève donc sans doute d'une forme d'objectivité puisque la volonté et l'intention du sujet observant ne sont pas engagés dans ce traitement automatisé de l'information. Néanmoins, elle relève aussi d'un implicite privé et non-transmissible, subjectif au sens de Poincaré.

Cette représentation de l'expérience immédiate est la matière qui va permettre de procéder à une reconnaissance à partir des représentations issues d'expériences mémorisées, des savoirs tacites de Polanyi, qui forment une collection de représentations dont les archétypes ne sont pas explicitement définis. Dans ce processus, le « soi scientifique doué de volonté », décrit par Daston et Galison, est absent, est remplacé par le « moi privé, enfermé dans son univers d'expériences »²¹⁷. Il s'agit ici de mettre en relation la représentation mentale avec un atlas mémoriel définissant de façon informelle et extensionnelle le concept de mélanome. Cette mise en relation, cette recherche et reconnaissance de similarités, se font par l'usage d'heuristiques sur un mode tout aussi informel et implicite que la mise en structure. Mais la formation des heuristiques répond à une logique d'optimisation du coût cognitif, dans laquelle le sujet, même non-conscient, exerce une forme d'intelligence, de pouvoir tacite non seulement à comparer des représentations, mais plus encore à minimiser le chemin d'accès aux savoirs tacites à partir desquels reconnaître la lésion observée.

Cette modalité implique l'individualité du sujet dans son observation particulière, dans la mise en relation holistique qu'il fait avec une collection d'expériences que lui seul a mémorisées, ce qui entraîne une subjectivité certaine dans l'appréhension particulière du phénomène et le traitement de l'information, dans le jugement tacite qui est finalement porté. Pour autant, ce jugement tacite est aiguisé par l'expertise du médecin, il est « exercé ». Au sens de Poincaré, certes, les relations tacites qui sont identifiées le sont, elles aussi, de façon individuelles, et, à l'instar des sensations,

217Daston et Galison (2012, p.58)

elles ne sont pas transmissibles, mais leur constance et le jugement conséquent établissant la catégorisation l'est, et c'est bien ce jugement exercé établissant la « perception » non de l'objet mais de sa catégorie, et son caractère commun à la communauté des experts, qui fait l'objectivité²¹⁸. Un jugement objectif donc, mais dont les déterminants ne sont ni connus, ni transmissibles, dont les conditions d'élaboration sont implicites.

Dans la genèse d'un raisonnement vue précédemment, l'évaluation du sens de la décision tacite par S3 pose évidemment question. Si son côté tacite ne fait pas de doute, l'objet de son évaluation, lui-même un jugement, n'a pas été porté à la conscience, elle n'est donc pas transmissible. Elle reste localisée à la cognition de l'individu sans pouvoir être mis en relation avec d'autres jugements extérieurs à la subjectivité du médecin particulier.

Lorsque le médecin-dermatologue fait appel à la méthode sémiologique ABCDE, la perception de la lésion est portée explicitement à sa conscience. Il doit alors réaliser une séquence de tâches. Si la méthode semble explicite dans la description qui est faite des critères qui déterminent le jugement, elle fait néanmoins implicitement encore appel à des tâches tacites : la reconnaissance des traits ABCD semble *a priori* évidente mais si le diamètre est un trait quantitatif explicite, l'évaluation de l'assymétrie, du contour et des variations de couleurs sont eux des traits qualitatifs dont la reconnaissance relève de savoirs tacites. Pour autant, d'une part les déterminants de la méthode sont explicitement déclinés, d'autre part, la transmissibilité des jugements explicites d'assymétrie, de contour et de variations de couleurs confère à cette méthode une forme d'objectivité selon Poincaré, car si le sujet est bien présent, le jugement qu'il porte sur ces perceptions élémentaires s'appuie sur des savoirs largement partagés et qui ne relève pas d'une expertise particulière. La sémanticisation des traits qui sont reconnus, est de fait une association de l'application de règles explicites d'évaluation, analytiques mais non quantitatives, et d'un jugement interprétatif, exercé, non plus holistique mais guidé, dirigé, par la décomposition de la lésion en sous-caractéristiques élémentaires, dans une forme de rationalisation cartésienne.

Ainsi, si Daston et Galison ont rangé de façon globale un tel raisonnement dans le régime d'objectivité du jugement exercé, il nous semble que la décomposition de celui-ci selon ses processus fondamentaux rend compte d'une relation plus complexe à la lésion et aux conditions

218On se reportera à l'établissement objectif de la perception de la couleur rouge dans Poincaré (1939, p.287)

d'établissement de sa catégorisation. Un tel raisonnement fait appel à des procédures et des savoirs tant implicites et extensionnels, issus d'une mémoire expérientielle, individuelle et subjective, qu'explicités, analytiques, et mettant en jeu une définition formelle et intensionnelle du mélanome.

Par ailleurs, dans le cadre d'une articulation hypothético-déductive du raisonnement, une fois l'hypothèse générée par S1 dévoilée à la conscience, le schème cognitif devient explicite et le processus déductif qui suit objectif, mais cette objectivité ne porte pas sur l'objet réel, elle porte sur l'hypothèse, qui elle a été formée implicitement.

Dernier cas de figure que nous avons évoqué précédemment²¹⁹, celui du raisonnement algorithmique. Nous avons vu comment le degré de formalisation de ces méthodes algorithmiques, qui visent *in fine* à la « mesure », *a minima* qualitative, voire quantitative, des lésions cutanées engageaient une latitude ou non au jugement du praticien. Par exemple, l'algorithme de Stolz engage un calcul qui apparaît comme l'application de procédures computationnelles, soumises à une forme d'objectivité mécanique. Pour autant, comme le rappellent Weigert et al (2012), renvoyant à Binder et al (1993,1999), la performance de l'application de cet algorithme de Stolz reste dépendante, elle aussi, de l'expérience du praticien, dépendant de sa capacité, une fois encore, à interpréter visuellement, à reconnaître des *patterns*. Cette objectivité algorithmique, apparemment mécanisée, n'engage donc pas une décision nécessairement commune à tous les praticiens, elle n'est alors ni liée à son objet uniquement, ni même au lien que la lésion entretient avec sa catégorie.

On le voit, le diagnostic du dermatologue articule, de façon complexe, et selon les modalités de son raisonnement, déterminants implicites et explicites, formes extensionnelle et intensionnelle²²⁰ de la catégorie de mélanome, et enfin régimes de subjectivité et d'objectivité. Il met par ailleurs en vis-à-vis des temporalités différentes, celle de l'histoire de la genèse d'une lésion spécifique avec celle de l'expérience du praticien, deux narrations qui se doivent se rejoindre dans la détermination d'un jugement diagnostique. Mais la négociation des régimes d'objectivité/subjectivité, et aussi d'explicite/implicite, détermine non seulement le mode de raisonnement et d'atteinte d'un jugement, elle détermine aussi la transmissibilité de ce jugement. C'est cette capacité à transmettre, à rendre compte du diagnostic qui est rendu nécessaire dans une pratique portant sur l'humain, mettant en relation un médecin et son patient dans le cadre d'un modèle « interprétatif » ou

219 Voir Chapitre 4.1. de cette partie.

220 Nous noterons d'ailleurs que la définition extensionnelle de la catégorie « mélanome » est ici utilisée par la modalité tacite, holistique lorsque la définition intensionnelle est, elle, associée à une modalité analytique.

« délibératif » de médecine²²¹ où le patient est en droit de participer à la décision médicale.

5. Pouvoir explicatif

Juan M. Durán (2021, p.2-3)²²² :

« La science fait avancer notre compréhension du monde à travers diverses fonctions épistémiques, telles que les explications, les prédictions, les classifications.[...] Mais les explications scientifiques fournissent un type particulier d'informations précieuses, qui nous renseigne sur le monde et fait croître notre compréhension de *pourquoi* un phénomène donné, plutôt que d'organiser des savoirs et prédire de nouveaux phénomènes ».

La vision instrumentaliste idéalisée par Pierre Duhem (1906)²²³ soumet la possibilité de l'explication scientifique à la définition préalable d'une « réalité matérielle distincte des apparences sensibles », la subordonnant par là-même à une conception métaphysique du monde. En la rendant ainsi contingente, elle ne peut être constitutive de tous les éléments nécessaires à une théorie qui permettrait l'explication. Il y a donc dans sa conception de la théorie [de la physique] une impossibilité structurelle opposée à l'explication complète du réel, et « toujours au fond des explications qu'elle prétend donner, gît l'inexpliqué²²⁴ ».

Notre ambition, ici, sera plus humble et à l'instar de Bas van Fraassen (1980, p.34), ou encore Bromberger (1966, 1992), Philip Kitcher (1981), nous limiterons volontairement le spectre de l'explication à ce qui permet de répondre à la question du « pourquoi ? ».

Pourquoi l'explication ?

Wesley Salmon intitulait son article de 1978 « Why ask, "why ?" ? ». Et c'est bien de cela qu'il s'agit ici. Si l'explication est la réponse à un "pourquoi ?", la fonction de l'explication est la réponse au "pourquoi ?" du "pourquoi ?".

Cette question nous semble centrale dans la mesure où elle constitue un des éléments importants de la relation médecin-patient dans une médecine moderne qui se veut délibérative²²⁵.

221 Voir Emanuel et Emanuel (1992)

222« Science advances our understanding of the world through diverse epistemic functions, such as explanations, predictions, classifications, and the like.[...] But scientific explanations provide a particular type of valuable information, one that informs us about the world and grows our understanding of *why* given output is the case, rather than organizing our knowledge and possibly forecasting new cases. » Traduction par l'auteur

223Duhem (1906, p.6) : « Expliquer, *explicare*, c'est dépouiller la réalité des *apparences* qui l'enveloppent comme des voiles, afin de voir cette réalité nue et face à face. »

224*Ibid*, p.24

225 Voir Emanuel et Emanuel (1992)

Si l'explication est la réponse à une question, elle engage alors une relation à un autre. Le patient peut avoir besoin de se voir « expliquer » son diagnostic, sa maladie, ses pronostics en référence aux thérapeutiques possibles, de façon à être en mesure de participer à la délibération. Mais aussi, un médecin doit être en mesure d'expliquer une décision médicale à un confrère, un expert, dans des cas où un patient est suivi par plusieurs médecins, par un médecin de ville et en hôpital, ou encore dans le cas où certaines décisions sont prises de façon collégiale. La proposition explicative doit donc être conceptualisée et communiquée en utilisant un langage ordinaire avec ses règles tant syntaxiques que sémantiques. Elle doit alors articuler sa dimension épistémologique à une dimension sémantique qui lui confère sa signification dans le monde réel.

L'explication est alors un agent épistémique à vocation sociale puisqu'elle doit permettre de transmettre à son destinataire, de l'information, du savoir. Elle n'est pas un simple médium de transmission d'information, elle a une fonction de dévoilement, permettant d'établir une forme de compréhension, et *in fine* la confiance dans le médecin et le diagnostic qui est porté.

Ainsi, dans le cadre spécifique de la dermatologie, si la lésion L a été diagnostiquée comme étant M, l'explication doit permettre de répondre à la question : pourquoi L est-elle M ? Certes, comme l'envisageait Duhem, cette question engage aussi un entendement métaphysique, de ce que cela signifie par-delà les apparences morphologiques que L soit M. Mais la question peut être reformulée sous la forme de « pourquoi est-il légitime de dire que L est M » ? Auquel cas l'explication doit aussi permettre de communiquer une preuve argumentée que le raisonnement ayant mené à l'assertion diagnostique M est valide, elle doit aussi transmettre une forme de compréhension de la signification des arguments déployés, de ce que la théorie dit du réel.

Méthodologie

D'un point de vue épistémologique, Georg Henrik Von Wright (1971) met en avant une première distinction historique entre typologies d'explications « scientifiquement acceptables », l'une étant issue de la tradition galiléenne d'ordre causal ou « mécaniste », et l'autre de la tradition aristotélicienne, d'ordre téléologique, ou orientée vers une fin intentionnelle. Cette distinction se déploie plus avant à travers la tension méthodologique qui a vu le jour au XIX^e siècle entre d'une part tenants du positivisme, monistes, prônant pour toutes les sciences une méthodologie unificatrice basée sur l'explication causale, et d'autre part un groupe hétérogène²²⁶, le plus souvent issus de ce que nous appelons aujourd'hui les sciences humaines et sociales, prônant un clivage méthodologique avec les sciences de la nature, envisageant une justification basée sur la

226 Parmi lesquels Droyse, Dilthey ou encore Simmel

« compréhension ». Nous reviendrons plus tard sur cette articulation explication-compréhension, épistémologie-sémiologie qui nous paraît pertinente, particulièrement dans notre contexte.

En revenant à un discours plus contemporain, Craver (2014) nous rappelle que « selon une opinion largement admise, les explications scientifiques expliquent un phénomène (tel qu'un événement ou une régularité) en le subsumant sous une représentation générale, un modèle, un prototype ou un schéma²²⁷ », soit la *Covering Law Model*, théorie de l'explication développée par Hempel (1948, 1965, 1966), qu'il s'agisse d'un modèle déductif-nomo-logique (DN) ou d'un modèle inductif-probabiliste (IP). Dans une telle formulation, *l'explanandum* décrivant le phénomène réel est expliqué par la proposition formée par *l'explanans*²²⁸ dans la mesure où cette dernière aurait pu servir à prédire *l'explanandum*. Le discours explicatif ne porte pas directement sur le réel mais plutôt sur les entités manipulées par la loi générale, sur les entités contenues dans le modèle qui est interrogé et qui tient lieu du réel, qui en est le signe. Bien entendu, à moins de considérer ces entités abstraites comme réelles, nous nous sommes éloignés de la vision de Duhem de vouloir accéder à « cette réalité nue et face à face ». Pour autant, l'explication ainsi formulée permet de répondre à un « pourquoi ce phénomène tel qu'il est intervenu ? » dans le cadre d'un système nomologique donné. Ce cadre nomologique n'est encore une fois pas le réel. Le modèle qu'il développe est un artefact, une abstraction qui permet d'être interrogée en lieu et place du réel et d'obtenir des réponses valides, en référence au réel²²⁹. Le modèle permet donc d'accéder à une réponse nomologique à un « pourquoi ? », mais à l'instar de Michael Friedman (1974), repris par Philip Kitcher (1981), on peut légitimement s'interroger sur la compréhension que cette explication engage sur le phénomène observé.

La question : « Pourquoi ? »

Nous avons déjà évoqué la formulation de l'explication scientifique comme réponse à la question du « pourquoi ». Cette formulation semble faire l'unanimité chez les philosophes des sciences, pourtant, en la retenant, nous soumettons l'explication à la contingence de la question. Qui plus est, l'explication prend alors une dimension linguistique et sémantique, plutôt qu'une dimension logique. Revenons tout d'abord sur cette question. Dans le cadre de la détection de

227Craver C.F., « The Ontic Account of Scientific Explanation », in M.I. Kaiser et al. (eds.), *Explanation in the Special Sciences: The Case of Biology and History*, Synthese Library 367, p.27 : « According to one large family of views, scientific explanations explain a phenomenon (such as an event or a regularity) by subsuming it under a general representation, model, prototype, or schema », Traduction par l'auteur

228Qui contient au moins une loi générale

229Marvin Minsky (1963), « Matter, Mind and Models », in *Semantic Information Processing*, The MIT Press, 1968, p.426 : « To an observer B, an object A* is a model of an object A to the extent that B can use A* to answer questions that interest him about A »

mélanomes, étant donné une lésion L et un diagnostic M, cette question peut prendre plusieurs formes :

(a) Pourquoi interpréter L comme étant M ?

(b) Pourquoi l'interprétation est-elle valide ?

qui renvoie à une question subordonnée :

(b1) Pourquoi le modèle interprétatif est-il valide ?

(c) Pourquoi L est-elle M ? Pourquoi a-t-elle évolué en M ? Réponse causale (facteurs de risque) ou téléologique (le cancer comme être « *purposeful* »)

La question (a) engage L au moment t_a du diagnostic, photographie de son état sanitaire à cet instant. Elle interroge le raisonnement interprétatif RI et ses conditions de sa vérité dans la dimension dynamique de son déroulé. Elle répond à la question qui consiste à comprendre pourquoi les conditions de vérité RI sont établies sans n'interroge donc pas directement le réel biologique statique de L ni les conditions de la genèse dynamique de L. Selon le *Covering Law Model*, la réponse à cette question consiste en la subsumation de L sous la méthode ABCDE qui est préalablement considérée comme étant le cadre nomologique du raisonnement diagnostic. C'est une explication téléologique, explicative du raisonnement diagnostique, dirigé de ses prémisses jusqu'à l'atteinte de sa conclusion. Elle s'appuie sur la validité d'abord de la constitution du modèle représentatif R de L, que dans le cadre du chapitre précédent nous avons appelé la sémanticisation de L, puis de l'inférence constitutive de l'interprétation de R. Selon le langage utilisé pour formaliser l'explication et de son adaptation au contexte, il peut s'agir de la réponse à la question d'un patient, mais aussi d'un expert validant a posteriori la valeur de vérité du diagnostic à travers la validité des conditions de son établissement. Pour autant, il est important de noter que si cette explication apparaît comme prenant une forme téléologique, cela ne signifie pas que le raisonnement clinique l'est. L'explication procède reconstruction *a posteriori* d'un raisonnement diagnostique déjà établi. Les prémisses et la conclusion du raisonnement sont connus, il s'agit de lui donner à la fois une rationalité épistémologique mais aussi un sens, sens étant ici à prendre dans sa polysémie : à la fois signification et direction intentionnelle. L'explication n'est pas le raisonnement, elle en est un interprétant qui permet d'en relayer le sens vers le patient.

La question (b) se situe à un niveau supérieur d'abstraction de l'explication. Pourquoi RI est-il valide ? Si nous faisons l'hypothèse que la théorie de l'explication de Hempel, est valide, cette

question interroge donc (b1) la validité épistémologique de ABCDE, elle impose donc d'expliquer le cadre nomologique en vigueur à partir d'autres lois : des lois logiques d'induction, mathématiques de statistique, et plus généralement relatives à la recherche clinique. Bien entendu, cela ne constitue pas la question d'un patient. Qui plus est, dans le cadre de la « science normale »²³⁰, ce cadre nomologique n'est pas remis en question, mais permet-il de comprendre le réel, au-delà de la catégorisation qu'il permet de réaliser ?

Pour autant ces questions ne portent finalement que sur l'interprétation du modèle de représentation du réel pris dans un cadre nomologique, elles ne portent pas directement sur le réel. C'est bien le sens que prend la question (c). Cette question est certainement polysémique dans la mesure où on peut l'entendre sous une première forme, à savoir comment se fait-il que M dans le monde réel, quels sont les éléments qui ont causé cet état cutané ? D'où l'attente en réponse d'une explication causale. La réponse est par exemple issue des données cliniques et en particulier l'anamnèse, subsumées sous la théorie de la pathogenèse des mélanomes. Si M est le diagnostic d'un mélanome, la réponse pourrait être liée aux paramètres : genre, couleur de peau, âge, surexposition régulière au soleil, coups de soleil,... La réponse est liée à des facteurs de risque et est donc causale, sur un mode inductif-probabiliste. Une autre façon de considérer cette question est d'envisager les conditions biologiques de genèse de la lésion, système complexe dont les éléments constitutifs sont les mélanocytes. De fait, il y a bien une relation de causalité entre la pathologie et la formation du signe cutané dont elle a participé à l'émergence, le signe cutané est la résultante d'une forme de codage de la pathologie à la surface de la peau. Mais ce mécanisme causal est unilatéral, et sans avoir procédé à l'exérèse et l'analyse histopathologique de la lésion, le dermatologue ne peut que faire des hypothèses sur le réel sous-jacent à la superficialité de la lésion. Dans les deux acceptions de cette question, l'explication ne renvoie pas à l'interprétation sémiologique de la lésion, mais à une forme de compréhension « historique » de la lésion.

La question (d) est la seule qui ne renverse pas l'asymétrie temporelle de la causalité puisqu'elle attend une prédiction. La réponse à cette question est la prédiction (probabiliste) du pronostic sachant M et sachant l'action thérapeutique envisagée. C'est aussi sur la base de cette réponse que la délibération peut être engagée.

Les problèmes de causalité

La théorie de l'explication de Hempel est sans nul doute efficace lorsqu'il s'agit d'expliquer une prédiction conséquente à partir du phénomène antécédent observé et de Lois générales déterminant

230Selon l'acception de Thomas Kuhn

le passage de l'antécédent au conséquent. Du fait de l'asymétrie temporelle de la causalité, elle rencontre néanmoins un angle mort lorsqu'il s'agit d'un diagnostic renvoyant à un événement antécédent et que le conséquent est le phénomène observé. Salmon (1978, p.699)²³¹ envisageait la possibilité de l'explication d'un événement conséquent grâce à l'obtention « de l'ensemble des facteurs statistiquement pertinents [dans la réalisation de cet événement], de leurs probabilités associées, et des explications causales des relations de pertinence », ce qui semble pour le moins idéalisé. Dans le cas d'un diagnostic de mélanomes, il existe une règle et un modèle au-dessus desquels subsumer les symptômes. Penser que l'on peut établir un lien causal allant du conséquent à son antécédent reviendrait à dire, selon un modèle DN, que le fait que L appartienne à la catégorie M a rendu nécessaire la forme morphologique prise par la lésion, ou selon un modèle IP, que cette forme est probablement nécessaire. De fait, nous avons montré précédemment²³² que l'articulation logique permettant de passer d'un conséquent à son antécédent participait d'une abduction, laquelle abduction nécessite l'élaboration d'hypothèses. C'est d'ailleurs la proposition d'explication pragmatiste selon Ducasse (1925, pp.150-151) qui définissait que « l'explication consiste essentiellement en la formulation de l'hypothèse d'un fait, qui tient lieu du fait à expliquer en tant que cas antécédent vers un cas conséquent au titre d'une loi de connexion déjà connue²³³ ». Dans cette conception, il y a donc un mouvement signifiant réductif qui va du phénomène observé vers l'hypothèse qui tient lieu d'antécédent et à partir de laquelle une inférence déductive peut être élaborée. *In fine*, une telle abduction diagnostique est en elle-même porteuse de son explication puisqu'elle a été testée par une inférence déductive comme étant la meilleure explication. Hempel (1965, p.13) a bien envisagé le cas de ces inférences²³⁴, nécessitant des hypothèses qui deviennent les prémisses d'un raisonnement déductif. Son angle mort réside néanmoins dans le processus même d'élaboration des hypothèses explicatives à tester. Ce processus n'est pas subsumé sous une Loi générale, et, en opposition à la vision explicative de Hempel, il relève d'une forme de subjectivité.

Le deuxième problème de causalité provient du fait que la règle de mise en relation de la lésion avec son diagnostic est une règle de corrélation, sans causalité nécessaire de l'un vers l'autre. Dans une acception causaliste de l'explication, Ducasse (1925, p.151)²³⁵ mentionnait que « lorsque la Loi

231« We do, I believe, have a bona fide explanation of an event if we have a complete set of statistically relevant factors, the pertinent probability values, and causal explanations of the relevance relations ».

232Voir Partie I Chapitre IV

233« Explanation essentially consists in the offering of a hypothesis of fact, standing to the fact to be explained as case of antecedent to case of consequent of some already known law of connection », Traduction par l'auteur.

234Qu'il nomme, à l'instar de Reichenbach, « Postdiction », voir Hempel (1965, p.173)

235« Now, when the Rule under which a diagnosis is made is a law of connection (causal or logical), the diagnosis explains the observed fact from which it started. But (and Peirce did not perceive this) when the Rule is a law of bare conjunction, a merely statistical uniformity, the diagnosis does not explain. » Traduction par l'auteur

à partir de laquelle le diagnostic est fait est une loi de connexion (causale ou logique), le diagnostic explique le phénomène observé à partir de ce qui l'a déclenché. Mais (et Peirce ne l'avait pas perçu) quand la Loi est une loi de simple conjonction, simplement une uniformité statistique, le diagnostic n'explique pas ». Reprenant une vision historique de l'explication scientifique, et en l'appliquant à la médecine, Ducasse soulève deux points importants relatifs à l'acte de poser un diagnostic :

– D'une part le problème de la compréhension. Lorsque Ducasse dit que « le diagnostic n'explique pas », nous entendons qu'il « ne permet pas de comprendre ». Il semble ici faire le lien avec la *Geisteswissenschaft* du XIX^e siècle et leur souci de compréhension, positionnant la médecine à l'intersection entre sciences de la nature et sciences humaines.

– D'autre part, la question générale de l'explication en médecine. Il évoque la possibilité que certains diagnostics puissent ne pas être explicatifs, parce que les Lois à partir desquelles ils ont été posés ne le permettent pas. À ce titre, son objection a une portée très large dans la mesure où elle peut interroger, en particulier, le pouvoir explicatif d'un diagnostic pris comme acte sémiologique d'interprétation des symptômes. Cela nous rappelle d'ailleurs l'objection -déjà citée- de Darier (1923, p.857) à nommer « diagnostic » la seule caractérisation de la forme dermatologique d'une lésion.

L'explication comme signe

Le diagnostic, M, est la conclusion du raisonnement diagnostic RD. Comme nous l'avons vu précédemment²³⁶, M est le signe du réel de la lésion L. Pour autant, si M rend compte de L de façon déterminée, c'est aussi de façon incomplète puisque, en particulier, les conditions de cette détermination ne peuvent pas être reçues dans le signe-diagnostic, ne faisant pas partie de L. De fait, cette signification complémentaire est portée par RD, dont M ne rend pas compte en tant que processus signifiant qui lui a donné naissance.

Ainsi, maintenir M comme seul signe communicable revient à une perte de signification.

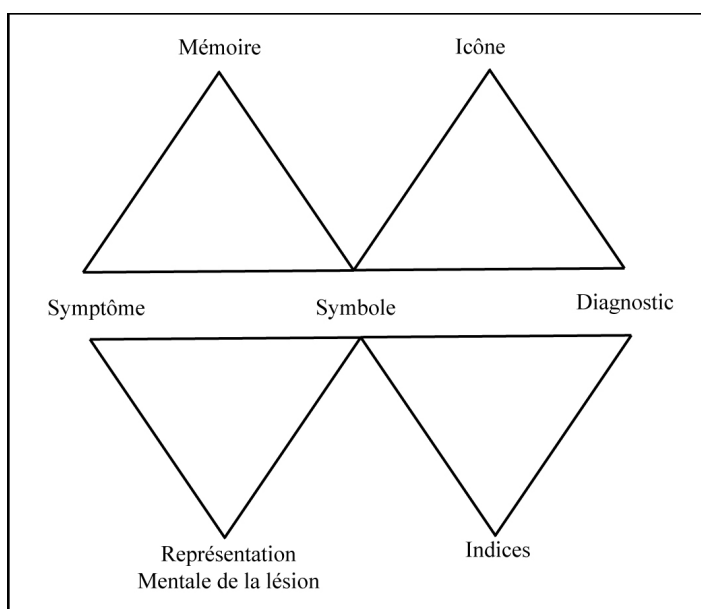
Considérons l'explication (E) comme ayant pour fonction de répondre à la question (a) du pourquoi est-il légitime que M. E n'est donc pas le raisonnement RD qui dit que M, mais E rend compte de RD, elle est le *representamen* du raisonnement pris dans son ensemble, non plus en tant que processus signifiant mais en tant que signe intellectuel, porteur de significations, et porteur en

236 Voir paragraphe IV.3.

particulier des conditions de formation de M, de sa justification.

D'un point de vue cognitif, RD peut-être soit analytique, soit un processus cognitif intégrant une dimension tacite. Ces deux types de RD changent la nature du signe-diagnostic, qui, dans le premier cas, est un légisigne dont la signification provient de l'application de la Loi générale à l'objet particulier²³⁷, et, dans le second cas, le signe symbolique est formé par une icône, qui renvoie à l'ensemble des exemples de lésions mémorisées qui sont similaires à L, et par un indice, qui renvoie au réel de L et à l'ensemble des caractéristiques qui la singularisent et la rendent similaire à un exemple particulier en mémoire.

Nous avons figuré ce second type de RD ci-dessous :



Dans le cas d'un RD tacite, l'articulation sémiotique de l'explication peut alors être figurée comme suit :

237Ibid

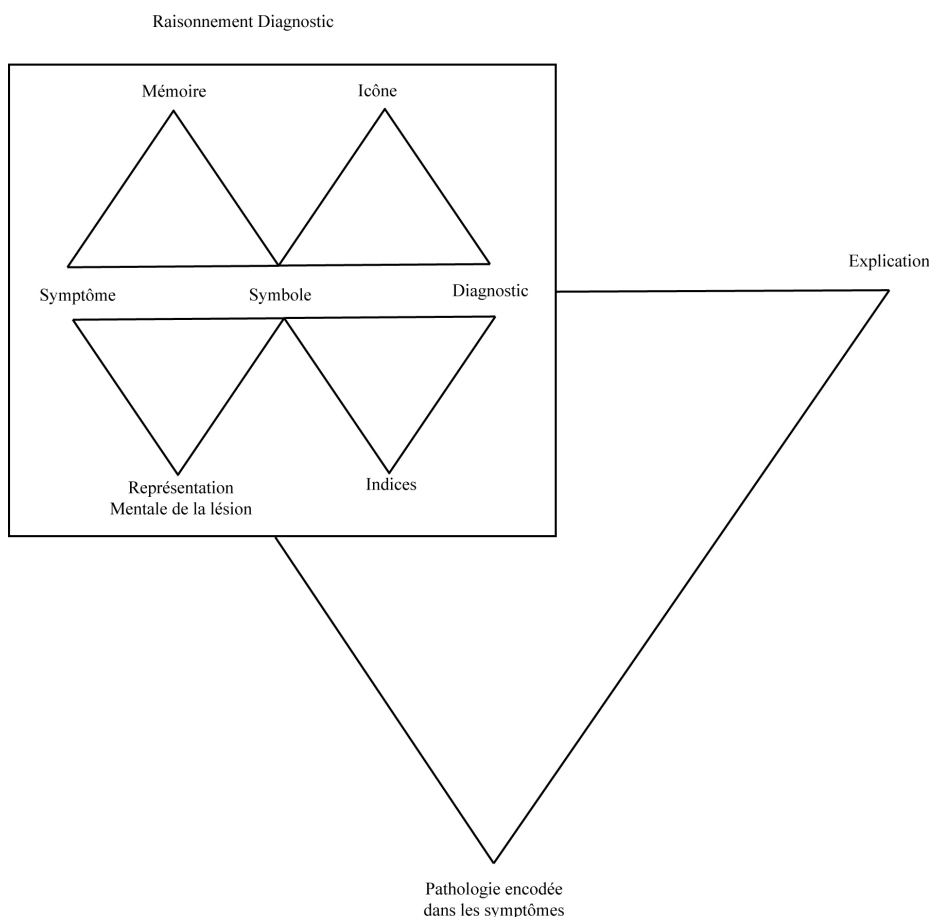


Figure 20 : Explication comme signe

Dans le cas d'un RD analytique, la signification complémentaire est incluse dans RD en tant que fait mental non verbalisé mais explicite ; dans le cas d'un RD tacite, cette signification complémentaire y est sans doute incluse mais cette fois en tant que fait mental non verbalisé parce qu'implicite.

La qualité, analytique ou tacite de RD, et le statut explicite ou implicite de la signification ne change pas fondamentalement l'articulation sémiotique qui permet à l'explication de rendre compte de RD, mais elle changera²³⁸ profondément le processus « mental », ou cognitif, qui permettra à l'explication de rendre compte de RD.

Explication, raisonnement et cognition

L'explication diagnostique fait donc temporellement suite au raisonnement qui a mené au diagnostic. Si nous reprenons la question (a), l'explication va devoir rendre compte de la légitimité

²³⁸Voir paragraphe suivant

du diagnostic M, en langage naturel, de façon explicite et analytique, afin que le destinataire du discours explicatif puisse avoir un entendement de la réponse au « pourquoi » qu'il a formulé, de façon à ce que la compréhension de sa situation cutanée lui soit rendue possible. Pour autant, le raisonnement diagnostique est caractérisé par une articulation entre processus intuitif, tacite (S1) et processus analytique, conscient (S2), nous avons vu précédemment de quelle façon s'articulaient les régimes d'objectivité dans la réalisation d'un tel processus.

Dans le cas où le raisonnement a été entièrement élaboré de façon consciente et analytique, la légitimation de M peut se faire en rendant compte de façon immédiate du raisonnement diagnostique auquel le médecin eu recours, par traduction explicite en langage naturel de ce processus cognitif. Une difficulté se présente néanmoins à vouloir rendre compte d'un raisonnement dont une partie au moins est tacite et s'est réalisée de façon intuitive, en restant inaccessible à la conscience, qui plus est sans être structurée à partir de la règle interprétative. La difficulté est alors de plusieurs ordres. La première difficulté est de devoir rendre compte, à travers une explication qui se veut objective, de processus subjectifs. La seconde difficulté, elle, relève de l'incapacité du médecin à se faire une représentation mentale complète de la structure du raisonnement qui a été élaboré et qui lui a permis d'inférer à partir des symptômes jusqu'au diagnostic. Ce problème de verbalisation de l'explication, donc de son élaboration préalable, a été parfaitement mis en évidence par Jaarsma et al (2015).

De fait, dans ce cas, afin de verbaliser et rendre explicite un discours analytique qui permette d'aboutir au diagnostic et le légitimer, le clinicien doit remplir les blancs, les éléments inaccessibles à sa conscience et qui relevaient précédemment du tacite. Il ne s'agit plus, comme dans le cas purement analytique, de signifier un raisonnement conscient par sa traduction explicite, mais de re-construire *post-hoc* un discours, objectif, explicite, analytique et fondé, non pas sur la mémorisation tacite d'expériences diagnostiques mais sur les lois théoriques générales. Nous n'avons trouvé aucune étude élaborant *stricto sensu* les modalités de re-construction d'un tel discours. En considérant la nature idéalement analytique et objective du discours explicatif attendu, nous devrions nous attendre à ce que S2 participe exclusivement au raisonnement explicatif. Pourtant, l'étude de Jaarsma et al (p.1105)²³⁹ apporte un éclairage un peu différent à

239« [...] there was a selective loss of verbal explanations: although they were equally divided over the cases, fewer of these explanations were collected among intermediates and novices as compared to experts. Some participants kept forgetting to give these explanations and reminding them would hinder the collection of eye movement data (due to head movements). The fact that experts gave more explanations might be because the effort to do so was smaller for them but this would contradict other findings of expert explanations and think aloud protocols where it is commonly found that experts are less verbose. The statistical analysis used is rather robust and compensates for frequency differences by adapting the expected values. Yet, intermediates and novices may have selectively skipped the explanation of certain cases such as the more frustrating or boring ones. »

cette question. À partir de leur catégorisation des médecins en fonction de leur niveau d'expertise, ils montrent que les problèmes de verbalisation de l'explication sont plus particulièrement notables pour les novices et ceux dont le niveau est intermédiaire, ce qui tend à montrer que cette reconstruction pourrait être finalement le résultat d'un raisonnement faisant intervenir S1 et S2, selon la difficulté contextuelle, selon l'expérience du clinicien. En tout état de cause, il s'agirait alors pour le clinicien d'un effort particulier pour revisiter son raisonnement diagnostique, *a posteriori* et de façon réflexive.

La dernière difficulté est plutôt d'ordre linguistique lorsque l'explication est destinée au patient, puisqu'elle revêt alors le rôle d'outil de communication entre médecin et patient, se situant à la frontière, entre deux univers dans lesquels les modalités discursives, les modalités d'argumentation et de communication de l'information ne se font pas sur un mode commun.

Erreur et sécurité

1. Une brève histoire de l'erreur médicale

L'étude de l'erreur médicale n'a longtemps revêtu qu'un intérêt périphérique : souvent juridique, informative, organisation d'expériences locales de santé, ou encore cas particulier des sciences de la décision. Cette « recherche critique sur l'acte médical »²⁴⁰ a d'abord été un corollaire aux controverses juridiques lors de procès en responsabilité pour « mauvaises pratiques médicales » qui ont émergé principalement à partir des années 1820-1830 en France²⁴¹ comme au Royaume Uni ou encore aux États-Unis²⁴². La critique ne porte alors que sur des cas individuels ne jetant pas le discrédit sur l'idéologie dominante de l'infaillibilité médicale. En France, elle s'est longtemps limitée à cet aspect singulier sans plus d'étude générale.

Dans les pays anglo-saxons, de telles recherches « épidémiologiques » ont débuté dès le XIX^e siècle avec l'étude statistique des procès pour « *malpractice* » par le Docteur Frank Hastings Hamilton²⁴³ et les premières véritables études descriptives sur l'erreur médicale sont réalisées par Richard C. Cabot dès 1910²⁴⁴, à partir de l'autopsie de 1000 corps et leur étude comparative avec leurs dossiers médicaux, puis de 3000 corps en 1912²⁴⁵.

Richard Cabot est un précurseur, il crée les conditions d'une enquête sur l'erreur médicale à un moment où celle-ci n'est pas encore un problème de santé publique. Partant du postulat que le réel pathologique ne se livre qu'à travers des apparences superficielles, symptômes, éléments extérieurs ou expectorés, la démarche pragmatiste du clinicien est de décrypter et interpréter ces signes, sur un mode hypothético-déductif, afin de poser un diagnostic sur la pathologie.

240Ivan Illich (2003, p.595)

241Claude Sureau (2006, pp.23-45)

242Elwell John (1960) in Allen D. Spiegel et Florence Kavalier (1997, p.2)

243Ibid p.2

244Richard C. Cabot (1910)

245Richard C. Cabot (1912)

Mais Cabot enquête sur l'erreur, il mène une enquête sur la valeur de vérité des résultats des enquêtes en diagnostic. À l'instar de Josiah Royce, il croit en la « possibilité de l'erreur », la définissant l'erreur comme « un jugement qui n'est pas en accord avec son objet »²⁴⁶, comme un jugement qui peut être mis en défaut par la connaissance d'une vérité attachée à l'objet. Pour qu'il y ait erreur, il faut donc que la vérité puisse être connue de façon certaine²⁴⁷. La démonstration de l'erreur ne peut donc avoir lieu que par l'existence d'un juge de la vérité attachée à l'objet, qui doit être capable de garantir les assertions faites sur cet objet ; dans le cas d'un diagnostic, un clinicien-expert doit pouvoir détenir une vérité certaine sur la pathologie du patient.

Ainsi, on peut distinguer les diagnostics corrects des diagnostics « ratés », ces derniers trouvant leur origine dans le fait, soit que les signes physiques n'aient pas été reconnus, soit que le clinicien ne les ait pas pensés de manière correcte²⁴⁸. Certains diagnostics sont jugés à tort comme erronés lorsque la vérité peut être atteinte à partir d'informations obtenues post-mortem et mais que l'état des connaissances appliquées ante-mortem la rendait impossible. En ce qui concerne les diagnostics ratés, Cabot distingue²⁴⁹ par ailleurs les « erreurs d'omission » et les « erreurs de commission » ; l'erreur d'omission consistant en « l'incapacité d'identifier une lésion qui selon toute probabilité a contribué à la mort du patient », et l'erreur de commission en le diagnostic d'une lésion qui est absente à l'autopsie. Cette taxonomie rend ainsi compte de ce qui a été « raté », donc de l'erreur en tant que phénomène attribuable à un individu. Au-delà de cette dimension individuelle, il distingue les erreurs évitables de celles qui sont inévitables. Cabot passe ainsi de l'erreur à la sécurité, des conditions individuelles de réalisation de l'erreur aux conditions systémiques de sa prévention, de ce qui définit un bon diagnostic médical au cadre normatif de ce qui le favorise.

Ainsi, il associe le bien éthique et le vrai. Sa vision de l'éthique médicale consiste en un impératif catégorique à travers lequel un praticien doit s'engager vers une meilleure pratique et vers un discours de plus grande vérité pour que chaque patient ait accès à la possibilité d'un diagnostic juste. La prévention de l'erreur et l'amélioration de la qualité des diagnostics sont alors être le résultat d'une volonté individuelle et morale de chaque médecin et non celui d'un dispositif disciplinaire imposé par un ordre institutionnel. Le rôle de l'institution n'est donc pas de réglementer mais de mettre à la disposition des médecins et des apprentis-médecins les conditions pédagogiques nécessaires à cette prévention. À ce titre, l'objectif éthique de vérité devient un

246Royce (1885, p.396)

247Ibid : « a judgment can be in error only if it is knowingly in error »

248Cabot (1911, p.17)

249Cabot (1910, p.1344)

objectif sécuritaire, par des stratégies mises en place pour l'empêchement de l'erreur ou par la prescription de certains comportements cliniques.

2. Détection de mélanomes et performance

N'en déplaise à Ivan Illich (2003, p.595), les études cliniques portant sur l'erreur médicale ont perduré tout au long du XX^e siècle et jusqu'à aujourd'hui, y compris en France, elles n'ont, par contre, pas continué à épouser les modalités discursives des études de Cabot. Le mot d'erreur n'est plus que rarement mentionné, trop accusateur, pointant du doigt une faillibilité humaine individuelle, certes indiscutable, mais que les détracteurs de Cabot avaient déjà, à son époque, dénoncée. Pour autant, les études cliniques sont bien là pour la mesurer, l'évaluer, que ce soit pour la décrire, la catégoriser, pour réaliser une segmentation de la population de médecins, pour en discuter les mécanismes cognitifs, ou encore à des fins pédagogiques, de façon à améliorer la capacité humaine au diagnostic ou l'organisation de la réalisation des processus diagnostiques.

Les modalités discursives ont donc changé, ainsi que les modalités de construction des expériences, dont l'objet n'est plus de mettre en évidence des erreurs singulières, mais plutôt une erreur statistique, à travers une démarche épidémiologique ; on ne parle plus du mécanisme diagnostic ayant conduit à une erreur, on manipule des indicateurs statistiques rendant compte de la qualité des diagnostics.

Néanmoins, le protocole expérimental de Cabot et celui engagé dans les études évaluant des indicateurs de qualité dans le diagnostic des mélanomes possèdent des similarités. Considérons par exemple l'exposé de la méthode de l'étude de Grin et al (1990, pp.763-764), sans doute l'une des études fondatrices en la matière. Celle-ci fait état de l'écart entre diagnostics de dermatologues et rapports d'analyse histopathologique post-exérèse. On est bien dans le cadre de la méthode « clinico-pathologique » de Cabot, dans lequel la vérité est atteignable grâce à « l'autopsie » de la lésion.

Indicateurs

Pour autant, le traitement qui fait suite au dévoilement de tels écarts est, lui, significativement différent. Il ne s'agit plus de montrer l'écart mais de mesurer la performance à travers l'utilisation d'indicateurs.

Les indicateurs couramment évoqués dans les études cliniques portant sur la précision des

diagnostics sont la sensibilité et la spécificité²⁵⁰, et aussi la précision²⁵¹. Certaines études, selon la nature de leur propos, font référence à d'autres indicateurs, comme les valeurs prédictives positive²⁵² et négative²⁵³. C'est le cas, par exemple, la méta-analyse de Koh (1989), reprenant les résultats d'études allant de 1952 à 1987, ou encore de Grin (1990). La valeur prédictive est d'ailleurs le seul indicateur commun à tous les études analysées par Koh sur cette période. Si la sensibilité est la proportion de vrais positifs au sein de la population des patients réellement positifs, la valeur prédictive positive est la proportion des vrais positifs au sein de la population des patients qui ont été diagnostiqués positifs. La sensibilité permet donc de connaître la proportion des positifs qui ont été identifiés au sein d'un échantillon lorsque la valeur prédictive positive permet de connaître la probabilité individuelle d'être positif si on a été diagnostiqué positif. Ces deux indicateurs, assez proches quant à leurs modalités de calcul, divergent dans leurs visées : l'un est orienté vers l'évaluation de la performance statistique d'un système de détection lorsque l'autre est orienté vers l'individu, vers l'évaluation de la validité statistique d'un diagnostic particulier. Ainsi, c'est ainsi le cas de certaines études postérieures à celles de Koh et de Grin, par exemples, Nachbar (1994), Kittler (2002), Argenziano (2003), ou encore Carli (2003), qui visent l'étude différentielle de différentes modalités techniques de détection et utilisant préférentiellement la sensibilité et de la spécificité.

L'ensemble de ces études font apparaître une forte variabilité des résultats quantitatifs. La méta-analyse de Koh étudiant les diagnostics de mélanomes sur une période de près de 30 ans rend compte de résultats disparates au cours de cette période²⁵⁴, sans qu'ils soient corrélés de façon évidente avec une telle évolution. Koh relève une variabilité générale en fonction des modalités de la construction des expériences, de la difficulté intrinsèque à certaines lésions à diagnostiquer, de la sélection des médecins « détecteurs » et de leur expertise, et aussi de la technique de détection employée ou encore de l'échantillon de patients sélectionné ; il relève aussi des biais expérimentaux et des échantillons insuffisants dans certaines expériences. Quant à la valeur prédictive, elle est aussi affectée par la proportion initiale de cas positifs dans la population échantillonnée. *In fine*, la conclusion de cette méta-analyse rend compte de la nécessité d'un protocole de détection fiable pour mieux diagnostiquer, et plus tôt. À l'instar de l'étude de Grin, elle intervient à un moment charnière de construction de techniques sémiologiques et algorithmiques de détection. Ces deux analyses offrent donc une base historique permettant

250 Voir Paragraphe IV.4.2 pour les définitions.

251 $(\text{Nombre de vrais positifs}) / (\text{Nombre de vrais positifs} + \text{nombre de faux positifs} + \text{nombre de faux négatifs})$

252 $(\text{Nombre de vrais positifs}) / (\text{Nombre de vrais positifs} + \text{nombre de faux positifs})$

253 $(\text{Nombre de vrais négatifs}) / (\text{Nombre de vrais négatifs} + \text{nombre de faux négatifs})$

254 Voir Koh et al (1989, Table III p.162)

l'évaluation de techniques novatrices de détection de mélanomes.

En ce qui concerne les indicateurs statistiques mesurés, Koh et al affichent une sensibilité et une spécificité allant respectivement de 73% à 89% et de 92% à 99% sur la période étudiée ; Grin et al. affichent une évolution similaire de ces variables sur 30 ans , la première ayant évolué de 76,3% à 84,5% lorsque la seconde s'est maintenue au-dessus de 99%²⁵⁵. Les études subséquentes ont pour objet par exemple de démontrer l'efficacité spécifique de techniques de détection particulières. Nachbar et al (1995), en voulant démontrer la validité de l'algorithme de Stolz, affichent des sensibilité et spécificité des diagnostics cliniques de 84,1% et 83,5% lorsque celles consécutives à l'utilisation de son algorithme étaient de 92,8% et 91,2%. En envisageant l'évaluation de plusieurs méthodes algorithmiques, Argenziano et al (2003) rendent compte de résultats différents, affichant des sensibilités allant de 82,6% à 85,7 % lorsque la spécificité va de 70% à 83,4%, selon la méthode utilisée. Enfin, la méta-analyse de Kittler et al (2002) s'est intéressée à l'amélioration de la précision de la détection avec dermoscopies en considérant de façon détaillée 27 études éligibles, puis 13 qui mettaient directement en concurrence l'œil nu seul avec l'œil aidé par la dermoscopie ; celle-ci affiche des sensibilités et spécificités à l'œil nu respectivement de 55% à 94% (!) et de 54% à 93% contre 68% à 94% et 58% à 100% pour l'œil aidé de dermoscopies.

Une première distinction est à faire : d'une part les études de Koh et al et de Grin et al procédant de l'analyse a posteriori de données issues de bases de données cliniques, elles sont cohérentes entre elles mais procèdent d'une méthodologie qui rend leurs résultats difficiles à comparer avec les études cliniques qui leur font suite. Les premières font référence à des dossiers cliniques réels, ayant donné lieu à exérèse, avec une surreprésentation de lésions malignes. Ce qui est évalué n'est donc pas seulement la qualité de l'acte diagnostique, mais celle aussi de la décision médicale effective, avec en particulier un biais de surestimation *a priori* de la spécificité. Les secondes études procèdent de la construction d'expériences, de l'analyse de diagnostics portant sur des cas artificiellement agrégés, dans des conditions de diagnostic non réelles ou seul le diagnostic est évalué, et non aussi la décision thérapeutique qui lui fait suite.

Malgré le luxe de détail qui est apporté à la description des études qui leur font suite, cette grande variabilité des résultats semble rendre compte d'une difficulté à assurer la reproductibilité des expériences, à mettre en évidence de possibles variables « cachées », non dévoilées, liées soit à la construction intrinsèque des expériences, soit à la ressource humaine mise en œuvre. Il est à

255 Sur un spectre large de lésions non limité aux seuls mélanomes

noter que cette variabilité est bien entendu aussi liée aux variations de méthodes techniques de détection utilisées, bien entendu à un niveau analytique et objectif d'utilisation mais aussi au niveau de leur application subjective, intuitive, et non analytique. Il nous semble dès lors difficile de comparer *stricto sensu* les résultats quantitatifs d'études, même similaires, dont les domaines de validité sont limités à l'ensemble stricte de leurs conditions de réalisation, et aux comparaisons qui peuvent en être intrinsèquement inférées dans le cadres de ces limites.

Elles permettent de comparer localement une technique de détection à une autre, l'aide de la dermoscopie à l'œil nu seul, mais n'offrent en aucun cas un cadre normatif permettant d'évaluer la performance humaine, ni la performance issue de l'utilisation d'une modalité technique, au-delà du domaine de validité de l'expérience considérée, selon un système de valeur unique.

Comparaison des dermatologues en fonction du niveau d'expertise

L'idée, de bon sens, considérant que la précision des diagnostics médicaux est corrélée avec le niveau d'expertise du clinicien a été démontrée par de nombreuses études portant sur la pédagogie médicale, ou comment enseigner l'expertise, telles Groen et Patel (1985), Norman et al (1989), Kulatunga et al (2001), Norman (2009) ou encore Jaarsma (2015). Pour ce qui est de la détection des mélanomes, des expériences spécifiques ont été menées, telle Haenssle et al (2018). Dans cette étude, 58 dermatologues sont répartis en 3 classes, experts, confirmés et novices, leurs résultats relatifs au diagnostic de 300 images de lésions sont analysés, mesurés, mettant en évidence une augmentation de la sensibilité de 82,9% à 89 % et de la spécificité de 67,6% à 74,5% en passant de novice à expert. Il est à noter que l'expérience de Haenssle, au-delà de l'acte diagnostique, comporte aussi une évaluation de la décision médicale ; il apparaît alors que les sensibilités sont toutes comparables, à près de 98%, au détriment de la spécificité qui a chuté de 7% pour les 3 segments de dermatologues.

Acte diagnostique et décision médicale

Cette différenciation entre résultat diagnostique et décision médicale nous paraît importante dans la mesure où le diagnostic « théorique » simulé lors d'une expérience n'est pas une finalité en soi. Il s'inscrit de fait dans un parcours de soin et c'est la décision médicale qui est le véritable résultat de la délibération entre clinicien et patient. Celle-ci est particulièrement étudiée par Julie Gachon et al (2005). Cette expérience n'a pas pour vocation de mesurer une performance, elle permet d'envisager tant le diagnostic dermatologique que de la décision médicale, dans la complexité de la pratique quotidienne de la clinique privée, et c'est un élément qui la différencie

réellement des autres études académiques. Cette étude est fondée sur l'analyse de plus de 4036 décisions thérapeutiques d'exérèse, par 135 dermatologues²⁵⁶. Elle permet de ne plus considérer l'acte diagnostique comme seule finalité de la clinique mais d'envisager en sus les conditions d'élaboration de la décision thérapeutique, découlant d'une délibération consciente à laquelle le patient doit participer. Pour ce qui est de la décision thérapeutique (p.436), 40,7% des exérèses avaient été réalisées pour des raisons esthétiques ou fonctionnelles, 13,3% « simplement pour rassurer le patient », 29,7% étaient considérés comme suspects et 21,5% étaient considérés comme précurseurs. Les résultats histopathologiques ont donné les résultats suivants : 3,7% de mélanomes, 89,9% de nævi, 0,1% incertains, 6,3% de lésions non-mélanocytaires. En ce qui concerne la qualité du diagnostic, nous ne sommes pas en mesure de juger d'un écart dans la qualification préventive de « suspect » ou « précurseur » ; quoiqu'elle sorte du cadre rationnel et normé de la décision « thérapeutique », l'intention esthétique, fonctionnelle ou de non ré-assurance ne rentrent néanmoins pas non plus dans le cadre d'un écart avec le réel pathologique ; le véritable écart réside dans la mauvaise qualification de 254 lésions non-mélanocytaires.

À noter par ailleurs que 7,3% des mélanomes retirés l'avaient été sans avoir été suspectés comme tels, mais pour des raisons esthétiques ou de ré-assurance. Mettons en relation cette étude avec Haenssle (2018) ; dans cette étude l'analyse de la décision médicale faisait ressortir une sensibilité de plus de 98% pour tous les niveaux d'expertise dermatologique, très largement en hausse par rapport à celle affichée pour le diagnostic seul, avec des résultats de spécificité en baisse variant entre 60 et 64 %. Cela nous évoque un biais d'aversion au danger de la part des dermatologues, qui avait été mis en évidence par Tversky et Kahneman (1974) ou encore Evans (1989) ; ce biais engage un acte chirurgical d'exérèse, même en l'absence d'un risque avéré, plutôt que de se soumettre au danger²⁵⁷ d'une pathologie grave. Ce biais relèverait d'une forme de principe de précaution. En l'état, l'expertise du dermatologue consisterait plutôt en un savoir-identifier les lésions qui ne sont pas des mélanomes, plutôt que celles qui le sont.

3. Erreurs et taxonomie

L'erreur exhibée

Si, dans le cadre de l'étude de Haenssle et al précédemment évoquée, la sensibilité et la

256Aucun calcul de spécificité n'est donc attendu puisque les négatifs -faux et vrais- ne relèvent pas de l'étude

257Le risque n'étant pas évaluable

spécificité moyennes des dermatologues humains étaient respectivement de 86,6% et de 71,3%, cela signifie en creux que 13,4% des cas malins n'ont pas été détectés et 28,7% des cas bénins ont été considérés comme malins. Il y a donc un écart entre le diagnostic clinique réalisé et la réalité pathologique, sans pour autant que soit rapportés le statut, évitable ou non, et les raisons qui ont mené à celui-ci. Lorsque Gachon exhibe 6,3% d'exérèses dont le résultat est celui de lésions non mélanocytaires, il y a là encore un écart entre le diagnostic et la réalité pathologique. Ces recherches, au-delà de leur objet explicite, exhibent l'erreur de diagnostic et/ou de décision thérapeutique, dont elles constituent en creux des études épidémiologiques ; étude *in vitro* dans le cas de Haenssle ; étude en contexte réel, en quelque sorte étude sociologique de l'erreur médicale dans le cas de l'étude de Gachon, .

Taxonomie(s)

Graber et al (2005, p.1494) proposent une taxonomie des erreurs médicales à trois classes :

(a) Erreurs sans faute

- Présentation inhabituelle de la pathologie sans corrélation avec un tableau clinique
- Erreur induite par le patient (non-coopératif, trompeur)

(b) Erreurs cognitives

- Connaissances défaillantes
- Mauvais recueil d'informations
- Erreur dans la synthèse des données

(c) Erreurs systémiques

- Défaillance technique ou problèmes matériels
- Défaut organisationnel

(a) Les erreurs « sans faute », que relève aussi Del Mar (2006, p.43) correspondent aux erreurs non évitables de Cabot, celles pour lesquelles l'état des connaissances n'aurait pas pu permettre d'identifier correctement la pathologie, telle qu'elle se présente et telle que le patient la présente. Nous notons néanmoins le basculement sémantique par l'introduction de la « faute », la transition de l'erreur à la faute faisant passer l'écart entre diagnostic et vérité pathologique à la responsabilité légale du médecin. Il y a donc un basculement d'un espace cognitif à un espace juridique.

(b) Les erreurs cognitives sont celles pour lesquelles Cabot parlait de « diagnostic raté », celles que les psychologues cognitivistes veulent décrypter à travers la compréhension des mécanismes d'inférence de diagnostics. Par exemples, Elstein (2009) ou encore Schwartz et Kostopoulou

(2019) évoquent, dans ce cadre, trois types d'erreur : (a) dans la génération d'hypothèses (système hypothético-déductif), (b) dans l'interprétation des données, (c) dans l'évaluation des probabilités (système bayésien). Leur attitude consiste à considérer l'erreur comme une a-normalité, une pathologie²⁵⁸, dont il faut comprendre la mécanique causale, dont il faut expliquer le « pourquoi ». Il y a là, nous semble-t-il, une confusion entre les niveaux conceptuels et comportementaux de l'erreur. À ce titre, la sous-classification de Graber concernant les erreurs cognitives nous semble insuffisante et nous proposons de la compléter ci-après par l'articulation des types d'erreur de James Reason avec les niveaux d'activité de Jens Rasmussen . L'activité cognitive y est séparée en 3 niveaux correspondant à une familiarité décroissante avec la tâche à accomplir²⁵⁹ : niveaux basés sur les automatismes, sur les règles et sur les connaissances déclaratives. Les erreurs relatives à ces activités cognitives sont de trois ordres : ratés et lapsus, fautes relatives à l'application des règles, fautes relatives à l'application des connaissances. Cette articulation est rendue par le schéma ci-dessous, adapté des recherches de Reason, repris par l'OMS et traduit par la HAS :

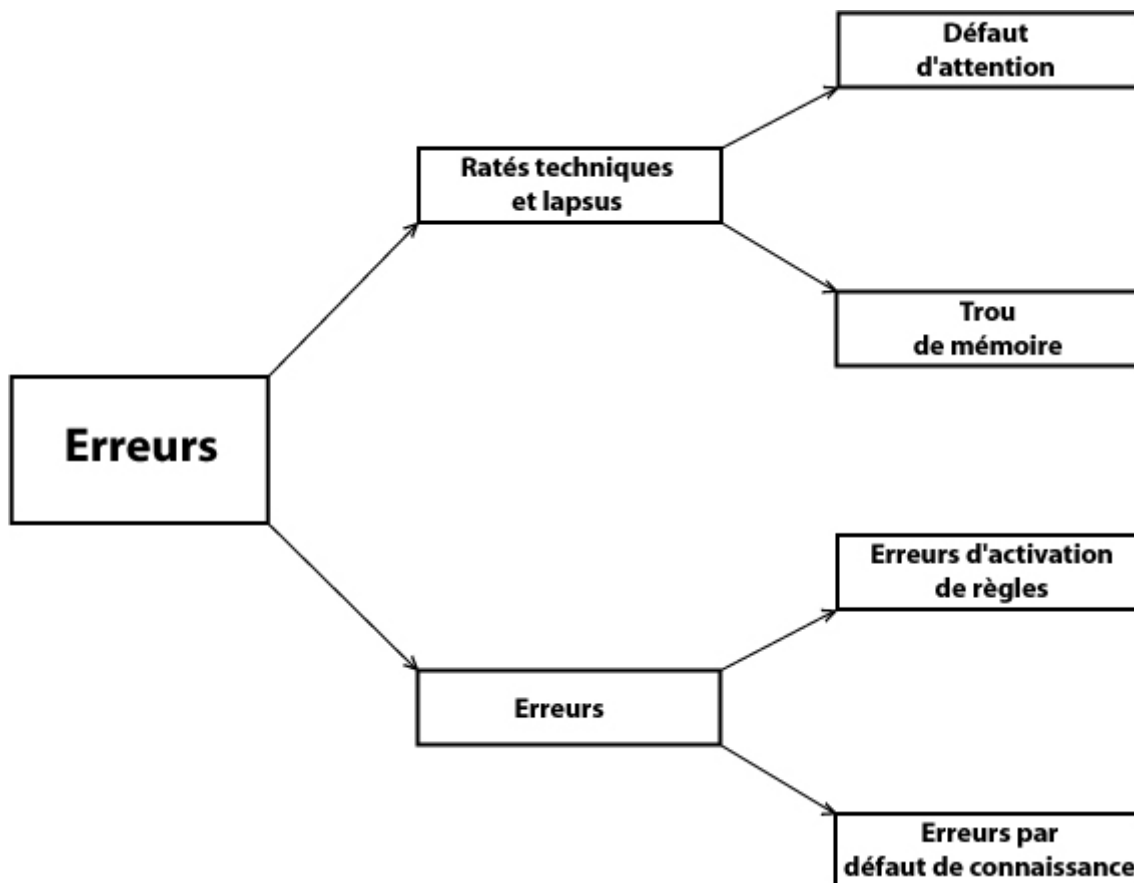


Figure 21 : Taxonomie des erreurs

Source : Reason (2000) repris par OMS (2015, p.3)

258C'est Reason (2013, p.283) qui propose cette métaphore

259Voir Reason (2013, p.80)

On comprend mieux à travers cette schématisation que Elstein, Schwartz et Kostopoulou ne s'intéressent qu'aux erreurs relatives à un raisonnement analytique, portant soit sur la bonne utilisation de la logique hypothético-déductive, soit sur des défaillances dans l'exploitation de la mémoire clinique. Pourtant, si l'on considère que si le comportement effectif du praticien, dans sa tâche de diagnostic, procède aussi, et dans un grand nombre de cas familiers, d'un dispositif intuitif et automatique de recherche de similarités, l'erreur prend alors la forme de ratés ou de lapsus. Il devient alors difficile de vouloir situer l'erreur au sein d'un processus tacite, non-formalisé. Reason (2013, pp.114-122) considère néanmoins les « modes de défaillance » que sont les ratés et les lapsus, c'est à dire leurs contextes d'émergence, qu'il scinde en deux catégories : l'inattention et l'attention excessive, à un moment ou à un endroit inapproprié – dans notre cas, celui de l'observation de la lésion ou du raisonnement -. Le hiatus que nous venons d'esquisser est plus large que la seule opposition entre la formalisation d'une erreur de rationalité et la description de modes d'émergence de ratés et lapsus. Elle tient aussi dans une forme d'opposition entre *tekhnê* et *praxis*, entre l'enseignement d'une technique de diagnostic sous contrôle et l'apprentissage tacite d'une pratique diagnostique.

On évoquera par ailleurs une distinction complémentaire liée à la systématisme de l'occurrence de certaines erreurs cognitives, telle que rapportée par Stanovich et al (2000) : une erreur dite de « performance » correspond à un comportement temporaire qui amène à une erreur, et celle-ci est à différencier d'un biais ou « erreur plutôt systématique qu'aléatoire »²⁶⁰.

(c) À l'instar de Richard Cabot, nous avons continué à envisager l'erreur médicale dans une relation quasi-métaphysique avec la vérité pathologique. La définition qu'en donne l'Académie des Sciences américaine restitue d'ailleurs de façon ambiguë cette relation historique : l'erreur médicale consiste en « l'incapacité à (a) établir, de façon précise et dans un délai acceptable, une explication au(x) problème(s) de santé d'un patient ou (b) communiquer cette explication au patient »²⁶¹. Au premier abord, le diagnostic devient explication, la vérité devient précision, mais cette définition ouvre aussi le concept d'erreur sur l'environnement de réalisation et de communication du diagnostic.

Ainsi, jusqu'ici, nous avons considéré l'erreur²⁶² comme étant la conséquence du seul agent

260Evans (1984, p. 462) : “a bias is a source of error which is systematic rather than random,”, cité par Stanovich et al (2000, p.646)

261National Academy of Sciences (2015, p.85) : ‘the failure to (a) establish an accurate and timely explanation of the patient's health problem(s) or (b) communicate that explanation to the patient’ cité par Schwartz et Kostopoulou (2019, p.506)

262En dehors de l'erreur sans faute

humain, le dermatologue, qui avait pour mission de poser le diagnostic. Pour autant, celui-ci intervient dans le cadre d'une organisation, d'un système, d'un contexte socio-culturel qui, chacun, participent à la détermination de son comportement. Reason (2013, p.283) nous rappelle que « les catastrophes majeures [...] sont rarement, sinon jamais causées par un facteur unique ». Nous conviendrons, par exemple, que la non-détection d'un mélanome, qui se traduit par le développement de sa malignité puis par la mort du patient, est une catastrophe. Mais sans doute pourrions-nous convenir aussi que la fatigue et le stress ont favorisé l'inattention du dermatologue qui a omis la détection qu'il aurait pu (dû ?) réaliser, et que ces facteurs ont pu être causés par l'organisation du système hospitalier dans lequel celui-ci pratique. Nous pouvons par ailleurs évoquer l'exemple d'un patient habitant un désert médical, qui, faute de pouvoir bénéficier d'un rendez-vous dermatologique dans des délais raisonnables, développe un mélanome sans qu'il ait jamais pu être diagnostiqué. Revenons alors, dans ce dernier cas, sur la définition de l'Académie des Sciences proposée ci-dessus. L'incapacité à établir une explication dans un délai acceptable qui y est mentionnée relève ici de l'incapacité du système de santé à mettre en place les conditions nécessaires et suffisantes à la détection à temps des mélanomes sur l'ensemble du territoire dont ils ont la responsabilité. Si il y a eu erreur médicale, il s'agit bien *stricto sensu* d'une erreur systémique, procédant d'une défaillance organisationnelle.

Erreur et normes

Le rôle du « système » ne se limite pas à celui d'un acteur, ou d'un facteur participant à la genèse de l'erreur, le système peut aussi prendre en charge la définition même de l'erreur. Nous avons vu de quelle façon l'erreur avait été considérée de façon historique comme un écart à une vérité pathologique. Nous avons vu aussi de quelle façon l'Académie des Sciences avait pu, sans le renier, élargir le spectre de ce concept à la non-réalisation, à temps, d'un diagnostic, voire à la non mise en œuvre des conditions nécessaires à cette réalisation. Pour autant, la norme permettant d'évaluer la qualité de l'acte reste la validité d'un diagnostic individuel, qui doit, qui plus est, être réalisé dans une temporalité acceptable.

À l'instar de Cabot, la thèse de la faillibilité humaine ayant été retenue, on peut aussi envisager le concept d'erreur dans une forme de normalité cognitive voire systémique. L'erreur peut alors être considérée en regard d'un autre système axiologique, dans une relation avec un cadre normatif réglant non pas le rapport à la vérité pathologique singulière mais à la forme attendue du diagnostic ou encore à la performance attendue d'un médecin. Un tel cadre normatif peut porter par exemple sur la performance « normalement espérée » d'un clinicien moyen, rendant compte d'une

normalité au sens de Quetelet. Néanmoins, la variabilité des performances humaines -en termes de sensibilité et spécificité- affichées dans les expériences menées depuis les années 1980 ne semblent pas en mesure de fournir un tel cadre. Un autre cadre possible porte sur la réalisation normée du processus de diagnostic. Il s'agirait dès lors, non plus d'un impératif catégorique de justesse éthique de diagnostic que le médecin s'imposerait à lui-même, mais d'une réglementation contraignante que le système définit de l'extérieur de façon à quadriller l'espace processuel du diagnostic.

4. Aux origines de la sécurité : l'aéronautique civile

Dominique Pignon²⁶³, concernant l'aéronautique civile en 1960 :

« l'extension du trafic aérien nécessitait une amélioration de la fiabilité pour maintenir non pas le risque, mais la perception du risque à un niveau acceptable pour le public. Car si la probabilité d'accident par passager ne diminuait pas simultanément avec l'augmentation du trafic, on aurait abouti vers l'an 2000, avec les normes en vigueur à l'époque, à plusieurs accidents d'avions importants par jour. L'analyste concluait que cette situation était insupportable pour les voyageurs et inacceptable pour l'industrie aéronautique. Et cela malgré le fait que le risque individuel n'aurait pas changé (seulement un plus grand nombre de personnes seraient concernées par ce risque). Aussi l'expert proposait-il de réduire le risque d'un facteur 40. »

Dés les années 1960, le macro-système de l'aéronautique civile fait face à la perspective d'une crise d'une confiance nécessaire à son marché ; son développement économique se trouve alors structurellement lié à l'implémentation ou l'amélioration de technologies propres à lui assurer une sécurité accrue, et par technologies, il faut aussi entendre technologies entrant dans la conception d'un aéronef, et aussi technologies organisationnelles.

Ce mouvement d'organisation de la sécurité s'est amplifié, comme dans l'ensemble des industries dites à risque dans les années 1980, à la suite de catastrophes industrielles majeures telles Three Mile Island, Bhopal, Challenger, ou encore Tchernobyl. Il a sans aucun doute été efficace dans la mesure où le taux d'accidents aériens est passé, aux États-Unis, de 7,985 accidents par 100 millions de miles parcourus en 1960 à 0,3 en 2013²⁶⁴.

²⁶³Pignon (1983, p.90), cité par Gras (1994, pp.74-75)

²⁶⁴https://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov.bts/files/publications/national_transportation_statistics/html/table_02_09.html consulté le 21/05/2017

Hors les innovations techniques de mobilité, il a reposé sur la mobilisation de techniques issues de la « science » de l'ergonomie²⁶⁵, dans le cadre de la structure de gouvernance du système de l'aéronautique civile qui en a permis l'implémentation. Dans ce cadre, il y a un changement de perspective, les accidents sont non plus la conséquence d'un manque de maîtrise de la nature, mais liés à l'incertitude qui entoure l'accomplissement des vols. Il s'agit dès lors d'organiser l'activité de façon à minimiser cette incertitude. Cette nouvelle organisation repose en particulier (1) sur la création d'un système-sécurité fondé sur une culture de la sécurité chez les acteurs de l'activité ; (2) sur la création de « standards et procédures », réglant les conditions de réalisation matérielle des tâches, et réglant aussi les modalités de collaboration, d'interaction, de communication au sein des équipes, en particulier ; (3) d'un système de retour d'expérience structuré autour de signalements d'incidents et de leur traitement.

(1) permet en particulier de générer une adhésion implicite commune, de l'ensemble des acteurs concernés, à un système dédié à la sécurité.

(2) requiert une standardisation des comportements, tant individuels que collectifs engagés dans la réalisation des missions de transport. Dans une vision orientée « facteurs humains »²⁶⁶, l'objectif est autant celui d'une optimisation de la performance que de la réduction pragmatique de l'incertitude liée à la réalisation d'une mission. Il est réalisé par la mise en place normative de SARP²⁶⁷ (*Standards and Recommended Practices* – « Normes et pratiques recommandées ») et de PANS (*Procedures for Air Navigation Services*, « Procédures pour les services de la navigation aérienne ») ; il est aussi réalisé par l'implémentation de CRM (*Crew Resource Management*)²⁶⁸, visant à régler les interactions entre opérateurs, membres d'équipage comme agents au sol.

(3) Dès 1976 sont apparus les *Aviation Safety Reporting System* (ASRS). Ce système de collecte de rapports d'incidents est basé sur la déclaration anonyme et maintenant l'immunité du déclarant face à d'éventuelles fautes professionnelles de façon à assurer un flux régulier d'informations. L'immunité sert bien entendu à garantir le flux d'informations (sans que celui qui les rapporte doive en craindre les conséquences) mais symbolise aussi le déplacement sémantique vers la recherche de sécurité dans le sens où il ne s'agit plus de mettre en accusation l'humain générateur d'une erreur (de pilotage), mais de comprendre les conditions – le plus souvent

265ou « facteurs humains »

266Elwyn Edwards (1988, p.9) définit de la façon suivante les « facteurs humains » : « Human factors (or ergonomics) may be defined as the technology concerned to optimize the relationships between people and their activities by the systematic application of the human sciences, integrated within the framework of system engineering ».

267*Convention on International Civil Aviation*, 07 décembre 1944, Chapitre VI, Articles 37-42, pp.19-22

268Voir Brami et Amalberti (2010, p.33)

systemiques - d'émergence d'un incident ou d'un accident.

5. De l'erreur médicale à la sécurité du patient

To Err is Human : La sécurité du patient

En 2000 paraissait le rapport *To Err is Human*²⁶⁹ qui médiatisait pour la première fois le terme de « sécurité du patient », lui-même apparu dans le milieu des années 1990 aux États-Unis. La sécurité recouvre dans ce cadre « l'absence de blessure accidentelle »²⁷⁰ ou encore, pour reprendre la terminologie de la HAS (Mars 2012), l'absence d'événement indésirable. Brami et Amalberti (2010, p.20) reformulent ainsi la démarche de sécurité comme la méthode qui « (...) permet d'identifier un incident médical (incident médical qui peut avoir atteint le stade d'événement indésirable avec dans ce cas un impact réel sur le patient) et de comprendre ses causes possibles et ses facteurs favorisants, que celles-ci soient d'origine humaine ou non (technique, environnementale, etc.). Chacune de ces causes est potentiellement accessible à une meilleure pratique, une meilleure organisation, une meilleure sociologie professionnelle ou un meilleur état d'esprit des professionnels de santé (on parle de culture de sécurité) qui permettra dans le futur d'éviter partiellement ou totalement l'incident incriminé. »

La quête de la sécurité y est donc interprétée comme la capacité à identifier et comprendre analytiquement les incidents médicaux afin de pouvoir les éradiquer. Cette quête interroge donc directement le concept causal d'erreur médicale. Elle est d'autant plus importante que l'erreur médicale aurait été la huitième cause de décès en hôpital aux États-Unis en 1997, la cause de milliers de décès chaque année²⁷¹, ou encore qu'elle comptait pour la survenue de 275000 à 395000 événements indésirables graves en France en 2009.²⁷² Le traitement de l'erreur médicale, en tant qu'agent pathogène spécifique au système de santé devient donc un problème de santé publique.

Cette quête se structure autour de l'exemple de ce qui a déjà été mis en place dans les industries à risque et en particulier dans l'aéronautique civile. Tant Kohn et al (2000, p.5) pour ce qui est des États-Unis que Brami et Amalberti (2010, p.37) pour ce qui est de la France nous rappellent explicitement la perméabilité des innovations sécuritaires, issues des « facteurs humains », de l'aéronautique civile vers le secteur de la santé. Et le symbole le plus frappant de cette perméabilité

269 Kohn et al (2000)

270Ibid p.4

271Entre 44 000 et 98000 en 1997 aux USA selon Kohn et al (2000, p.26)

272Selon le rapport ENEIS2 (2009) cité par HAS (2012, p.17)

est constitué par la carrière même de René Amalberti, passant de la direction du domaine facteur humain dans l'aéronautique civile européenne à la co-rédaction du Guide méthodologique d'accréditation sur la sécurité des établissements hospitaliers pour l'ANAES²⁷³ (2003).

De la sécurité diagnostique à la « stratégie de détection des mélanomes »

Dans le paragraphe précédent portant sur la taxonomie des erreurs, nous avons évoqué la possibilité de définir l'erreur de diagnostic non plus de façon épistémologique, voire métaphysique, comme un écart à la vérité pathologique, mais comme un écart évalué en relation à travers d'autres systèmes axiologiques.

Kohn et al (2000, p.28)²⁷⁴ proposent une définition opérationnelle de l'erreur. Celle-ci consiste alors en « l'incapacité à réaliser une tâche telle que planifiée (erreur d'exécution) ou à concevoir une stratégie qui permette d'atteindre un but (erreur de planification) ». Si le but du diagnostic est sans doute toujours un diagnostic juste, donc vrai, cette définition engage une relation différente au réel, puisque le diagnostic est alors réputé juste si en tant que processus, il a été réalisé comme prévu et que l'élaboration de ce processus permet l'atteinte de l'objectif de justesse (et incidemment de justice). Il y a évidemment une forme de circularité dans cette axiomatique puisque un diagnostic est juste en particulier si il respecte les standards processuels qui ont été déterminés parce qu'ils permettent d'obtenir des diagnostics justes.

On peut donc considérer que la méthode ABCDE²⁷⁵ constitue une forme de planification locale des processus-diagnostic, qui relève de la science « normale » et dont la validité n'est pas remise en question. Ce modèle sémiologique devient dès lors un outil d'organisation de la tâche de dépistage des mélanomes. Ainsi, si l'erreur est définie comme un écart au respect d'un processus normé, la démonstration de la non-erreur ne se fait plus par l'adéquation épistémologique du diagnostic à la vérité pathologique, mais par le respect d'une norme procédurale. Par voie de conséquence, un diagnostic vrai, mais relevant d'un raisonnement tacite pourrait néanmoins revêtir le statut d'erreur d'un point de vue organisationnel. La vérité résultante de la praxis serait d'une certaine manière disqualifiée par la contrainte d'une vérité endogène à la tekhnê.

Gestion de l'erreur et organisation de la sécurité

273Maintenant sous l'égide de la HAS sous diverses dénominations

274Citant Reason (1990)

275Au même titre que les autres modalités sémiologiques et algorithmiques

Kohn et al (2000, p.18) identifient deux types de leviers externes pour agir sur l'erreur médicale et sur la sécurité, un levier d'ordre légal et un levier d'ordre économique. Le premier permet de réguler, normer, organiser l'activité médicale de façon institutionnelle, afin de pouvoir contrôler et contraindre son mode de fonctionnement. Le second renvoie au secteur économique, voire industriel, de production de prestations de santé, de matériels, mais aussi d'informations relatives à la santé permettant aux entreprises de ce secteur de diriger leur activité au mieux ; dans leur esprit, il renvoie aussi aux systèmes de valeur et aux incitations issus de l'environnement socio-culturel dans lequel cette activité prend place.

Du point de vue de l'organisation de la sécurité, ils recommandent que celle-ci soit structurée autour d'une institution centralisant à la fois les besoins en connaissances sur la sécurité du patient et sur l'erreur médicale, qui puisse fixer réglementairement à la fois les standards dans l'accomplissement des tâches médicales et des attentes du système en matière de performance, enfin qui gère les flux d'informations issus du signalement d'événements indésirables.

Cette approche se retrouve au moins dans les objectifs des recommandations faites par la HAS (2012, p.10) quant à « l'amélioration des pratiques et sécurité des soins », qui prône une démarche institutionnelle à travers trois fonctions de Gouvernance et Pilotage, de Coordination, et enfin une fonction opérationnelle. Il s'agit là encore de rationaliser la gestion des risques (GDR) associés aux soins. Si nous nous concentrons sur la fonction opérationnelle, dans une démarche préventive²⁷⁶, cette rationalisation propose trois types d'approche : par comparaison à un référentiel, par les processus ou par les indicateurs. Dans les trois cas, cela suppose la mise en œuvre de systèmes de valeurs permettant la mesure des activités médicales à travers des référentiels, des indicateurs, ou encore la détermination explicite et détaillée de processus techniques et des standards de bonnes pratiques, qui permettent in fine d'évaluer l'adéquation *a priori* d'un processus de santé avec son archétype. Dans une démarche corrective, la rationalisation doit permettre de raisonner *a posteriori* sur l'événement indésirable, sur la base de phénomènes explicites en référence à des standards explicites. Le signalement d'un tel événement et la démarche corrective qui lui est associée peut prendre la forme suivante :

²⁷⁶Voir HAS (2012, p.64)

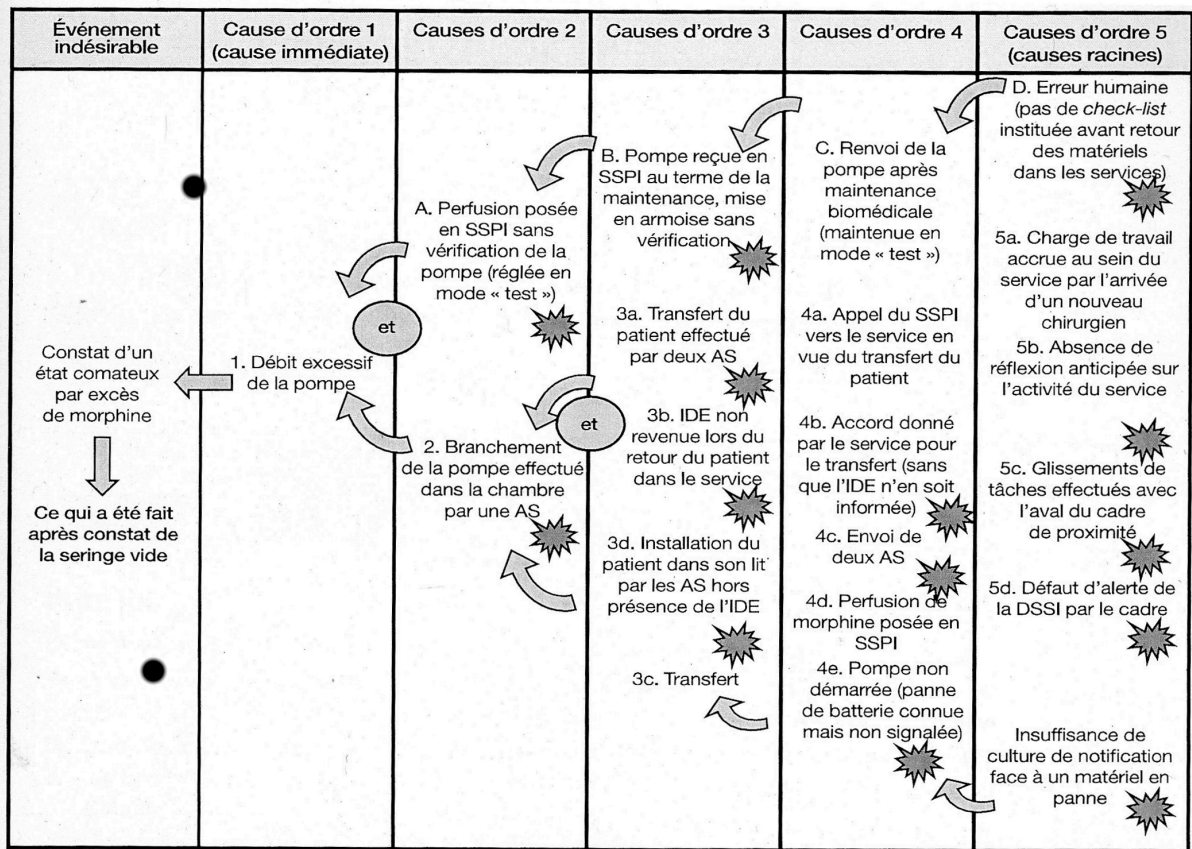


Figure 22 : Arbre de cause d'un événement indésirable

Source : HAS (2012, p.165)

Il s'agit là de la construction d'un arbre de causes consécutif à un surdosage médicamenteux, qui, au-delà de la nature des événements mentionnés, pourrait aussi bien rendre compte d'un diagnostic de panne dans un moteur de voiture. Les acteurs de la « panne », pompe, personnels de santé, patient, sont des organes de la « machine processuelle » qui produit l'acte, les organes sont en relation les uns avec les autres, interagissent en s'adaptant les uns aux autres dans une finalité de réalisation d'un processus. Faisons un parallèle avec l'analyse du moteur d'automobile que propose Gilbert Simondon. Celui-ci envisage sa genèse à travers « l'examen intérieur des régimes de causalité et des formes en tant qu'elles sont adaptées à ces régimes de causalité »²⁷⁷. Il ajoute que dans un moteur moderne (par opposition au moteurs anciens), « chaque pièce importante est tellement rattachée aux autres par des échanges réciproques d'énergie qu'elle ne peut être autre qu'elle n'est », c'est ce processus d'adaptation fonctionnelle qu'il nomme concrétisation. Il nous semble qu'à ce titre, l'arbre de causalité mis en œuvre pour expliquer une erreur, donc une défaillance dans la production attendue d'un acte de santé, rend compte d'une défaut de

²⁷⁷Simondon G., *Du Mode d'Existence des Objets Techniques*, Paris, Aubier, 2012, p.23

concrétisation, que certains organes n'ont pas réalisé la tâche optimale prévue en relation avec les autres organes. En cela, l'organisation qui est requise dans la production d'une tel acte relève d'une technique de contrôle sécuritaire, au sens de Foucault.

6. De la sécurité du patient à la « stratégie de détection des mélanomes »

Plus largement, la tâche à planifier et exécuter peut être envisagée en fonction d'un référentiel systémique. La tâche ne se réduit alors pas seulement à la réponse à la question de santé posée par un patient, mais doit répondre au problème de santé publique considéré. Le mélanome n'est plus alors une pathologie singulière affectant certains patients, elle devient un problème de santé publique. La HAS (2012, p.27), sur la base d'une étude du New Zealand Guildelines Group (2008), a disqualifié la stratégie de détection systématique des mélanomes, comme ne permettant pas de réduire la mortalité spécifique. Face à cet enjeu de santé publique, elle a élaboré une recommandation alternative, une « stratégie de détection du mélanome » à l'échelle du territoire français. Celle-ci se décline en trois étapes²⁷⁸ :

- (1) le patient qui consulte son médecin pour une lésion suspecte ou parce qu'il s'identifie comme étant un sujet à risque de mélanome cutané ;
- (2) le médecin traitant qui identifie les patients à risque ou qui détecte une lésion cutanée suspecte à l'occasion d'une consultation ;
- (3) le dermatologue qui confirme ou non la suspicion diagnostique de mélanome cutané

Nous avons précédemment évoqué la prévention et la responsabilisation des patients²⁷⁹, qui rend possible (1) l'intention d'un patient de consulter son médecin pour une lésion que lui, non-médecin juge suspecte ou parce qu'il se présume à risque.

Les points (2) et (3) supposent que la disponibilité en nombre et en compétence de médecins capables de suspecter ou identifier un mélanome. Il y a donc là la création d'un parcours de soin qui va du patient jusqu'au dermatologue.

²⁷⁸Voir HAS (Juillet 2012, p.108)

²⁷⁹Voir III.3.

HAS (2006, p.56 ; 2012, p.107) envisage la temporalité de ce parcours²⁸⁰ en considérant en particulier les « facteurs de retard au diagnostic du mélanome cutané et mélanome cutané à croissance rapide », en tant qu'obstacles à l'exécution de la stratégie planifiée. Ceux-ci sont de plusieurs ordres :

- (a) Identification des lésions cutanées suspectes par la population générale
- (b) Information de la population sur le risque solaire
- (c) Identification des facteurs de risque par la population
- (d) Le médecin généraliste et le dermatologue

Curieusement, à l'instar de l'étude de Richard (2000) sur laquelle elle s'appuie, cette identification d'obstacles se concentre spécifiquement sur le patient, le patient qui ne s'est pas inquiété de l'apparition de lésions suspectes, ou qui a un « comportement à risque » sans pour autant consulter. À ce titre, le statut du patient est ambigu, prétendument responsabilisé à sa santé, il est acteur du processus de détection du mélanome sans pour autant en être conscient. Bien entendu, cette erreur du patient renvoie celle du système d'information qui a failli dans sa tâche consistant en alerter et éduquer le public. Les seuls retards initiés par les médecins généraliste ou dermatologue à être envisagés sont des retards organisationnels, explicites, et mentionnés seulement de façon à les écarter comme possibles causes à un éventuel retard de diagnostic. Il est fait abstraction de retards implicites, induits par une préalable éventuelle erreur de diagnostic, par un faux négatif.

La HAS fait partie intégrante du système de santé publique, par ses recommandations, elle participe à planifier les actions de ce système à travers des modalités qui la structurent elle-même. Ses recommandations sont donc un « réfléchi », un autre elle-même dans une ré-écriture de sa structure normée, et non une critique réflexive. Son processus fonctionnel est lui-même parfaitement normé, consistant en l'étude et la synthèse d'analyses et méta-analyses afin de bâtir des recommandations aux fondements indiscutables, dans un geste de technique politique imparable. Elle constitue donc une courroie de transformation normée d'études en prescriptions systémiques qui devront *in fine* être exécutées.

Néanmoins, la HAS ne fait par ailleurs pas preuve d'une véritable capacité réflexive à analyser les facteurs causaux issus du système de santé lui-même. Il paraît clair par exemple, que l'organisation territoriale de la santé, l'inégalité géographique dans la disponibilité de médecins,

²⁸⁰Selon l'Académie des Sciences américaine, nous avons vu que la qualité d'un diagnostic fait aussi référence à un délai acceptable.

tant généralistes que dermatologues, considérés en tant que ressources humaines, est un obstacle systémique à l'exécution du parcours de soin recommandé, est un élément de friction, dans certaines régions, dans le processus d'obtention d'un rendez vous avec un dermatologue et donc d'établissement d'un diagnostic dans des délais « acceptables ». Cette non-réflexivité est d'autant plus surprenante que la HAS avait repris la distinction faite par Reason (2010), entre planification d'un processus et exécution d'un processus planifié, donc entre erreurs de planification et erreurs d'exécution. Mais cette erreur de planification, constituée par une déficience dans la préconisation et le déploiement d'une stratégie fonctionnelle, nécessite une distance critique réflexive, de la HAS vers ses recommandations, ou de la DGOS²⁸¹ leur implémentation, mettant le système dont elle fait partie en question.

7. ... à la gouvernance du risque « mélanome »

Horkheimer et Adorno (1974, p.31) :

« Les hommes paient l'accroissement de leur pouvoir en devenant étrangers à ce sur quoi ils l'exercent »

La « stratégie de détection du mélanome » n'est pas seulement un dispositif de gouvernance de la santé, visant à planifier les conditions d'exercice et d'amélioration de la prise en charge d'une pathologie. Elle constitue aussi un outil de gouvernance du risque lié au mélanome. Si l'objet d'étude reste le même, le glissement sémantique, de santé à risque, sous-tend aussi un glissement dans la grille de lecture du réel ainsi que dans le système de valeurs pris en référence. Il ne s'agit plus d'envisager la pathologie « mélanome » à travers ses modes d'existence et les modalités de sa prise en charge médicale, de façon à améliorer la qualité des soins. Il s'agit de « mettre en risque » les occurrences de l'événement « mélanome », de mettre en forme statistique les conditions de leurs émergences, de leurs évolutions, de leurs issues, y compris des possibles événements indésirables, de manière à identifier des régularités et acquérir une connaissance sur leur incertitude.

« Mettre en risque », c'est se déplacer de l'incertitude de la pathologie et de l'acte de santé vers la maîtrise systémique du risque. C'est aussi déplacer le point focal de l'action, du singulier présent vers le général futur. À ce titre, une telle maîtrise relève aussi du discours permettant de préserver la confiance future dans la capacité du système de santé à prendre en charge les cas de mélanomes

281 Voir II.2.3.

cutanés, en dépit d'une éventuelle défiance en l'incertitude individuelle

Cette gouvernance du risque s'accompagne de nouvelles formes de valeurs et d'indicateurs. La dimension épistémologique du diagnostic ou encore la dimension qualitative de l'acte de santé disparaissent au profit de leur catégorisation et de leur quantification ; catégorisation du diagnostic²⁸², du malade²⁸³, catégorisation et quantification de la lésion cutanée au regard de l'algorithme de décision médicale²⁸⁴, et de l'acte médical, au regard du barème de la sécurité sociale.

Ainsi, la mise en forme du réel à travers ces nouveaux indicateurs ne relève plus de l'épistémologie médicale, mais d'une économie du risque. De fait, Kohn (2000) mentionnait un deuxième type de levier externe pour agir sur l'erreur, et même s'il l'omet, sur le risque : le levier économique. Il considère dès lors le système de santé comme un système économique de production d'acte de santé, dont la finalité est le maintien de la santé d'une population, dans notre cas, la prévention et la prise en charge des lésions mélanocytaires. Comme tout système économique, son activité est financiarisée, et l'objectif du système est d'optimiser une forme de rentabilité du service rendu à la population. Cette financiarisation de la santé est bien entendu présente dans le rapport de la HAS (Juillet 2012, pp.101-106).

Celle-ci fait apparaître (p.101), en particulier, 486879 actes d'exérèses de lésions cutanées suspectes pratiquées en France en 2009 pour un coût total (y compris les dépassements d'honoraires) d'environ 15 M€. Ces chiffres tiennent bien entendu compte de l'ensemble des exérèses pratiquées, quelles qu'aient été les intentions des médecins qui les ont pratiquées. Si nous revenons à l'étude de Julie Gachon (2005) déjà mentionnée, nous avons constaté que seuls 51,2% des lésions retirées l'étaient suite à un diagnostic (officieux) de lésion suspecte ou de précurseur. Ce qui rend compte d'une forme de « gestion du risque » de la part des cliniciens, sans doute intuitive, biaisée par leur aversion, justement, au risque, et prise dans le réel de la relation à un patient en mal de ré-assurance.

Néanmoins, l'histopathologie de ces exérèses a révélé des cas plus ou moins sévères de mélanomes : 1733 cas non-invasifs (en 2010) et 10973 cas invasifs (en 2008) donnant lieu à hospitalisation, dont 2146 nécessitant une chimiothérapie, dont 5528 une ALD²⁸⁵, et 966 une hospitalisation en soins palliatifs. D'un point de vue économique, ce que ce rapport met en

282Code CIM : Classification Internationale des Maladies

283Code GHM : Groupe Homogène de Malades

284Voir HAS (Juillet 2012, p.100), dans le cas d'un mélanome : en fonction de l'indice de Breslow

285Affection Longue Durée

évidence n'est pas le coût des actes médicaux de prévention mais plutôt celui des mélanomes, en particulier invasifs, donc dépistés tardivement. Le coût affiché (p.106) avoisine les 242 M€, dont 194 M€, exclusivement pour les ALD.

Par ailleurs, les chiffres de mélanomes détectés rapportés au nombre d'exérèses sont de 2,6%. Les 3,7% exhibés par l'étude de Gachon sont donc 40% plus élevés. Pourtant, compte tenu de ces très faibles ratios, cette différence, certes significative, n'est représentative que de la persistance de l'incertitude, à l'échelle même des indicateurs de gouvernance du risque. De fait, il reste difficile d'interpréter les causes exactes de cette rémanence de cas de mélanomes malgré la stratégie de diagnostic précoce. Dans cette course contre la montre qui se joue entre la temporalité du processus de dépistage d'un mélanome, de l'intention du patient jusqu'au diagnostic du dermatologue, et la cinétique de l'émergence du mélanome, la HAS met en avance deux aspects, d'une part l'existence de mélanomes dits « à croissance rapide », et d'autre part les facteurs de retard dans le processus de dépistage que nous avons vu au paragraphe précédent et dont nous avons questionné la non-réflexivité. Si elle identifie des facteurs de retard, la HAS ne semble pas en mesure, depuis 2006, de résorber ces cas de mélanomes non détectés précocement.

Afin de mieux comprendre ces facteurs de retard, il conviendrait sans doute de mieux comprendre les conditions socio-techniques dans lesquelles ces 2,6% de mélanomes ont été détectés, département par département, mais ces données statistiques ne sont pas disponibles. Par ailleurs, Gachon avait mis en évidence, dans son étude de 2005, des erreurs indiscutables de diagnostic à hauteur de 6,3%, soit près de deux fois le nombre de mélanomes effectivement dépistés. L'erreur est donc présente dans les diagnostics réalisés et même dans la décision médicale qui lui est associée. Qui plus est, Haenssle (2018) exhibait une sensibilité de la décision médicale de l'ordre de 98% ; cette sensibilité est de fait excellente, mais les près de 2% de cas positifs non détectés représentent une large proportion des 2,6% de mélanomes dépistés trop tard. En clair, nous ne pouvons certainement pas écarter la possibilité d'erreurs dans un dépistage préalable, en tant que cause du retard d'un processus de dépistage ultérieur, en tant que cause de mélanomes donnant lieu à hospitalisations. Des études complémentaires seraient nécessaires ; le rapport d'analyse des événements indésirables pour 2018²⁸⁶ relie 13% des signalements à un acte diagnostic, mais n'identifie pas l'erreur de diagnostic comme risque. Ce rapport est à relativiser dans la mesure où il se base sur l'étude de 820 déclarations, dont seulement 4% provenaient d'un médecin de ville. Nulle statistique rendant compte de diagnostics négatifs -faussement ou non-préalables au dépistage positif d'un mélanome.

286 Voir HAS 2019

Au final, la forte sensibilité des décisions médicales, le faible taux de mélanomes ou de précurseurs faussement négatifs rendent compte d'une bonne qualité des prestations de santé relatives à la détection précoces de mélanomes. Ce faible taux de faux négatifs rend compte aussi de la persistance de l'incertitude au niveau statistique, rendant la gouvernance du phénomène « mélanome » difficile. Certes le coût économique de l'incidence du mélanome reste important, mais il semble qu'à cet endroit, sa gouvernance touche ses limites²⁸⁷, à moins que le coût nécessaire à l'amélioration marginale de la sécurité ne soit pas acceptable ?

Nous avons essayé ici de décrypter les indicateurs de la prise en charge des lésions mélanocytaires, afin de comprendre les ressorts de cette mise en risque, les leviers sur lesquels le système de santé peut agir pour gouverner. Par cette mesure, cette mise en chiffre, d'une activité de soins, nous avons procédé à une abstraction mathématique réduisant cette activité à des indicateurs. Cette vision rationaliste nous a extrait du réel empirique, nous mettant à distance. Pour gouverner et soumettre le réel, il nous a fallu l'abstraire en réduisant le processus de prise en charge du mélanome à des catégories de malades, de maladies, d'actes, à des coûts, nous avons d'une certaine façon procédé à une « aliénation de notre relation au monde »²⁸⁸, de notre relation au réel pathologique. La valeur d'une vie est ici uniquement relié au coût sécuritaire du pouvoir de la préserver.

287Aucune recommandation organisationnelle nouvelle n'a été faite depuis 2006

288Arendt (1983, p.319)

Mise en système du problème technique à résoudre et Conclusion

Simondon (2018, p.61) : « *Un problème existe dès qu'une conduite finalisée rencontre un obstacle à sa réalisation* ».

Envisageons le diagnostic du mélanome de façon fonctionnelle. D'un point de vue local, sa fonction d'usage, médicale et épistémologique, est d'inférer et de délivrer une information juste sur l'état de santé cutané d'un patient. D'un point de vue systémique, cet acte de soin se voit assigner une fonction dans l'organisation de la « stratégie de diagnostic précoce du mélanome cutané » telle qu'énoncée par HAS (2006, Juillet 2012) et répondant à un problème de santé publique. L'accomplissement de ces fonctions, l'atteinte de leurs fins, nécessitent la mise en œuvre de moyens et peuvent néanmoins rencontrer ce que Simondon nomme des « obstacles ».

Nous avons vu de quelle façon le concept de mélanome a émergé, de quelle façon il a désigné de plus en plus précisément une pathologie mélanocytaire protéiforme à l'identification complexe jusqu'à identifier une pathologie à part entière dans la classification internationale des maladies et devenir un problème de santé publique.

Des progrès significatifs ont alors été faits à la fois dans la compréhension de la genèse de ces lésions, dans leur identification histopathologique, et dans la détection non invasive, procédant de nouvelles techniques et d'algorithmes d'interprétation du réel cutané. Du point de vue de la fonction d'usage, dans le cadre de l'appropriation locale qu'en font les médecins, ces progrès ont donné lieu à des avancées médicales « pratiques » pour un meilleur savoir-comprendre des différentes formes qu'un mélanome donne à voir, et du sens que ces formes-signes divulguent ; ils deviennent un moyen pour une meilleure compréhension du réel, donc un moyen de facilitation d'une *praxis*. La formalisation de tels savoirs se situe aussi dans la continuité d'un élan scientifique

général de mathématisation du réel, de sa mesure, de son objectivation. Prises dans l'organisation systémique de la santé publique, elles deviennent des innovations « techniques », procédant d'une *tekhnê*. Cette rationalisation du réel devient dès lors un moyen dans la conduite de la stratégie de détection précoce.

Il y a donc là une forme de tension, entre une fonction d'usage dans laquelle l'acte diagnostic relève d'une *praxis*, et une fonction systémique dans laquelle il est un dispositif normé pris dans une organisation contraignante.

Si cette organisation est contraignante, la contrainte n'est néanmoins pas d'ordre disciplinaire et la tension se résout localement grâce à l'autonomie qui est laissée au clinicien dans l'accomplissement d'une tâche encore « artisanale », faisant appel à son expertise, ses connaissances et savoir-faire singuliers, dans la visée d'un diagnostic le plus juste possible. Et en particulier, malgré le déploiement de procédés normés d'interprétation, le clinicien a maintenu sa capacité à raisonner tacitement ses diagnostics.

Nous avons pu montrer dans quelle mesure un tel raisonnement tacite, par la variabilité et la subjectivité propres à l'intuition, rendait intrinsèquement possible la faillibilité de la cognition humaine, pouvait donc être à l'origine d'erreurs. Cette erreur introduit donc une incertitude relative à l'événement diagnostique singulier. Il est clair que l'erreur cognitive, dans sa relation avec la fonction d'usage, peut donc poser un problème de justesse et donc de qualité dans des occurrences particulières. Pour autant, elle ne constitue pas une a-normalité, la faillibilité humaine étant endogène au raisonnement tacite ; l'incertitude en devient acceptable. Les différentes études que nous avons analysées ne nous ont pas permis d'exhiber, d'un point de vue scientifique, un cadre normatif réglant la performance « standard » d'un dermatologue ; ce qui pose certainement un problème puisque aucune connaissance n'est alors établie sur l'incertitude relative à l'événement singulier. Qui plus est, Stanovich et al (2000) nous rappellent que cette faillibilité peut être de l'ordre de l'erreur de performance, aléatoire, ou de l'ordre du biais, systématique. C'est sans doute la nature de cet ordre, aléatoire ou systématique, qui détermine s'il y a ou non obstacle à la conduite « normale » d'une activité de diagnostic de mélanome par un dermatologue. Si aléatoire, la tâche peut être réalisée avec une justesse « acceptable » lors des occurrences où un patient présente une lésion cutanée à interpréter. L'erreur médicale individuelle, consécutive à un raisonnement d'ordre tacite et non systématique, ne serait alors pas constitutive d'un problème. Par contre, une erreur systématique, peut être aussi systémique, intégrant non seulement le clinicien mais aussi l'environnement organisationnel de sa réalisation, il est alors constitutif d'un obstacle

tant qu'aucune certitude n'est établie au sujet des régularités qui le caractérisent.

La fonction de cette activité peut aussi être envisagée en relation au système technique dans lequel elle est intégrée. Elle est alors assignée dans le cadre de la « stratégie de diagnostic précoce du mélanome cutané ». Dans la mesure où cette stratégie s'appuie principalement sur la capacité des dermatologues et des médecins généralistes à respectivement identifier et suspecter les mélanomes, il y a une forte dépendance du système aux médecins en tant que ressource humaine compétente et quantitativement suffisante. Ce qui nous permet de relever un troisième problème relatif à l'inégalité de la répartition de cette ressource²⁸⁹, en particulier dans certaines zones géographiques qualifiées de déserts médicaux. Par ailleurs, ce qui a été dit précédemment sur l'erreur cognitive, l'erreur systémique, l'erreur de performance ou le biais, reste valide. Cependant, la tâche de diagnostic y est aussi soumise à une gouvernance et en particulier une gouvernance des événements indésirables. Dans ce cadre, l'erreur fait elle-même partie d'un processus, elle est l'élément de la technique de gouvernance qui déclenche un processus de rétroaction, en même temps qu'elle est un indicateur de performance. Ce processus de rétroaction « sécuritaire » nécessite de pouvoir enquêter sur les causes d'un événement indésirable. Si l'erreur doit pouvoir être objectivée, cela nécessite en particulier que le processus duquel elle a émergé, puisse être rationalisé, y compris le diagnostic. À cet endroit précis, ce n'est pas l'erreur qui pose problème, la nature même du raisonnement tacite ayant conduit à une erreur est un obstacle à la bonne réalisation de la rationalisation de cette dernière ; sans pouvoir être formalisé ni amendé, il oppose une résistance à sa nécessaire objectivation. Il y a dès lors un déplacement de la fonction de l'explication, précédemment seulement d'ordre épistémologique en tant que re-construction analytique d'un raisonnement intuitif, vers un ordre fonctionnel, en tant que dispositif d'ajustement du raisonnement à la gouvernance. Ce glissement fonctionnel évoque, à nouveau, une forme de nécessaire soumission de la *praxis* médicale à un ordre issue de la *tekhnê*. La gouvernance de la sécurité renoue ainsi la tension entre *praxis* et *tekhnê* qui s'était résolue grâce à l'autonomie du médecin. Il en ressort que le raisonnement tacite, la reconnaissance intuitive de formes par similarités, ne sont donc un problème que dans la mesure où ils sont en prise avec un système et un ordre technique. Sans pour autant tomber dans la vision d'une relation aliénante à la Technique de Jacques Ellul (1990), la bonne gouvernance de la santé demande que le raisonnement diagnostic devienne objet d'un maillage technique de stratégie, exécution, maîtrise, d'une mise en équation explicite de façon à optimiser un processus, à « concrétiser » un moteur à produire des actes de santé.

289Ce point ne fait pourtant pas l'objet d'une recommandation de la part de la Haute Autorité à la Santé

Conclusion

Nous venons de voir que dans le cadre de la gouvernance du système de santé, une organisation de la sécurité des soins a été instaurée, s'inspirant de l'expérience de ce qui avait été mis en œuvre dans les industries à risque, et en particulier dans l'aéronautique civile dans les années 1980 et 1990. Ainsi, en ce qui concerne plus particulièrement l'enjeu de santé publique relatif au mélanome, une « stratégie de détection précoce des mélanomes » a été mise en place. La gouvernance de cette stratégie peut exploiter les avancées scientifiques et techniques récentes relatives aux méthodes de détection non invasive. Celles-ci doivent permettre d'objectiver et rationaliser l'organisation globale de cette stratégie de détection.

Néanmoins, dans ce qui précède, nous avons montré que la conduite de cette stratégie de détection pouvait rencontrer certains obstacles résistants à l'organisation mise en place. En dépit des recommandations de la HAS, nous avons conclu que ces obstacles étaient en particulier liés à l'erreur, même si ceux-ci ne portent pas sur la qualité individuelle du dépistage de mélanomes, statistiquement acceptable, mais plutôt sur la capacité à améliorer la performance systémique :

- Obstacle (0), humain : l'établissement du diagnostic de mélanome peut intervenir après des retards explicites, en particulier du patient à consulter
- Obstacle (1), humain : le diagnostic individuel est incertain, sans qu'une connaissance certaine ne soit établie sur cette incertitude
- Obstacle (2), systémique : le diagnostic individuel, est pris dans une organisation technique qui participe à l'émergence d'erreurs, voire de biais qu'il s'agit d'analyser, de façon réflexive, à travers la gouvernance des événements indésirables.
- Obstacle (3), humain : le raisonnement tacite est résistant à son objectivation
- Obstacle (4), institutionnel : être en capacité de mettre en place les conditions nécessaires et suffisantes pour que le diagnostic des lésions cutanées puisse se faire de façon juste, non seulement dans le sens de la justesse du diagnostic individuel, mais aussi dans le sens de la justice sanitaire quelque soit la zone géographique considérée.

L'obstacle (0) fait référence à la responsabilité présumée du patient dans le processus de dépistage, donc en l'état, à son manque d'éducation en matière de santé cutanée. Cet obstacle est pris en compte dans les recommandations de la HAS.

L'obstacle (1) fait référence à la variabilité de la cognition humaine, dont les études cliniques n'ont pas réussi à mesurer de façon consistante une performance standard.

L'obstacle (2) est normalement pris en charge par la gouvernance des événements indésirables, par l'organisation de la sécurité, pour autant qu'elle soit en capacité de se remettre en question de façon réflexive, et pour autant que l'ensemble des éléments du processus de réalisation de diagnostics soient objectivables.

L'obstacle (3) rend compte de la nature tacite de nombreux raisonnements interprétatifs de mélanomes qui résiste à la formalisation objective. Cet obstacle rend compte à la fois d'une forme d'assujettissement du raisonnement diagnostic à une technique organisationnelle, et du déplacement fonctionnel de l'explication, qui, de re-construction épistémologique se voit assignée une fonction d'ajustement du raisonnement à la technique organisationnelle.

Enfin, l'obstacle (4) est relatif à la capacité de l'institution de santé publique à mettre en œuvre les ressources nécessaires à la bonne réalisation, dans « en temps acceptable » de la détection précoce, sans qu'il y ait d'iniquité territoriale. Elle renvoie néanmoins aussi à l'obstacle (0) car cette temporalité est aussi de la responsabilité du patient.

Nous avons par ailleurs vu que cette stratégie de détection précoce mise en place depuis 2006 avait sans doute atteint ses limites et que les indicateurs choisis pour rendre compte de sa performance rendait son amélioration éventuelle difficile à établir. Depuis les années 1990 et l'émergence de techniques humaines de détection de mélanomes, de nombreuses tentatives de formalisation, non seulement algorithmiques, mais informatiques, de ces techniques sont apparues. Dans ce qui suit, nous évoquerons ces tentatives, d'algorithmes déterministes jusqu'aux solutions actuelles d'intelligence artificielle à base de réseaux de neurones qui peuvent se révéler particulièrement efficaces techniquement.

Nous nous proposons de les étudier en comparaison avec ce qu'est l'interprétation humaine d'une lésion, d'envisager leur performance d'un point de vue épistémique et sémiologique ; et de l'envisager aussi d'un point de vue sécuritaire au regard des attentes du système de santé et des obstacles à la réalisation de la stratégie de détection précoce déjà identifiés. Il s'agira donc de comprendre dans quel mesure ces innovations pourraient être une forme de résolution de ce que Hughes (1983) nommait des « saillants inversés »²⁹⁰ dans la genèse du système-sécurité de santé dédié au mélanome. Un tel règlement des limites exprimées par le système permettrait sa

290 *Reverse salients*

stabilisation, voire une nouvelle expansion.

Dans une telle occurrence, nous envisagerons les enjeux d'une telle innovation, au regard de la nature des réseaux de neurones, des transformations normatives, sociales, éthiques, voire économiques, qu'ils engagent, en nous basant en particulier sur l'histoire de ce que l'automatisation du pilotage a déjà produit dans le contexte du système-sécurité de l'aéronautique civile.

Seconde Partie

Inventions informatiques et détection de mélanomes

Un moment de convergence d'innovations médico-techniques

Les années 1980 et 1990 ont été un moment historique de convergence de différentes innovations médicales et techniques participant toutes à l'apparition de solutions d'aide informatisée au diagnostic cutané : innovations de techniques médicales de formalisation et de facilitation du dépistage visuel des mélanomes ; invention de techniques d'imagerie cutanée, et en particulier du dermoscope ; à un moment de fort développement des techniques générales d'acquisition et de traitement de l'image et de matériel informatique individuel.

Innovations médicales

Dans la partie précédente²⁹¹, nous avons évoqué l'apparition, à partir de 1985 des premiers « algorithmes » permettant d'évaluer les lésions cutanées. Ces « algorithmes » étaient de deux ordres ; les premiers sont d'ordre sémiologique, envisagent l'interprétation qualitative et systématique de symptômes, les principaux dispositifs en sont la méthode ABCDE de Friedman ainsi que les sept points du groupe de Glasgow ; les seconds sont d'ordre métrologique, ils envisagent une mesure quantitative des symptômes de façon, non pas d'interpréter, mais de calculer un score de malignité de la lésion, les principaux dispositifs de ce type sont le calcul du score en 7 points d'Argenziano ainsi que la méthode ABCD de Stolz. Si les méthodes sémiologiques de dépistage visuel, telle celle de Friedman²⁹² ont été formalisées au milieu des années 1980, le premier dispositif calculatoire développé aux mêmes fins par Stolz a fait l'objet d'une parution académique en 1994²⁹³.

291 Pour plus de détails, se reporter à Partie I, Paragraphe IV.4.1.

292 Voir Friedman et al (1985)

293 Voir Stolz et al (1994)

Imagerie médicale et Invention du Dermoscope

En regard de la transformation de l'imagerie médicale, Stone (1990, p.913) mentionne le retard pris par la dermatologie dans l'avènement de dispositifs d'imagerie qui lui seraient dédiés. Alors que la radiologie en a bénéficié dès les années 1970, que l'IRM²⁹⁴ est apparue dès 1973, il faut attendre 1988 pour le premier dispositif d'acquisition d'images dermatologiques²⁹⁵, puis 1989 pour voir apparaître le premier dermoscope²⁹⁶²⁹⁷, basé sur la microscopie à lumière épiluminescente, qui se voit ensuite couplé à un appareil photo²⁹⁸ en 1991. Ce dispositif permet d'inspecter la surface d'une lésion, de façon non invasive, à l'aide d'un microscope. Perednia (1991) attribue ce retard dans l'invention de tels dispositifs à la nature même de l'objet de la dermatologie, et à l'accessibilité immédiate de l'organe cutané qui se donne à voir par l'œil. Ce retard est néanmoins à relativiser puisque, ainsi que le rappelle Andreassi (1999, p.1459), la technologie de microscopie à lumière épiluminescente avait été utilisée tout au long du XX^e siècle, dès 1917 par Weiss, jusqu'à McKie en 1971. Ainsi, si l'innovation de Heine, en 1989, consiste en une technique d'immersion *in vivo* de la lésion dans un liquide de façon à ce que leur exposition à un faisceau de lumière permette de visualiser des couleurs et structures présentes dans l'épiderme voire le derme et non visibles à l'œil nu, son véritable apport consiste en une version portable de cette technologie qui en autorise l'usage chez le dermatologue.

Matériel Informatique et Traitement de l'Image

Cette période est aussi marquée par les développements importants ayant eu lieu dans le traitement électronique et la digitalisation de l'image. Stone et al. (1990, p.913) établissent à cet égard un lien, entre cette utilisation d'images médicales (fixe ou video) digitales, qu'un ordinateur peut traiter, et les efforts de recherche insufflés par l'industrie aérospatiale, par les besoins en « renseignements » ressentis par l'armée américaine dès les années 1950. ces recherches portent leurs fruits à partir des années 1960²⁹⁹ à travers, en particulier, l'utilisation de technologies d'acquisition et de transmission à distance d'images satellite.

Le graphique ci-dessous exhibe spécifiquement l'évolution, entre 1974 et 1989, du nombre de publications relatives à l'imagerie digitale dans le cadre de la dermatologie.

294Imagerie par Résonance Magnétique

295Le Neviscan de Special Products Inc.

296Le Delta-10 de Heine GmbH

297Dont Stolz (1989) fait par ailleurs la promotion

298Le Dermaphot de Heine

299Premier lancement réussi d'un satellite militaire en 1960 (Corona)

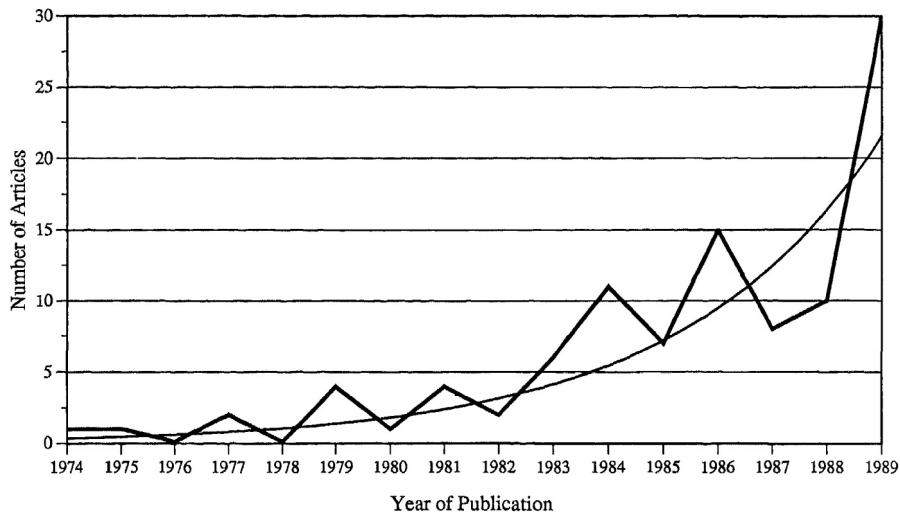


Fig. 1. Yearly number of reports involving digital imaging in dermatology since 1974, plotted with an exponential curve fitting the data.

Figure 23 : Évolution du nombre d'articles relatifs à l'imagerie digitale en dermatologie de 1974 à 1989

Source : Perednia (1991, p.90)

Cette figure met particulièrement en évidence une première évocation de tels dispositifs au milieu des années 1970, lorsque la technologie devient une potentialité pour les chercheurs en dermatologie, puis l'accélération des recherches, en fin des années 1980, en relation avec la démocratisation des ordinateurs et de la puissance calculatoire associée qui autorise la manipulation des images.

C'est bien le couplage de l'imagerie dermatologique digitale avec l'ordinateur qui permet d'en envisager des bénéfices. Perednia (1991, p. 91) y voit trois avantages : l'objectivation de la lésion imagée et la possibilité d'en quantifier les caractéristiques ; la possibilité d'enregistrement et de sauvegarde ; et enfin l'accès à des modalités non-visibles d'imagerie³⁰⁰. Quant à Stoecker (2012, p.148), il classe les bénéfices « premiers », pouvant déjà être attendus, en quatre catégories principales :

- Mise en atlas d'images non-invasives de lésions cutanées, relevant d'une objectivité mécanique.
- Définition non ambiguë des caractéristiques morphologiques des cancers de la peau. En particulier, comment définir objectivement l'assymétrie d'une lésion ?
- Télédiagnostic. Gain de temps, rapidité du diagnostic grâce à la télétransmission d'images digitales.

³⁰⁰Par exemple par ultrasons

– Analyse quantitative des images. Surveillance de l'évolution d'une lésion de façon à pouvoir évaluer, de façon simple, l'effet de nouvelles thérapeutiques lors d'essais cliniques.

Il envisage aussi des bénéfices seconds, potentiels :

– Assistance au diagnostic au moyen du calcul automatique de scores de malignité.

– Modélisation en 3 dimensions d'une tumeur au moyen d'analyse numérique à partir d'une technique d'imagerie que l'on pourrait qualifier de multispectrale, ou encore à partir d'imagerie haute définition par ultrasons.

– Surveillance de lésions, en particulier dans le cas de lésions dysplastiques.

– Création d'une base de données générales de lésions cutanées.

Au moment où il écrit cet article, en 1992, Stoecker ne fait néanmoins pas preuve de naïveté sur la réalité de ce que la technologie permet de faire. Cette forme de clairvoyance est palpable dans son « *current hardware, future software* », montrant bien que si le matériel technique permet d'envisager des réalisations³⁰¹ en puissance, l'ingénierie logicielle n'est pas encore, à cet instant là, en mesure de les actualiser.

301Même si ces matériels sont encore particulièrement onéreux

Premiers logiciels d'aide au diagnostic

Day et Barbour (2000, p.1) positionnent les premiers écrits sur « l'idée d'utiliser un ordinateur pour assister au diagnostic des lésions cutanées »³⁰² à 1985. Leur assertion rendrait cette idée exactement contemporaine de la première modélisation qualitative de Friedman et al. Pour autant, l'aide informatisée au diagnostic renvoie à une histoire plus ancienne, avec une intention non pas nécessairement de formalisation d'une discipline clinique, mais pouvant aussi relever d'une volonté de modélisation du raisonnement humain et des connaissances humaines.

Diagnostic et Intelligence Artificielle (Systèmes experts)

De fait, l'avènement des premières solutions informatisées de (ou d'aide au) diagnostic correspond au projet initial relatif à l'Intelligence Artificielle (IA), tel que spécifié lors de la Conférence de Dartmouth en 1956³⁰³. Dans cette première période de l'IA, dominée par le courant cognitiviste, il s'agissait alors de simuler la cognition humaine en extrayant l'expertise humaine et en la formalisant sous forme de règles.

Hadley (1974, p.467) renvoie à la décennie qui le précède les premiers développements de programmes destinés à acquérir, enregistrer, retrouver, analyser des données cliniques, voire interpréter des électrocardiogrammes. On complétera l'état de l'art proposé par Hadley, par les deux programmes de diagnostic Internist-I³⁰⁴ et Caduceus³⁰⁵ développés à partir des années 1970 à l'Université de Pittsburgh. On pourra y ajouter aussi le programme MYCIN, projet « utilitaire » démarré en 1972 par Edward H. Shortliffe et dirigé par Bruce Buchanan à l'université de Stanford, dont la finalité était le diagnostic d'infections sanguines et de méningites.

Dans tous ces cas, il s'agissait prioritairement, non pas d'établir un savoir formel sur la clinique,

302Traduction par l'auteur

303Voir McCarthy et al (1955)

304Projet didactique de diagnostic clinique, au centre du cours d'épistémologie médicale : « *The Logic of Problem-Solving in Clinical Diagnosis* » à l'Université de Pittsburgh.

305Diagnostic de 1000 pathologies sans spécialisation médicale

mais sur le raisonnement clinique. Et quand bien même Haberman (1985, p.132) limite pragmatiquement l'intention de développement à une simple assistance dans l'accomplissement de la mission des médecins, et non pas à son remplacement³⁰⁶, il s'agissait en réalité de créer un artefact dont le comportement soit semblable à celui d'un médecin, dans l'imperfection même des heuristiques qu'il déploie. Il y a donc là une forme de hiatus signifié en particulier par le titre de l'article de Shortliffe et Buchanan (1975) : *A model of inexact reasoning in medicine*. La perfection de la modélisation se trouve dans l'imperfection du raisonnement. Dreyfus (1984, p.147), citant Feigenbaum (1977, p.1023), mentionne de quelle façon les résultats de MYCIN étaient présentés à un jury de spécialistes et que « dans 90% des cas soumis au jury, une majorité de jurés a estimé que le verdict du programme était “le même” ou au moins “aussi bon” que celui qu'ils auraient émis pour leur part ». Donc la finalité du programme ne se situe pas de façon première dans la vérité du diagnostic, mais plutôt dans une forme de performance relative aux médecins humains, et cette comparaison avec l'étalon humain met finalement le programme dans une situation de concurrence avec le médecin dont il tire son expertise, et non pas de collaboration.

Diagnostic dermatologique assisté par Ordinateur : Années 1960-1970

Ce qui est sans doute le premier programme de diagnostic dédié à la dermatologie est identifié par Stoecker (1986, p.619) comme étant le logiciel de dermatologie générale dont Norins (1964) rend compte. Il est suivi par Fisher (1973) dont la finalité était de diagnostiquer les pathologies associées aux fièvres et éruptions cutanées, auquel Hadley (1974) succède peu après. Dans ce contexte d'intelligence artificielle, ces programmes font figure d'exceptions. Celui de Fisher est conçu sur la base d'un modèle d'attributs³⁰⁷ (18 dans ce cas), qui « font référence à la morphologie, la configuration, la distribution et l'étalement des lésions cutanées ». La présence ou l'absence de ces attributs conduit à l'établissement d'une matrice constituée des coefficients correspondants qui est comparée terme à terme avec les matrices de 16 pathologies établies préalablement, permettant d'établir un score différentiel pour chaque pathologie enregistrée.

Le programme de Hadley utilise la même technique mais avec 34 attributs portant sur 33 pathologies, et en la complexifiant avec une analyse bayésienne de la relation entre attributs et pathologies, donc en affectant des coefficients de probabilité lors du calcul de score³⁰⁸. Dans ces trois cas, il y a donc eu non pas simulation d'un raisonnement mais tentative de formaliser de façon calculatoire les savoirs cliniques, dans un mouvement d'explicitation et d'objectivation. Dans les

306On note donc déjà cette crainte en 1985.

307Que Hadley nomme *template*

308Pour une analyse du programme de Hadley, on pourra aussi se reporter à Stoecker (1986)

expériences rapportées par Fisher et Hadley, sans doute pour des motivations de précision de la formalisation, le domaine des savoirs avait été volontairement circonscrit à une symptomatologie donnée (fièvre et éruptions cutanées). Les résultats rendent compte d'une performance relative, probante pour certaines maladies, variable pour d'autres. Stoecker (1986, pp.612-613) relève les problèmes de définition des attributs de maladies dans le *template*, et surtout le mode de détermination des probabilités des relations attribut-maladie, parfois de façon subjective, mais aussi de façon relative à l'incidence d'une maladie à un endroit et à un instant donnés. Haberman (1985, p.133) ajoute une limitation liée à la nature même de la logique bayésienne, renvoyant à des classifications où les maladies doivent s'exclure mutuellement et dont les attributs individuels sont nécessairement indépendants.

DIAG

En prenant la dénomination de système-expert, DIAG est le premier logiciel, dit d'IA, de diagnostic dermatologique assisté par ordinateur.

DIAG a été élaboré afin de constituer un assistant efficace dans la réalisation de la tâche de diagnostic, et aussi à des fins d'enseignement auprès d'un public de médecins non-experts en dermatologie. Haberman (1985, p.133) figure ce programme comme l'articulation de 3 modules, un mécanisme d'interface, de « conversation », une base de données médicales, et un « raisonneur ». La base de données comprend la description de 200 maladies, encore une fois sous la forme de *templates* indépendants. Le « raisonneur », ou encore moteur d'inférences, utilise deux types de règles : les premières, catégoriques, disent ce que la description des symptômes du patient doit satisfaire pour qu'une maladie, elle-même décrite par son *template*, puisse être considérée comme diagnostic potentiel, ce sont donc des règles qui incluent mais peuvent exclure une maladie de l'ensemble des possibles ; les secondes probabilistes, dont le rôle est d'augmenter ou réduire la plausibilité d'un diagnostic. Ces règles portent sur les attributs caractéristiques des maladies, incluent des opérateurs logiques (« et », « ou », « doit », « ne doit pas », « est possible »), et un poids qui pondère l'importance de la règle. L'application de ces règles permet de définir, d'une part, l'ensemble des maladies possibles (au moins 50% des attributs positifs, sans règle d'exclusion), et de proposer un diagnostic différentiel dans lequel chaque diagnostic possible est évalué en fonction d'un score de plausibilité.

Ce « système-expert » ne s'inscrit donc pas dans la lignée cognitiviste de MYCIN, en ne tentant

pas de simuler un raisonnement diagnostic hypothético-déductif tel que formalisé par Elstein (1978) ou encore Kassirer (1978). De fait, il a été conçu de façon « utilitaire » pour être mis en œuvre dans le cadre de l'hôpital de Toronto et non en tant qu'expérience sur la cognition du clinicien. Si Stoecker (1986) relève une performance diagnostique acceptable, c'est bien la lourdeur du dossier clinique à remplir qui pose problème dans son utilisation régulière ; toutes les questions sont systématiquement posées sans que des heuristiques viennent court-circuiter la saisie en allant directement à l'essentiel. Cette forme de non-acceptabilité par les personnels de santé renvoie justement à cette dimension normative d'un questionnaire en forme de check-list, dans lequel rien ne peut être omis, et aucune intuition ne peut venir raccourcir le chemin menant au résultat.

AI/DERM

Pendant la même période, Vanker et Stoecker (1984), de l'Université du Missouri, développent AI/DERM sur la base du système-expert progiciel SEEK de l'université de Rutgers. Leur étude envisage néanmoins l'enregistrement de photos des lésions étudiées dans le dossier médical « numérisé », ce qui constitue sans doute un premier pas dans la direction de l'utilisation d'images digitales pour l'établissement d'un diagnostic, en ce qu'ils initient une base de données numérique associant images, dossiers médicaux et diagnostics.

On notera aussi au passage la particularité de DERM/DDX, développé pour l'*American Academy of Dermatology*, et première solution de ce type accessible à distance par modem³⁰⁹.

Dans ces trois derniers cas, il y a une forte dépendance de la performance à la pertinence des *templates* définissant la nature et les caractéristiques des attributs spécifiques aux pathologies diagnostiquées. Ces attributs sont, pour certains, définis selon l'expertise subjective des dermatologues consultés, ce qui est parfaitement mis en évidence dès Fisher (1973), et ils donnent par ailleurs lieu à une forme de subjectivité dans l'interprétation de leurs valeurs associées ; par exemple lorsqu'il s'agit de définir si le contour d'une lésion est circulaire, en forme d'arc, annulaire, polygonal, ovoïde, irrégulier, avec un bord entaillé, un bord discret³¹⁰.

309On pourra se reporter à Stoecker (1986) pour un exposé plus exhaustif d'autres solutions « expertes » développées dans les années 1980.

310Voir Vranker (1984, p.3)

Imagerie médicale numérique et diagnostic assisté par ordinateur³¹¹

1. Imagerie médicale et modélisation

Au contraire de ce qui pourrait apparaître intuitivement, un dispositif d'imagerie médicale (IM) ne rend pas visible l'invisible, il opère en construisant une représentation artificielle d'un objet ou encore d'une partie du corps. La finalité de cette représentation est, idéalement, d'aider le médecin à mener une enquête en diagnostic portant sur le corps réel ; dans ce sens elle a donc une fonction épistémique attendue de facilitation de l'accès au savoir diagnostic, mais aussi de facilitation de la formulation explicite de ces savoirs³¹². Par la médiation de cet artefact, il y a donc un déplacement épistémique du support sur lequel porte le raisonnement, du réel phénoménologique vers un artefact construit.

À ce titre, si l'on reprend la définition classique d'un modèle par Marvin Minsky (1965, p.45), « *To an observer B, an object A* is a model of an object A to the extent that B can use A* to answer questions that interest him about A* », une image médicale pourrait être considérée comme un « modèle » A* de l'élément du corps qu'elle re-présente. Cette définition nous semble incomplète dans la mesure où elle n'intègre pas le système épistémique à partir duquel nous sommes capable d'interroger l'IM. Nous pouvons la compléter à partir de la proposition de Julie Jebeile (2019, p.40) lorsqu'elle évoque le mode de construction d'un modèle numérique, à partir de principes théoriques et d'hypothèses auxiliaires, ce qui nous permet alors de spécifier que le modèle interroge l'IM en lieu et place de la zone du corps qu'elle re-présente, et comment il est construit ; à ce titre, la spécification du modèle doit donc aussi dire l'abstraction de l'IM, donc la sélection des éléments signifiants à laquelle réduire l'image pour l'interpréter, et la base théorique

311 Dans ce qui suit nous utiliserons l'acronyme DAO

312 Pour plus de détails concernant les fonctions épistémiques des modèles, se reporter à Franck Varenne (2019)

qui sous-tend cette interprétation.

Dans le cas de la clinique du mélanome, la méthode ABCD constitue à la fois l'hypothèse auxiliaire de la définition du *template*, donc de l'abstraction, et le modèle théorique d'interprétation du réel cutané. En ce que l'imagerie dermatologique numérique constitue un support épistémique nouveau, elle nécessite une structure théorique qui lui soit adaptée : une nouvelle méthode théorique s'appuyant sur des hypothèses d'abstraction à définir. L'IM n'est donc que le support d'un nouveau modèle, et en tant que tel, elle donne à voir mais ne signifie rien tant que la structure théorique adaptée n'est pas découverte. En tant qu'invention technologique, elle est certes produite mécaniquement et son résultat revêt une qualité d'objectivité tout autant mécanique, mais cette objectivité porte sur l'image, avant même que les modalités d'invention de la structure théorique ne soit envisagée.

Ainsi pour que l'invention devienne innovation, pour qu'elle soit en mesure de réaliser une promesse d'amélioration de la qualité des diagnostics, il est nécessaire de lui adjoindre la structure épistémologique qui lui soit adaptée. C'est bien à cette tâche que se sont attelées les recherches engagées dans les années 1980 à 1990 sur l'imagerie numérique du mélanome : à la définition et au test d'hypothèses d'abstraction du mélanome numérisé, et à l'élaboration de la méthode d'interprétation quantitative des images de lésions cutanées produites. Au-delà de la fonction épistémique de développement d'une structure théorique adaptée à l'imagerie numérique dédiée à la dermatologie, il s'agit bien de rendre fonctionnelle cette dernière, de lui permettre, d'un point de vue sociologique, de devenir innovation. À cet endroit, il y a donc un lien étroit entre recherche universitaire à vocation médicale et industrie (en devenir) de l'imagerie médicale.

2. Recherches sur le diagnostic automatisé de mélanomes

L'ensemble des cas vus dans le paragraphe précédent font référence à un diagnostic fait sur la base d'éléments cliniques traduits et saisis, explicitement, numériquement ou sous forme de choix multiple, par le médecin, il ne s'agit donc pas d'interpréter le réel sans la médiation d'un dispositif humain permettant d'y accéder. L'émergence de l'imagerie médicale dédiée à la dermatologie rend possible, dès la fin des années 1980, l'idée de pouvoir manipuler les images de lésions qui se donnent dès lors à voir par l'ordinateur, et d'en extraire mécaniquement le diagnostic qui leur est associé.

Comme vu précédemment, une autre avancée, médicale celle-là, dans le dépistage des

mélanomes est constituée par la formalisation de la méthode ABCD par Friedman et al en 1985. Ces quatre traits, et le fondement scientifique qui a présidé à leur établissement constituent dès lors une base objective pour une définition des attributs de la pathologie « mélanome », qu'il s'agit dès lors de savoir mécaniquement identifier et interpréter.

Stoecker (1986, p.624) envisage déjà l'utilisation future de l'ordinateur pour analyser les images dermatologiques digitales. Il ne s'agit donc plus seulement de simuler le raisonnement diagnostique mais de simuler l'ensemble du processus humain, en y intégrant la captation compréhensive du réel, la reconnaissance tacite des caractéristiques d'un objet ou d'un phénomène. Nous avons déjà mentionné le Neviscan, appareil développé et commercialisé par Special Products Inc. à partir de 1988, qui proposait l'analyse non-invasive et automatisée de lésions, de la prise de l'image jusqu'à la détection du mélanome, au regard des critères ABCD de Friedman. De nombreuses équipes universitaires, le plus souvent transdisciplinaires, lancent par ailleurs des programmes de recherche dans ce sens : Cascinelli et al (1987) à Milan, Moss et Stoecker (1989) à l'Université du Missouri, ou encore Dhawan (1988) à Houston. Ce mouvement, initié à la fin des années 1980, perdure tout au long des années 1990³¹³.

Les premiers travaux permettent d'identifier les principales étapes du processus à résoudre, qui peut alors se décomposer ainsi : Acquisition – Visualisation – Mesure – Classification

L'acquisition est l'étape fondatrice de l'imagerie digitale, basée soit sur des appareils déployant de façon immédiate une technologie numérique, soit par l'intermédiaire d'un dispositif d'acquisition numérique de médias analogiques³¹⁴, qui peuvent être externes ou internes à l'ordinateur, sous la forme de cartes graphiques. En construisant une image formée d'atomes numériques, de pixels, chacun étant associé à un niveau de gris ou à une couleur³¹⁵, l'acquisition rend l'image à la fois accessible à l'ordinateur, en même temps qu'elle devient manipulable dans la mesure où chaque pixel est mathématiquement mesurable et transformable.

La visualisation consiste alors en la calibration de l'image, puis sa segmentation de façon à pouvoir identifier la localisation de la lésion sur l'image, mais aussi l'identification de ses bordures de façon à pouvoir en dessiner le contour. *In fine*, il s'agit de détourner la zone de travail sur laquelle l'évaluation doit prendre place.

313On se reportera à Ketel (1995) et à Day et Barbour (2000) pour un historique des recherches menées pendant cette période

314Des *frame grabber*

315Selon le codage et la mémoire qui lui est allouée, ce pixel peut être simplement noir ou blanc (codage sur 1 bit), en 16 couleurs (standard VGA, codage sur 4 bits), en 256 couleurs ou niveaux de gris (codage sur 1 octet),...

La mesure a pour objet une évaluation quantitative des attributs de la lésion. Enfin la classification doit permettre de catégoriser la lésion au sein d'une nosographie pré-déterminée.

Le processus de recherche d'une innovation de détection automatique a donc été décomposé en sous-tâches, selon une procédure de gestion de projet d'ingénierie. Il s'agit bien d'un projet d'innovation technique dont les deux premières étapes sont des tâches de traitement du signal et de traitement de l'image numérique, dont la troisième, elle aussi à caractère informatique, est contrainte par le cadre médical définissant l'abstraction de l'image à considérer, les attributs dermatologiques à mesurer, et enfin dont la dernière concerne plus directement la dermatologie. Sans nécessairement intégrer une quelconque technologie IA, ce processus complet apparaît comme un prolongement du projet de simulation de la cognition humaine en ce qu'il vise une formalisation déterministe du processus cognitif réalisé par le dermatologue humain, de l'affichage de l'image sur sa rétine, à la discrimination tacite des éléments signifiants³¹⁶ de la lésion, jusqu'à leur interprétation sémiologique.

Acquisition – Visualisation

L'image médicale numérisée est une agrégation de pixels individuels qui font collectivement image. Celle-ci est donc manipulable en ce qu'il est possible d'en mesurer³¹⁷ chacun des pixels et d'agir sur eux selon des algorithmes spécifiques. Pour autant, si la délimitation d'une lésion par l'œil humain semble être une tâche tacitement simple, formaliser explicitement ce processus implicite de façon à l'automatiser par un ordinateur s'est révélé plus complexe. La première étape de ce processus consiste donc en la définition mathématique des éléments constitutifs de la bordure d'une lésion dans une image numérique. Cette définition préalable conduit à des techniques de détection différentes. Ainsi, l'équipe de Cascinelli, à Milan, produisent dès 1987 un premier prototype permettant d'analyser une image, de la calibrer, de la segmenter en travaillant à partir d'histogrammes.

316Des attributs donc

317Position, niveau de gris, ou couleurs codé en bits

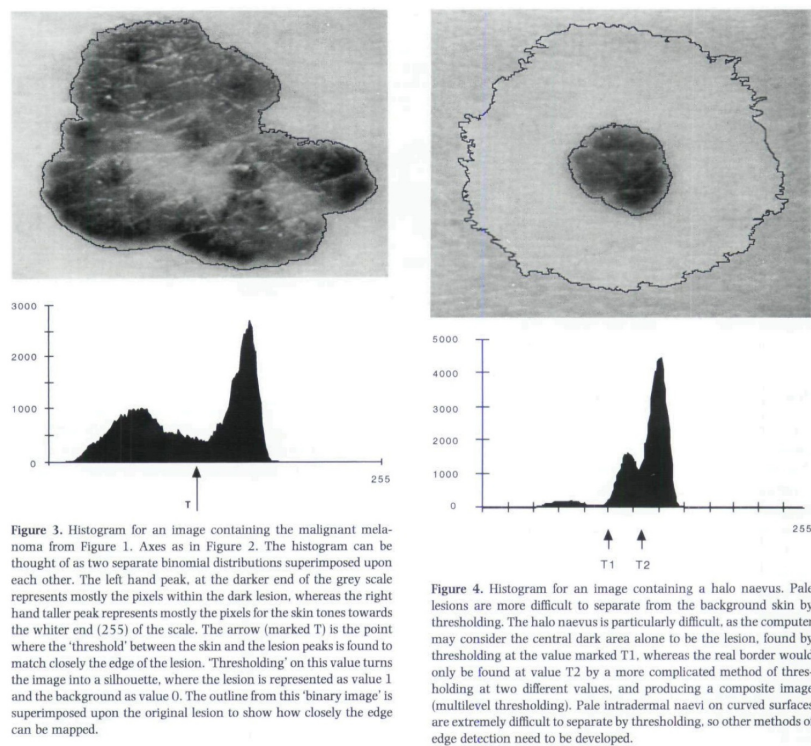


Figure 3. Histogram for an image containing the malignant melanoma from Figure 1. Axes as in Figure 2. The histogram can be thought of as two separate binomial distributions superimposed upon each other. The left hand peak, at the darker end of the grey scale represents mostly the pixels within the dark lesion, whereas the right hand taller peak represents mostly the pixels for the skin tones towards the whiter end (255) of the scale. The arrow (marked T) is the point where the 'threshold' between the skin and the lesion peaks is found to match closely the edge of the lesion. 'Thresholding' on this value turns the image into a silhouette, where the lesion is represented as value 1 and the background as value 0. The outline from this 'binary image' is superimposed upon the original lesion to show how closely the edge can be mapped.

Figure 4. Histogram for an image containing a halo naevus. Pale lesions are more difficult to separate from the background skin by thresholding. The halo naevus is particularly difficult, as the computer may consider the central dark area alone to be the lesion, found by thresholding at the value marked T1, whereas the real border would only be found at value T2 by a more complicated method of thresholding at two different values, and producing a composite image (multilevel thresholding). Pale intradermal naevi on curved surfaces are extremely difficult to separate by thresholding, so other methods of edge detection need to be developed.

Figure 24

Source : Hall et al (1995, p.328)

Reproduit avec l'autorisation de l'auteur

Les histogrammes figurés ci-dessus, associés à leurs images numériques respectives, montrent bien la difficulté de définir les paramètres de seuil³¹⁸ des niveaux de gris (ou de couleur), l'endroit d'un brusque changement de pigmentation, qui permettent d'identifier les bordures de la lésion, en considérant par ailleurs que l'histogramme représentatif d'un naevus dépend aussi du type de naevus considéré³¹⁹.

À l'Université du Missouri, Moss et Stoecker (1989), rejetant la technique du gradient de Sobel, proposent un détourage de la lésion grâce à des filtres utilisant des transformées de Fourier. Plus innovant, White et Perednia (1991), reprenant les travaux de Haralick et al (1983), cartographient l'image en catégorisant, non pas les pixels individuels, à la façon d'un histogramme, mais des zones, à travers les concepts topologiques signifiants, de puits de luminosité, de crête et de bord. De nombreuses autres techniques de filtrage sont utilisées³²⁰, filtrage algorithmique d'une

318Les *threshold*

319Dans l'exemple figuré, l'histogramme représentatif du naevus de Sutton (à halo) doit être traité différemment de celui d'un naevus classique du fait de sa dépigmentation

320Pour plus de détail, voir Kenet (1995, p.387)

part³²¹, mais aussi filtrage lors de la prise de photo³²², prise de photo multi-angle utilisant des miroirs pour obtenir une re-présentation de la lésion en 3D³²³, jusqu'à un traçage du contour à la main.

Dans ces expériences, il ne s'agit donc pas de comprendre ou d'expliquer de quelle façon la cognition humaine permet de réaliser cette tâche à partir de la projection d'une image sur la rétine mais de développer un dispositif utilitaire qui permette de réaliser cette tâche automatiquement et de façon optimale. Les techniques de filtrage sont mises en concurrence uniquement dans la comparaison de leurs capacités performatives. Les connaissances développées dans ce mouvement de « découverte » ne portent donc pas sur l'objet dermatologique en tant que tel, mais sur une innovation technique de traitement numérique d'image, sur un modèle de simulation numérique d'un processus tacite.

Mesure et catégorisation

Nous avons vu que les pixels étaient mesurables, mais ceux-ci ne font tacitement sens qu'en faisant collectivement image. Une fois l'image calibrée et la lésion détournée, il s'agit de mesurer l'image de la lésion, la finalité n'est donc pas de mesurer les pixels individuellement mais d'extraire et de mesurer les éléments signifiants qui vont permettre d'interpréter la lésion. Le prérequis est donc d'avoir préalablement défini ces concepts signifiants.

Dans une intention de continuité épistémique avec la détection humaine, Cascinelli (1992, p.167) envisage d'utiliser les modèles analytiques existants³²⁴. Il ne les utilisera qu'en tant que cadre sémantique général en mentionnant la difficulté « extrême » à les traduire de façon algorithmique. Cascinelli choisit son *template* comme étant constitué par : forme, taille, couleur, luminosité, saturation, bordure et texture.

Kenet (1995, p.388) mentionne l'utilisation de huit attributs pour quantifier la forme, la couleur et la texture de la lésion imagée : estimation de la dissymétrie, diamètre, teinte, luminosité, saturation, transition de bordure entre lésion et la peau adjacente, texture, anamnèse. Aux valeurs calculées sont appliquées des fonctions seuil qui rendent 1 lorsque la valeur calculée est supérieure au seuil défini pour cet attribut et 0 sinon. De façon calculatoire, lorsque deux paramètres binaires ou plus sont égaux à 1, la lésion est considérée comme maligne. Kenet ne stipule néanmoins pas

321 Par exemple, voir Umbaugh (1992) pour une étude comparative de méthodes de segmentation de l'espace des couleurs par analyse en composantes principales.

322 Voir Green (1991)

323 Voir Dhawan (1988)

324 ABCD et 7 points de Glasgow

sur quelles bases sont formulées les valeurs seuil. Dans une démarche proche, Schindewolf (1994) propose, sans précisément les définir, d'utiliser certaines caractéristiques de l'image de la lésion afin de rendre compte de la texture, des couleurs et de leurs distributions, de la dissymétrie et de la bordure ; il y a encore une fois, ici, une intention de relier les attributs de l'image aux attributs associés au modèle réel ABCD. Sous couvert de ce lien prétendument établi, il est d'ailleurs curieux de noter la confusion qui est faite entre les attributs de l'image et les attributs de la lésion réelle. Schindewolf finalise son article en testant ses différentes hypothèses d'attributs en utilisant le logiciel de classification CART³²⁵, qui lui permet d'évaluer statistiquement les attributs d'image pré-sélectionnés qui sont les meilleurs prédicteurs.

Green (1991, p.233) utilisent une approche mixte de l'image, proposant des attributs liés à la forme et à la surface de la lésion (AREA, PERIM, FRAG)³²⁶, et des paramètres de moyenne et de variance des valeurs de niveaux de gris dans différentes images de la lésion générées à partir de l'application de filtres rouge (REDMN, REDV), vert (GREENMN, GREENV), et infrarouge (IRMN, IRV). Les valeurs ainsi mesurées, combinées avec les données cliniques voire histologiques ont été étudiées selon une analyse discriminante de façon à définir les conditions statistiques d'appartenance aux groupes de « mélanome », « lésion mélanocytaire » et « autres lésions ». Andreassi (1999) optent pour une procédure similaire. Leur procédure est affinée, sur la base de dermoscopies d'une meilleure définition, et à partir d'un nombre de paramètres plus conséquent de mesure de niveaux de couleurs permettant de comparer différentes zones de la lésion et de la peau adjacente.

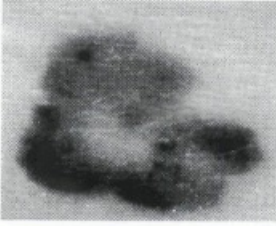
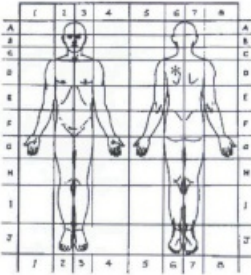
La perspective de Hall et al (1995)

Hall et al (1995) constitue une mise en perspective intéressante de ce que la technique permet au milieu des années 1990, et de l'intention sous-jacente à ces efforts de recherche, ce qui peut légitimement être attendu du développement de tels dispositifs de détection informatisée de mélanome. Ils posent la question de l'avenir possible de l'assistance informatisée à la détection précoce de mélanomes. De façon prospective, en fonction des logiciels déjà en test, ils élaborent la façon dont un rapport d'assistance au praticien pourrait se présenter :

325Classification & Regression Trees

326Où l'indice de fragmentation $FRAG = 4\pi \text{ AREA} / \text{PERIM}^2$, et représente donc un coefficient de dissymétrie, égal à 1 dans le cas d'un cercle parfait, d'autant inférieur à 1 qu'il est dissymétrique.

Surname	Mole	Date of Birth	9/11/43
First Name	Montgomery	Site of Lesion	D6

Image		
-------	---	--

History	Incidental finding during health check	Clinical Diagnosis	? Malignant Melanoma
---------	--	--------------------	----------------------

A symmetry	B border																								
<table border="1"> <tr> <td>Asymmetry</td> <td>12%</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>Shape Compactness</td> <td>1.23</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Shape Bulkiness</td> <td>1.6</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>Shape Notching</td> <td>10%</td> <td>*</td> </tr> </table>	Asymmetry	12%	*	Shape Compactness	1.23		Shape Bulkiness	1.6	*	Shape Notching	10%	*	<table border="1"> <tr> <td>Fine Edge Detail</td> <td>1.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Coarse Edge Detail</td> <td>1.5</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>Blurredness ("mean")</td> <td>1.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Blurredness ("SD")</td> <td>2</td> <td></td> </tr> </table>	Fine Edge Detail	1.1		Coarse Edge Detail	1.5	*	Blurredness ("mean")	1.3		Blurredness ("SD")	2	
Asymmetry	12%	*																							
Shape Compactness	1.23																								
Shape Bulkiness	1.6	*																							
Shape Notching	10%	*																							
Fine Edge Detail	1.1																								
Coarse Edge Detail	1.5	*																							
Blurredness ("mean")	1.3																								
Blurredness ("SD")	2																								
C colour	D diameter																								
<table border="1"> <tr> <td>Colour (Lum) mean</td> <td>134</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Colour (Lum) SD</td> <td>23</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Colour (RGB) mean</td> <td>120,96,86</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Colour (RGB) SD</td> <td>23,12,18</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Colour Distribution</td> <td>72%</td> <td>*</td> </tr> </table>	Colour (Lum) mean	134		Colour (Lum) SD	23		Colour (RGB) mean	120,96,86		Colour (RGB) SD	23,12,18		Colour Distribution	72%	*	<table border="1"> <tr> <td>Max Diameter</td> <td>12mm</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>Area</td> <td>430 (mm)²</td> <td></td> </tr> </table>	Max Diameter	12mm	*	Area	430 (mm) ²				
Colour (Lum) mean	134																								
Colour (Lum) SD	23																								
Colour (RGB) mean	120,96,86																								
Colour (RGB) SD	23,12,18																								
Colour Distribution	72%	*																							
Max Diameter	12mm	*																							
Area	430 (mm) ²																								
E elevation	Index of Suspicion from Image Analysis																								
<table border="1"> <tr> <td>Elevation mean</td> <td>4mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Elevation SD</td> <td>06mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Surface Texture</td> <td>smooth</td> <td></td> </tr> </table>	Elevation mean	4mm		Elevation SD	06mm		Surface Texture	smooth		<table border="1"> <tr> <td>Index of Suspicion from Image Analysis</td> <td>HIGH</td> <td>*</td> </tr> </table>	Index of Suspicion from Image Analysis	HIGH	*												
Elevation mean	4mm																								
Elevation SD	06mm																								
Surface Texture	smooth																								
Index of Suspicion from Image Analysis	HIGH	*																							

Figure 25 : Compte rendu automatisé de détection de mélanome

Source : Hall et al (1995)

Reproduit avec l'autorisation de l'auteur

La façon qu'ont eu Hall et son équipe de retranscrire le formalisme attendu d'un rapport clinique numérique rend compte de cette intention explicite de respecter la structure du modèle sémiologique portant sur le réel. Ils reprennent les attributs originellement déterminants de la lésion réelle, et les décomposent en sous-attributs quantifiables et quantifiés³²⁷. Le lien entre ces valeurs, dont la signification n'est pas immédiate, et le modèle réel se fait par le truchement du geste graphique de les intégrer au sein d'un encadré. « *Colour (Lum) Mean* », dont la valeur est 134 est intégré l'encadré « Couleur », il est donc un indicateur numérique de la variabilité de la couleur. Il ne s'agit pourtant pas de prétendre que la variabilité de la couleur au sein de la lésion, auparavant définie par Friedman et reconnue tacitement par le dermatologue, se définit explicitement et numériquement, par un calcul portant sur les cinq sous-attributs regroupés dans l'encadré « couleur ».

³²⁷Même si on n'en connaît pas toujours la métrique

D'un point de vue épistémique, il y a là une forme de hiatus. Alors que le modèle numérique doit être utilisé pour répondre à des questions sur le réel, l'atteinte de ce modèle numérique se fait encore par la médiation symbolique du modèle portant sur le réel. Par ailleurs, cette évocation du modèle réel relève aussi d'une stratégie de communication, en soutenant la validité du modèle numérique par la traduction qu'il prétend faire du modèle réel. Cette prétention est cependant une fiction qui souligne le besoin d'ancrage de ces recherches non seulement dans le réel pathologique mais aussi dans le réel épistémique, et qui souligne aussi le besoin de vouloir paraître, sinon en adéquation avec le modèle réel, tout du moins intelligible et acceptable, ce que Jebeile (2019, p.28) définit comme étant un double réquisit pour la compréhension du modèle.

3. Performances et Limitations

Pour autant, certaines de ces études semblent faire apparaître des résultats en termes de sensibilité et de spécificité tout à fait probants, même si utilisant des stratégies techniques différentes.

Dans leur étude de 1997, D. Gutkowitz-Krusin et al annoncent un résultat de 100% en terme de sensibilité et de 92,2% de spécificité sur un échantillon global de 104 dermoscopies étiquetées (76 pour l'apprentissage-calibration, 28 pour le test).

Dans leur étude de 1999, Seidenari et al annoncent un résultat de 100% en terme de sensibilité et de 92% en terme de spécificité sur un échantillon global de 427 images étiquetées.

D'autres études postérieures à 1995 présentent des résultats similaires. Ces résultats sont à mettre en regard des résultats de praticiens humains que Gutkowitz-Krusin (1997)³²⁸ évaluent entre 73 à 89% pour ce qui est de la sensibilité à la détection des MM (mélanomes malins) avec une précision globale de diagnostic d'environ 60%.

On peut alors légitimement s'interroger sur les motifs qui ont empêché la généralisation de l'utilisation clinique de tels artefacts. On pourra dans un premier temps objecter de la validité réelle des résultats affichés dans ces études ; par exemple du manque de richesse des bases de données d'images proprement étiquetées, c'est à dire auxquelles sont adjointes les données histologiques prouvées (donc après biopsie). Il y a donc un manque de variété dans les typologies de lésions testées, qui limite *de facto* la valeur de vérité des résultats, et en particulier leur domaine

328D. Gutkowitz-Krusin et al (1997), p.15 citant Grin et al (1990), Commentaire de l'auteur : L'étude de Grin et al. porte sur une période où le modèle « ABCD(E) » n'avait pas encore été formalisé par Friedman et al.

de validité à un sous-ensemble réduit de l'ensemble des lésions possibles.

On pourra aussi objecter que la plupart des études citées ne dévoilent pas l'ensemble des données et paramètres de l'expérimentation, que ce soit dans les détails algorithmiques du développement du logiciel, ou dans la provenance et la qualité des images, plus encore dans le paramétrage des attributs et les valeurs seuil utilisées, ce qui rend la reproduction et l'évaluation externe de l'expérience difficile. Ces expériences *in silico* ne répondent donc pas aux critères *a minima* des essais cliniques qui permettent de valider un objet technique à vocation médicale.

Mais plus simplement, les études mentionnées jusqu'ici sont dépendantes de l'organisation matérielle des expériences. La plupart de ces études se font sur la base d'un matériel de captation d'images numériques volumineux, complexe et onéreux, nécessitant un protocole rigoureux, et sur la base d'un matériel informatique lui aussi onéreux, capable de traiter des fichiers image nécessitant mémoire et puissance de calcul. La mise sur le marché de dermoscopes digitaux portables simplifie l'utilisation du matériel, mais leur coût mis en rapport avec ce qu'ils apportent au dermatologue dans la pratique quotidienne de sa clinique rend l'investissement, parfois ressenti comme une dépense, non nécessaire à un dermatologue de ville. De fait, le marché des dermoscopes numériques se concentre sur les hôpitaux³²⁹, ce qui peut être vu soit comme une limitation structurelle au déploiement de ces instruments d'imagerie, soit comme un potentiel de marché restant à développer ; mais qui est de fait une limitation de fait du domaine potentiel de déploiement de solutions informatisées d'aide au diagnostic.

³²⁹<https://www.verifiedmarketresearch.com/product/dermatoscope-market/>, consulté le 12/06/2021

Du modèle sémiologique au modèle numérique

Notre point de départ était le modèle sémiologique s'appuyant sur l'abstraction de la lésion réalisée par la sélection des caractères Assymétrie, Bordures, Couleur et Diamètre³³⁰.

Nous avons vu que la production d'une image numérique de la lésion constituait un déplacement du support de l'interprétation et qu'il nécessitait donc un nouveau modèle, et la constitution d'une sélection de caractères auxquels réduire l'image d'un point de vue épistémologique. Deux approches méthodologiques ont été utilisées dans les expériences analysées précédemment. Il y avait en premier lieu une approche visant à traduire de façon algorithmique les attributs et le modèle ABCD, dans un mouvement de numérisation d'un modèle sémiologique portant sur le réel, rendant explicites et quantifiables les attributs qui étaient précédemment reconnus tacitement ; ce mouvement permet de rendre compte d'un modèle numérique adapté à l'image tout en restant explicatif du phénomène réel. Il y avait en second lieu des approches visant à étudier ce que l'image numérique donne explicitement à voir : des distributions de pixels dont les attributs individuels sont des quantificateurs de position et de couleur. Dans ce second cas, l'explication « numérique » porte sur le modèle numérique, qui est interrogé en lieu et place du réel. Le mouvement matériel du support réel vers le support numérique s'est alors doublé d'un mouvement épistémique d'un modèle réel vers un modèle numérique. Ce modèle numérique doit être inventé, *de novo*, sans être le résultat d'une « numérisation », d'une conversion, du modèle réel. Hall et al nous ont montré de quelle façon le lien pouvait être simulé, en décomposant les attributs du modèle réel des sous-attributs numériques, mais il s'agit bien là d'un artifice, cette décomposition relevant de la définition arbitraire d'une signification numérique par exemple du concept d'assymétrie. Au final, cette difficulté face à laquelle se trouve le chercheur dans la mise

³³⁰Et donc de la négligence des autres éléments constitutifs de la lésion

en relation des attributs numériques de l'image avec ceux de la lésion réelle, rendent les modèles numérique et réel sans doute incommensurables.

Une sémiologie quantitative

Lorsque Andreassi (1999) sous-titre son article d'un « *a new quantitative semiology* », on peut s'interroger sur la signification qu'ils envisagent de communiquer. Si une « sémiologie quantitative » avait bien été mise en évidence, les attributs du modèle numérique devraient sans doute être qualifiés de signes et l'inférence calculatoire qui les utilise d'interprétation. Et si signes il devait y avoir, à quelle langage appartiendraient-ils, qu'est ce que serait alors le signifié ? Dans quelle mesure une inférence calculatoire délivrant un résultat explicite peut-elle être qualifiée d'interprétation ? Il nous semble que ce sous-titre, sans doute provocateur constitue un abus de langage ; abus de langage qui n'est cependant pas anodin dans l'intention qu'il démontre de raccrocher l'image et les computations dont elle est le support non seulement au réel pathologique, mais aussi à la relation du clinicien au réel, comme si, finalement, la numérisation du réel et la définition d'un nouveau modèle, ne relevaient que d'un isomorphisme du réel vers le numérique, et qu'un isomorphisme réciproque devait permettre de renvoyer au réel.

Partie II, Chapitre V :

Régimes d'objectivité

L'une des prétentions affichées, lors de la mise en œuvre de solutions informatiques appliquées au diagnostic dermatologique, a résidé dans l'attente de résultats objectifs. Dès les premiers assistants au diagnostic, jusqu'à la numérisation et le traitement des images, cette promesse a été maintenue. De fait, la mécanisation d'un processus par l'utilisation d'un dispositif artefactuel permet d'évacuer le sujet percevant et pensant le réel. Ce besoin affiché reste à relativiser, le régime de jugement exercé régissant l'activité de diagnostic du dermatologue face au réel ne pouvant être simplement ramené à de la subjectivité.

Mise à distance

De fait, la médiation par l'image opère une distanciation entre le clinicien et le réel phénoménologique. Cette distanciation relève d'une double opération, à la fois de construction d'une image de la lésion dans un espace numérique, et d'abstraction de cette re-présentation à travers la sélection d'attributs signifiants de la pathologie. Il y a donc à la fois transformation du support d'investigation du réel et réduction de ce support à l'abstraction de paramètres quantifiables. Cette mise à distance du sujet observant n'est cependant pas le gage de l'objectivité promise.

Objectivité du processus de recherche d'une solution de diagnostic « numérique »

Afin de vérifier dans quelle mesure la promesse d'objectivité est tenue, nous reprendrons dans ce qui suit la décomposition du processus allant de la perception du réel jusqu'au diagnostic afin d'envisager les régimes d'objectivité propres à chaque sous-processus.

À l'instar de la technique photographique décrite par Daston et Galison (2012, p.163)³³¹, la captation de l'image relève d'un « substitut [mécanique] à l'une des opérations les plus

331 Citant Charles Babbage

élémentaires de l'intellect humain ». Cette captation renvoie alors à une forme d'objectivité mécanique offrant des « images non contaminées par l'interprétation³³² ». Cette objectivité est sans doute à relativiser dans la mesure où les instruments de prise d'image, d'éclairage, les éléments contextuels, distance, centrage, etc restent dépendants de choix du médecin, même si ceux-ci peuvent sans doute être normés, standardisés ; d'un autre côté, des programmes de post-traitement peuvent aussi participer à calibrer et standardiser l'image.

Le processus de segmentation de l'image qui lui fait suite permet de reconnaître et visualiser les bordures de la lésion. Il s'agit là encore de l'automatisation d'une tâche élémentaire de l'intellect humain. Comme tout processus informatique, il renvoie sans doute à une forme de subjectivité liée aux choix, explicites ou non, par le développeur humain, de modalités de programmation, de langage, de paramètres, d'une façon de coder. Pour autant, quels que soient les choix techniques réalisés, un programme de segmentation est objectivement vérifié et validé de façon pragmatique, en particulier en fonction de sa capacité performative à rendre compte des bordures de la lésion. À ce titre, il relève lui aussi d'un régime d'objectivité mécanique. En ce qui concerne ce processus de reconnaissance de forme, on est passé d'une reconnaissance tacite, mais objective au sens de Poincaré, puisque relevant d'une relation au réel partagée par « tous les êtres pensants », à un régime d'objectivité mécanique, de « vision aveugle » débarrassée des préjugés d'un sujet, mais curieusement toujours validée à l'aune du point de vue de l'ensemble des sujets pensants.

Enfin les processus de mesure et de catégorisation de l'image de la lésion constituent l'étape la plus complexe dans l'articulation des régimes d'objectivité qui y prend place. Comme pour les étapes précédentes, elle semble de prime abord relever de l'objectivité issue d'une mécanique computationnelle. Néanmoins, la question se pose de la nature des processus qui ont conduit à la conception de cette mécanique computationnelle ; et pour commencer, il convient d'évoquer les conditions d'élaboration des hypothèses de *templates*. Nous avons vu deux types d'hypothèses permettant de définir les attributs numériques, les unes visant à la conversion des attributs du modèle réel, les autres étant des hypothèses portant directement sur l'image numérique sans la médiation du modèle réel. La première méthode ne fait que repousser la difficulté puisqu'elle nécessite de déterminer sur la base de quels sous-attributs numériques mesurer des concepts réels habituellement reconnus et évalués de façon tacite. Dans un cas comme dans l'autre, un agent humain doit donc, de façon arbitraire, selon la thèse empirique, élaborer des hypothèses d'attributs ou de sous-attributs, explicitement quantifiables qui permettent de calculer un diagnostic, la catégorisation de la lésion. Ce processus de génération d'hypothèses n'est pas très éloigné de celui

332 Du médecin-sujet en ce qui nous concerne

qui a pris place dans le monde dermatologique réel lorsque par exemple Friedman a « inventé » la méthode ABCD. Il y a cependant pu y avoir une modification dans la qualité professionnelle de certains agents humains concernés : de dermatologues dans le monde phénoménologique à informaticiens spécialistes du traitement de l'image dans le monde de la dermatologie numérique. Ainsi, lorsque Andreassi (1999, p.1464) mentionne la possibilité de déterminer des variables « objectives » permettant de distinguer de façon précoce les mélanomes, cela nous semble être une prétention exagérée en ce qu'il fait abstraction du mode subjectif de génération des hypothèses.

Pour autant, une fois les hypothèses générées, deux points méritent d'être soulevés, ce sont ceux de la mesure des attributs et du test de la pertinence des hypothèses. D'une part, les attributs étant par nature numérique, leur quantification se fait de façon mécanique, d'autre part, les hypothèses numériques peuvent elles aussi être testées de façon automatique et systématique, comme le montre par exemple l'étude de Schindewolf (1994) utilisant le *classifieur* CART, sans que le sujet observant ait à interférer avec le résultat. Le dispositif numérique devient donc un dispositif d'automatisation du test des hypothèses du modèle, ainsi il revêt une fonction épistémique complémentaire de facilitation de la modélisation théorique de la lésion numérique.

Il faut néanmoins bien séparer deux phénomènes : d'une part le processus de recherche empirique d'une solution technique de diagnostic numérique, et le processus de diagnostic d'une lésion particulière. Nous venons d'étudier les conditions d'objectivité d'un processus de recherche empirique, intégrant la formulation arbitraire d'hypothèses, mais ce processus de recherche n'est pas le processus de diagnostic. La réalisation d'un prototype revient à l'adoption d'un modèle numérique de simulation du diagnostic. Sous ce couvert théorique, les conditions de la réalisation ultérieure d'un diagnostic portant sur une lésion singulière -à partir de ce prototype- ne dépendent plus d'un quelconque sujet pensant. Il est de fait que ce diagnostic, vrai ou non, sera mécaniquement objectif, sans l'interférence d'un quelconque sujet. C'est bien l'objectivité des conditions de validité épistémique de ce diagnostic qui posent question.

Simulation numérique du modèle réel

Considérons, à l'instar de Kenet (1995), la difficulté qu'il y a à mesurer les attributs ABCD du modèle de Friedman, donc à définir un dispositif calculatoire basé sur la version numérique de ces attributs et qui permettent *in fine* d'obtenir une méthode de détection performante ; comme si la définition informelle, faisant appel à une interprétation tacite, intuitive, résistait à sa mesure explicite. Cette difficulté peut être assimilée à une difficulté de traduction du modèle de Friedman dans un langage numérique. Nous avons par ailleurs évoqué dans le paragraphe précédent un autre mode de génération de *templates* numériques, basés sur des attributs qui rendent compte directement de la structure de l'image, sans la médiation du modèle réel. Dans ce cas, il y a une forme de mise en concurrence du modèle ABCD réel basé sur une lésion réelle avec un modèle numérique basé, lui, sur une image digitale.

De fait, cette mise en concurrence a lieu à double titre : mise en concurrence performative des méthodes de détection du mélanome ; et mise en concurrence épistémique des modèles « réel » et « numérique » et de leurs *templates* associés, dans les connaissances sur le réel qu'ils permettent d'acquérir ou dont ils permettent de faciliter l'acquisition. Cette mise en concurrence locale est aussi une occurrence particulière d'une concurrence plus générale entre modèles analytiques et numériques, les seconds étant vantés par Alan Turing par la possibilité qu'ils offrent « de réduire le nombre d'hypothèses simplificatrices et [...] d'augmenter le nombre de considération théoriques à prendre en compte »³³³.

Cette mise en concurrence n'invalide bien entendu pas le modèle ABCD. Vouloir, sans succès, le traduire dans un support numérique, ne permet pas pour autant de le falsifier. Nous avons simplement démontré ne pas avoir réussi à traduire un modèle « tacite », informel, constitué pour être interrogé par un dermatologue humain, en un modèle explicite et formel, constitué pour être

333Jebeile (2019, p.50)

interrogé par un ordinateur. Ainsi que le rappelle Franck Varenne (2019, p.146)³³⁴, la réalisation de la fonction d'un modèle est soumise à une « double relativité », à la fois à l'observateur qui interroge et à la formulation de l'interrogation ; il nous semble que cette contingence puisse aussi porter sur la nature du support de re-présentation, ou encore sur la relation modèle-interrogateur, sur la dimension tacite ou explicite tant des interrogations que des réponses qui peuvent être communiquées.

Si cette mise en concurrence entre modèle ABCD et modèle numérique ne vaut pas falsification, ces deux modèles n'en sont pas moins contingents à des contextes particuliers auxquels ils sont adaptés ; des contextes dont les supports, les observateurs, les modalités d'interrogation, d'explicitation sont différents, et qui rendent les modèles incommensurables.

Le passage d'un contexte à l'autre et d'un modèle à l'autre génère donc une double rupture épistémologique et sociale. D'une part, l'ordinateur constitue une nouvelle entité épistémique agissant dans une relation à un modèle. L'homme, et ici, en particulier, le dermatologue, n'est plus le seul à pouvoir assumer cette position. Il est alors mis à distance non seulement du réel, mais de l'interrogation du modèle qui facilite la médiation au réel. D'autre part, la rupture se situe aussi à l'endroit de la définition même des *templates*, c'est-à-dire de ce qui détermine les modalités de la mesure. Selon les équipes de recherche, cette étape peut être dédiée aux développeurs/informaticiens dont la tâche est non pas d'envisager des attributs qui sont porteurs d'une signification *a priori*, mais des attributs qui sont mesurables et dont on peut montrer *a posteriori* qu'ils peuvent être mis en corrélation statistique avec la malignité de la lésion. Le statut même des attributs de l'objet étudié a changé, d'attributs médicaux/dermatologiques de la lésion, ils sont devenus des attributs techniques de l'image.

334 Dans un commentaire sur la définition déjà vue d'un modèle par Minsky

Imagerie cutanée et diagnostic assisté par ordinateur : invention ou innovation ?

1. Contextualisation

Ainsi que le mentionnent Hall et al (1995), l'imagerie médicale dédiée à la dermatologie est en retard sur les autres disciplines d'imagerie médicale. Il n'y a pourtant aucune difficulté technique majeure à la capture de l'image en tant que telle et la technique de microscopie à lumière épiluminescente existe depuis 1917. La raison la plus fréquemment évoquée à ce retard est justement le fait que la peau se donne déjà à voir à l'œil humain.

Lorsque Röntgen (1895) découvre les rayons X et leurs effets, il révèle à l'œil l'image d'un objet qui lui est normalement inaccessible, une construction relevant de la théorie de l'impact de ces rayons sur un objet matériel. À la suite de sa découverte, il s'est agi d'inventer les modalités épistémologiques permettant d'interpréter l'image³³⁵ nouvellement créée, donc de générer de nouveaux savoirs médicaux venant compléter, « augmenter », ceux qui existaient déjà. Le cas de l'imagerie cutanée est différent. Considérons dans un premier temps l'image numérique non-dermoscopique, c'est-à-dire la photographie numérique de lésions. Il s'agit de la projection d'un réel cutané déjà accessible au clinicien, en conséquence, en tant que telle, elle n'apporte aucune information, ni aucun savoir complémentaire sur une lésion singulière à un instant donné ; c'est d'ailleurs l'argument avancé par Perednia (1991, p.101) pour expliquer l'échec du Neviscan.

Considérons maintenant la dermoscopie. Selon la HAS, cette technique d'imagerie permet « d'observer les structures pigmentaires internes de l'épiderme, de la jonction dermo-épidermique et des premières couches du derme »³³⁶. Il y a donc création d'un accès à la construction

335Le « *Röntgenogram* »

336HAS (2006, p.44)

d'informations complémentaires pour le dermatologue. Pour autant, son intérêt dans la clinique dermatologique n'est pas clairement établi : d'une part des études, telles Argenziano (1998) et Andreassi (1999), semblent montrer un avantage significatif de tels dispositifs, en particulier dans l'évitement de faux positifs, lorsque la méta-analyse de Kittler (2002) rend compte de résultats plus mitigés, sur la base desquels HAS (2006, p.47) conclue en particulier que, dans le cas du « diagnostic différentiel entre un mélanome et un nævus atypique, la dermoscopie n'apporte pas de certitude diagnostique suffisante pour éviter une exérèse de contrôle ». La position épistémique de la dermoscopie est donc fragile, permettant d'accéder à des savoirs complémentaires, sans pour autant que ceux-ci soient considérés comme indispensables.

Par ailleurs, en ce qui concerne la dimension numérique de l'imagerie, les avantages immédiats³³⁷ qui avaient été identifiés par Perednia (1991, p. 91) ou encore Stoecker (1992, p.148) étaient de plusieurs ordres, tous reliés à la capacité à enregistrer et sauvegarder les images³³⁸ : objectivation des lésions imagées et mise en atlas, création et archivage de dossiers médicaux, possibilité de visualiser l'évolution temporelle de lésions. Ratner (1999, p.753) complète cette liste par l'utilisation possible de ces images à des fins pédagogiques.

Le diagnostic assisté par ordinateur (DAO) ne relève pas, à ce moment-là, d'une technique immédiatement disponible ; un pas a été accompli dans l'accès à une construction du réel que l'imagerie numérique offre à l'ordinateur mais le DAO revêt alors le statut de potentialité nécessitant un programme de recherche et dont la finalité affichée se résume finalement à une ambition d'objectivité. La véritable difficulté consiste alors à faire parler l'image numérique, tout en étant en concurrence immédiate avec l'humain, donc en étant soumis à l'obligation de « faire parler » la re-présentation numérique de la peau au moins aussi bien que l'humain fait parler le réel.

2. Diagnostic assisté par ordinateur : prélude à une innovation ?

Nous avons vu les qualités du DAO dermatologique en tant qu'invention épistémique. Selon Norbert Alter (2010, p.8), le processus de passage à l'innovation consiste en « la mise sur le

³³⁷Par immédiat, nous entendons : que la technologie disponibles dans les années 1990 permettait déjà de réaliser
³³⁸On notera d'ailleurs que la société Fotofinder a été fondée en 1991 sur la base d'une solution de base de données d'archivage d'images numériques.

marché et/ou l'intégration dans un milieu social » de l'invention, articulant par là même un univers de chercheurs, porté vers le progrès des connaissances et un univers soumis aux contraintes du marché. Ainsi qu'il nous le rappelle, « toute découverte ne se transforme pas toujours en innovation ». Et force est de constater qu'au début des années 2000, le DAO de détection des mélanomes, en tant qu'invention, n'avait ni trouvé son marché, ni été intégré socialement au sein de l'écosystème médical. Hormis quelques timides tentatives commerciales, tel le Neviscan, il n'a donné lieu qu'à des programmes de recherche, certes conséquents, et à l'échelle internationale, qui ont permis de proposer des constructions explicites et objectives de certains concepts dermatologiques, sans pour autant qu'un artefact commercial puisse être diffusé largement au sein du monde médical.

Innovation et Traduction

Cette invention semble être dans le prolongement d'un mouvement de fondation d'une industrie de l'imagerie médicale, dont les dispositifs permettent d'accéder à une construction du réel pathologique, et du mouvement historique de la recherche en intelligence artificielle, visant la simulation de la cognition humaine. Il correspond à un moment de convergence où le concept de DAO en dermatologie est un possible qu'il s'agit d'investiguer. Pour autant, ces recherches ne sont pas coordonnées, des noms de chercheurs reviennent, tel William V. Stoecker, de l'université du Missouri, en fonction de l'intensité des recherches dans leur laboratoire, sans qu'aucun porte-parole évident ne puisse être identifié. Les seules problématisations apparentes préalables aux recherches consistent en la formulation locales de problèmes techniques, sur le « comment faire », et non sur une problématisation au sens de Callon (1986, p.180), c'est-à-dire sur l'identification d'acteurs et l'orchestration d'un programme de recherche permettant de « rendre indispensable », pour tous les acteurs, tant le projet d'invention avec ses « points de passage obligés » et sa finalité, que les porteurs du projet. Plus encore, les acteurs industriels, ceux qui pourraient, à un titre ou à une autre, participer à des alliances avec les chercheurs et avec l'environnement social d'accueil de ces inventions, semblent absents. À moins bien sûr que cette partition ne se joue implicitement sur le temps long sans que les points de passage obligés soient explicités de façon programmatique.

Innovation et macro-systèmes

Alain Gras (1997, pp.55-64)³³⁹ distingue plusieurs phases dans l'évolution des macro-systèmes techniques, de l'initiateur technique qu'est l'*invention*, à l'*innovation* lorsque l'invention trouve son marché, l'*expansion* lors de l'accélération du développement du système, le *momentum*, moment de

339Citant Thomas Hughes (1983)

l'établissement du système technique au sein de son environnement social et donc de transformation de sa « puissance acquise » en potentiel de développement. Selon cette grille de lecture, nous sommes toujours coincés à l'étape du passage de l'invention à l'innovation. Mais celle-ci nous offre un changement de perspective : plutôt que nous concentrer sur l'absence de problématisation et d'entrepreneur « schumpeterien », elle nous permet d'envisager l'absence des conditions systémiques nécessaires à l'avènement d'une telle innovation épistémique et technologique. Ainsi si l'on considère le système de santé en tant que macro-système technique (MST), il est entendu que les spécificités de ce MST s'accommodent mal d'un processus « schumpeterien » dans lequel l'innovation implique le passage de « combinaisons routinières à des combinaisons à risque [du] fait de quelques individus marginaux du point de vue du « circuit » économique dominant »³⁴⁰, alors qu'un de ses objectifs systémiques est au contraire la minimisation du risque. L'intérêt sécuritaire du système de santé n'est donc pas préservé, à tout le moins dans la phase intermédiaire d'implémentation. Il ne s'agit pas ici d'une technologie d'augmentation épistémique de l'acte médical du médecin, tel l'IRM, qui apporte de nouveaux savoirs, mais d'une technologie qui vient en concurrence, voire en remplacement, avec ce qui existe. Le bénéfice qui doit en être attendu est donc plutôt d'ordre organisationnel, alors même qu'il engage, au moins dans sa phase intermédiaire d'implémentation, une incertitude épistémique. Nous avons déjà noté cette incertitude épistémique comme limitation, liée en particulier à l'insuffisance des bases de données d'images. De fait, il y a là une forme de concurrence entre formes d'incertitude, incertitude heuristique implicite du médecin humain et incertitude épistémique dont l'association à une ambition explicite d'objectivité la rend sans doute plus difficilement acceptable.

Innovation comme agent systémique

En même temps, et comme nous l'avons vu dans la partie précédente, les acteurs qui appartiennent à ce MST sont eux-mêmes constitués en sous-systèmes qui interagissent entre eux selon des relations de force et d'intérêt ; par exemples, les médecins dermatologues, ou encore les industriels sont constitués en associations professionnelles qui défendent aux sein du MST leurs intérêts propres. Certes, dans le système génétique de Hughes, l'invention, et aussi l'innovation, sont des étapes antérieures à la structuration autonome en système technique, mais dans le cas de l'insertion d'une innovation dans un macro-système parfaitement structuré, l'étape d'*expansion* qui leur succède nécessite une négociation entre les acteurs existant. Au stade des programmes de recherche des années 1990, aucun acteur systémique ne porte officiellement la parole des DAO

340Alter (2010, p.14)

pour négocier avec les systèmes de santé : les DAO ne sont bien entendu pas constitués en système, néanmoins, les fabricants de dispositifs d'imagerie dermatologique le sont depuis 1990, et la fondation de l'ISSI³⁴¹ en Europe puis en 1992 et la fondation de l'ISDIS³⁴² aux États-Unis. Sans doute conscients du stade embryonnaire de la technologie informatique du traitement de l'image, de la concurrence directe avec un acteur humain performant, ils ne sont pas, à ce moment, porteurs d'un projet de DAO porté uniquement par des laboratoires publics de recherche.

Innovation et intérêts systémiques

Au début des années 2000, le DAO n'a donc pas réussi à s'imposer en tant qu'innovation sur le marché de la dermatologie ; nous sommes aussi dans une situation où l'imagerie médicale à destination de la dermatologie, en particulier la dermoscopie, est commercialement et socialement établie, sans qu'elle soit pour autant considérée comme indispensable, et surtout elle est institutionnalisée. Comme tout système technique, celui-ci³⁴³ a pour objet de mettre en place les conditions de sa propre préservation et de son développement.

Considérons la dermoscopie. Elle fait appel à des technologies, tant optique que d'épiluminescence qui, intrinsèquement, laissent entrevoir peu de progrès notables. HAS (2006, p.44) note d'ailleurs : « Le dermoscope est un équipement optique simple, qui ne fait pas directement l'objet d'évolutions technologiques ». Comment donc envisager le développement d'un système technique sans s'appuyer sur de nouvelles inventions, des innovations potentielles ? La HAS ajoute : « Ce sont les systèmes de capture et de traitement d'image associés au dermoscope qui sont actuellement en évolution ». Et les DAO de détection de mélanomes sont certainement l'un de ces systèmes de traitement d'image qui peuvent être associés au dermoscope.

Il nous semble que ce que la HAS affirme en 2006 reflète en fait un processus à l'œuvre implicitement depuis de nombreuses années. Nous avons dit précédemment que l'une des limitations de telles solutions d'aide au diagnostic était constituée par l'échantillonnage trop réduit d'images cutanées à disposition, d'où une représentation trop faible voire inexistante de certaines formes morphologiques de lésions. En parallèle, nous avons mentionné le fait que l'un des avantages de l'imagerie numérique était de pouvoir enregistrer, archiver, des dossiers médicaux, des images de lésions. Il nous semble que ce développement de bases de données d'images de lésions³⁴⁴ peut correspondre à ce que, à l'instar de Callon (1986), nous avons nommé un point de

341 *International Society for Skin Imaging*

342 *International Society for Digital Imaging of the Skin*

343 Que nous nommerons Système d'Imagerie Médicale à destination de la Dermatologie (SIMD)

344 Étiquetées avec leur diagnostic

passage obligé³⁴⁵. De la même façon, le développement d'Atlas de dermoscopies³⁴⁶ par des dermatologues a permis d'asseoir à la fois la scientificité d'une sémiologie associée à cette technologie, en même temps qu'elle assurait la position institutionnelle de son système technique. Enfin cette position institutionnelle a pu aussi être confortée par l'utilisation de ces images numériques, reproductibles, affichables, projetables, à des fins d'enseignement. De fait, l'ensemble des avantages immédiats de l'imagerie numérique que nous avons mentionnés se sont révélés constituer des leviers d'établissement d'une position institutionnelle, lorsque ceux qui n'étaient que prospectifs, tel le DAO³⁴⁷, sont destinés à devenir des relais de croissance, des éléments permettant de développer et pérenniser le système technique, une fois essoufflé son *momentum*. Le programme DAO devient alors indispensable, pas encore dans le cadre de sa finalité épistémique, mais dans le cadre de sa fonction systémique de perpétuation du système. Dans ce cas, la transformation des DAO de détection de mélanomes en innovation serait dépendante à la fois des contraintes imposées par le macro-système de santé, des points de passage obligés définis par le SIMD, et d'une négociation entre acteurs systémiques pour que cette invention soit rendue acceptable en tant qu'innovation, insérée dans un milieu social, articulant le progrès des connaissances et les contraintes d'un système d'accueil. Cette articulation de « progrès des connaissances » et des contraintes du système de santé fait apparaître comme point de passage obligé indiscutable, la capacité à lever l'incertitude épistémique³⁴⁸ qui grève encore les DAO des années 1990, fondés sur des modèles explicites, déterministes ou statistiques de l'image.

345Auquel s'est attelée la société Fotofinder dès sa création en 1991.

346Voir par exemple Marghoob et al (2012) ou en français Braun et Thomas (2013)

347Ou encore la télé-médecine

348À moins que ce ne soit la perception de l'incertitude épistémique

Troisième Partie

Réseaux de neurones et détection de mélanomes

Préambule technique sur les réseaux de neurones

1. Introduction

Depuis la fin des années 2000, les dispositifs de *machine learning* ont permis des avancées notables dans le domaine de l'analyse d'image. Dans le cas d'un réseau de neurones avec apprentissage supervisé, le plus courant en la matière, il s'agit d'un artefact technique qui doit pouvoir « apprendre » sur la base d'un ensemble de données d'apprentissage que l'on appelle *dataset*. Ces données d'apprentissage sont dans notre cas des images de lésions cutanées associées à une étiquette qui est le signifiant du diagnostic associé à l'image. Un tel réseau de neurone fonctionne sur la base de dispositifs de calcul pas à pas et non-déterministes qui définissent les paramètres qui permettent d'apprendre le mécanisme à mimer. Il s'agit donc non plus de programmer *a priori* les modalités de représentation des lésions comme cela a pu être le cas dans la logique déterministe de la décennie précédente mais d'apprendre ces « sets » de données afin de pouvoir *in fine* calculer le diagnostic d'une image nouvelle, non apprise. On est donc passé d'un modèle *a priori*, construit et explicite à un modèle *a posteriori*, simulé et implicite.

Comme figuré ci-dessous, il y a donc deux objets : d'une part le processus simulant l'apprentissage humain à partir d'une mémoire expérientielle discrétisée ; d'autre part le produit de ce processus, c'est-à-dire le « réseau de neurone entraîné », modèle computationnel de détection de mélanomes.

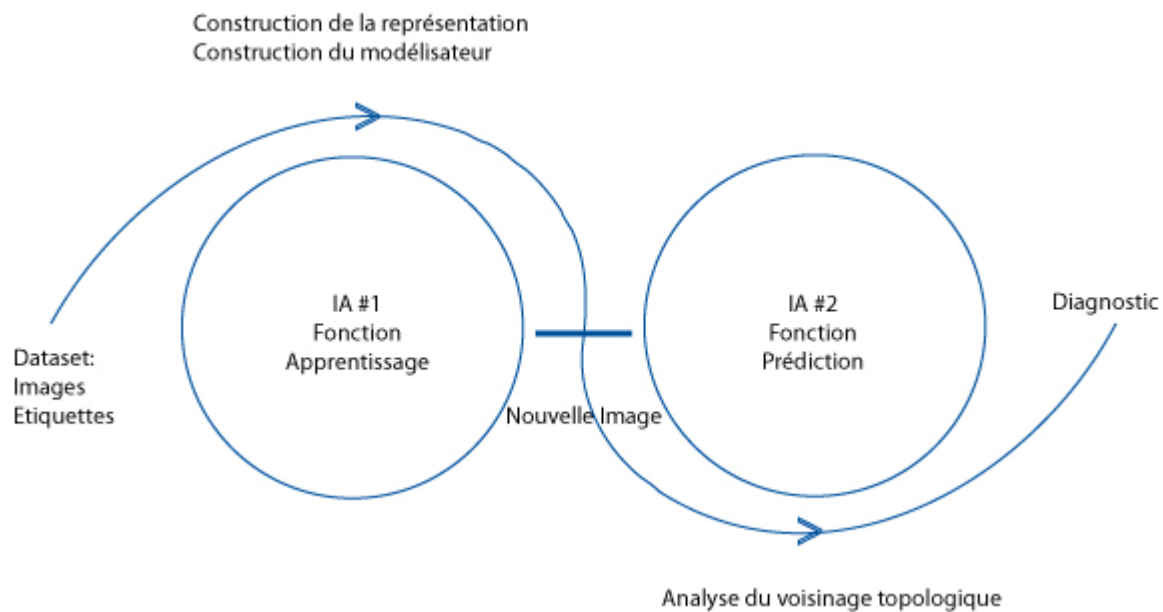


Figure 26 : Distinction des objets neuronaux et de leurs fonctions

Ainsi, d'un point de vue génétique, une solution d'IA de détection de mélanomes³⁴⁹ est un objet dual. Dans ce qui suit, nous nous efforcerons d'éviter la confusion entre l'objet IA #1 qui a pour fonction de simuler l'apprentissage et l'objet IA#2, dont la fonction est de calculer une prédiction à partir de ce qui a été appris, la capacité à prédire et la capacité à apprendre étant de natures différentes.

2. Fonctionnement général d'un réseau de neurone

Neurone Formel et Agencement en couches

Un « réseau de neurones » est un artefact computationnel basé sur l'agencement d'une architecture de neurones artificiels, de neurones formels, tels qu'imaginés par Warren McCulloch (1898-1969) et Walter Pitts (1923-1969) en 1943. Les neurones sont agencés sous forme de couches, chaque neurone d'une couche étant normalement en relation avec tous les neurones de la couche précédente.

Par analogie avec un neurone biologique, le fonctionnement de chaque neurone formel peut être figuré ainsi :

³⁴⁹Donc l'ayant apprise

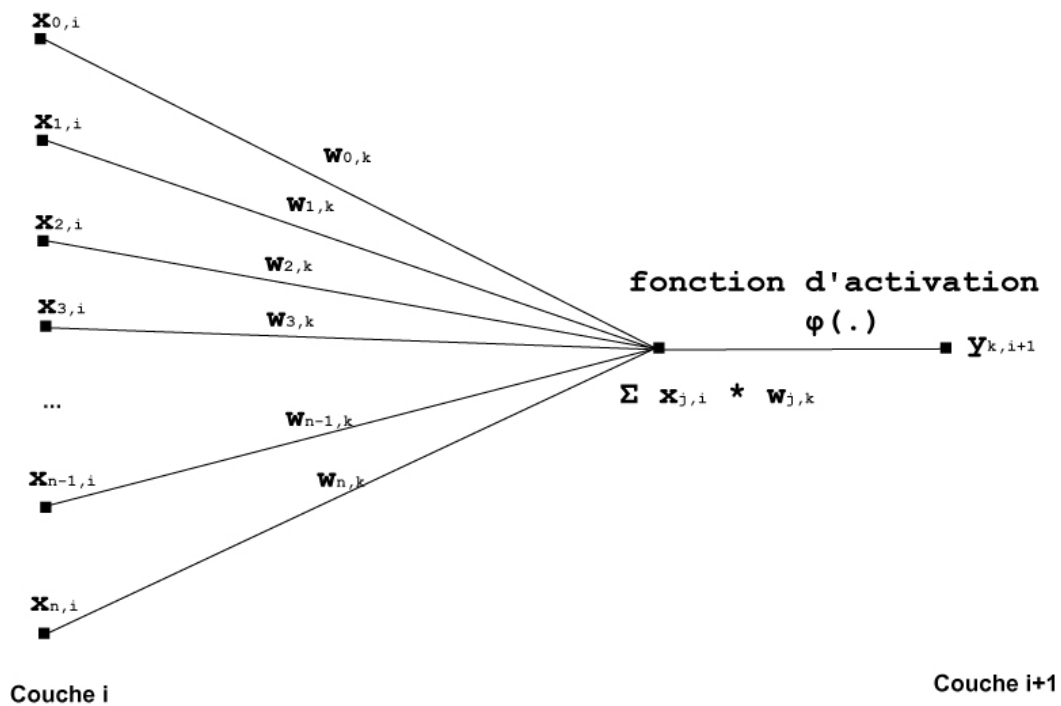


Figure 27 : Schématisation du fonctionnement d'un neurone formel

Source : Brault, Duchemann et Saxena (2021)

Le schéma ci-dessus figure le $k^{\text{ième}}$ neurone de la couche $i+1$, dont les intrants sont les n extrants $x_{j,i}$ des neurones de la couche i précédente, auxquels sont affectés respectivement les n poids synaptiques $w_{j,k}$ et dont l'extrant, après somme pondérée des intrants et application d'une fonction d'activation³⁵⁰ φ sera $x_{k,i+1}$. Cette fonction φ a pour rôle de filtrer et rectifier la somme pondérée des intrants.

L'agencement complet à quatre couches, dont deux couches cachées plus une couche de catégorisation, peut alors être figuré comme ci-dessous :

³⁵⁰Selon la littérature, cette fonction est aussi qualifiée de fonction de rectification, ou encore de fonction de transfert

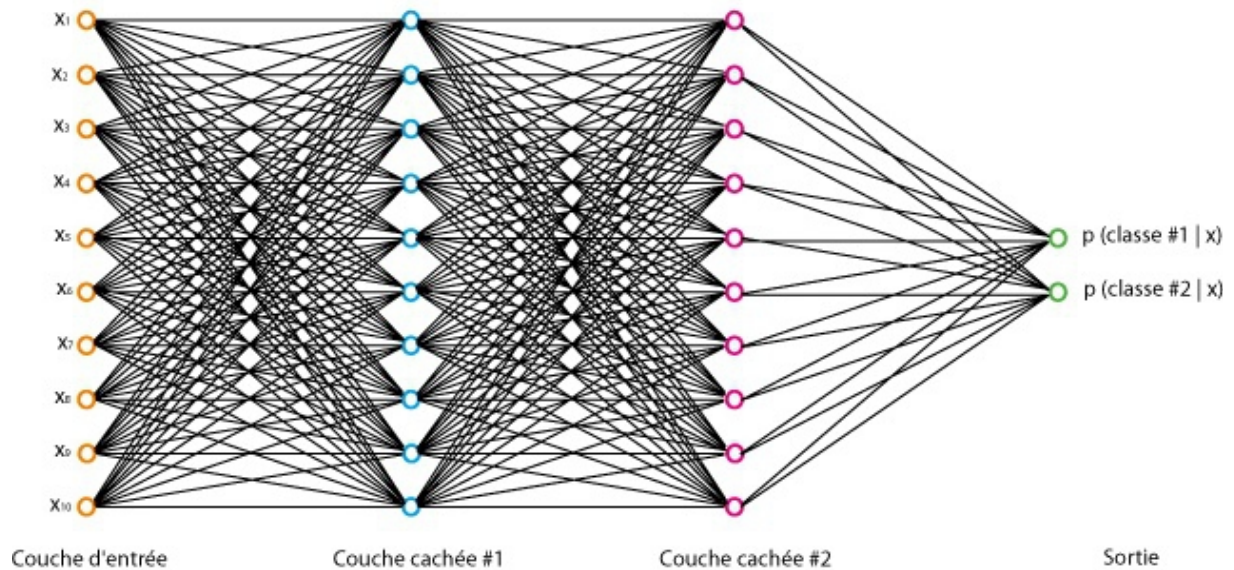


Figure 28 : Schématisation d'un réseau à quatre couches et 32 neurones

Dataset et Apprentissage

Dans un réseau de neurones fonctionnant sur le principe d'un apprentissage par supervision, des *datasets* étiquetés (X_n, Y_n) sont fournis en input sur la première couche du NN, avec X_n image ou élément à classifier et Y_n son étiquette, son label. Dans la suite, nous nous référerons à l'exemple de la détection de mélanomes en dermatologie. L'image ci-dessous d'une lésion cutanée est associée à l'étiquette « mélanome ».

Si le *dataset* complet d'apprentissage est l'ensemble $\{(X_i, Y_i)\}_{1 \leq i \leq n}$ avec :

- n le cardinal du *dataset*
- $\{X_i\}_{1 \leq i \leq n}$ l'ensemble des images étiquetées
- Y_i l'étiquette relative à X_i donc la catégorie dont l'image X_i fait partie pour chaque i

Chaque échantillon d'apprentissage peut être considéré comme une proposition, plus particulièrement comme un exemple expérimental de proposition théorique liant une image donnée avec une catégorie pathologique issue de la nosologie.

On peut écrire cette proposition sous la forme : $Y_i = g_i(X_i)$

Remarque : La première question qui se pose est celle de l'histoire des modalités de sélection des images du *dataset*, histoire qui a un fondement téléologique dans le sens où la sélection des images est établie dans une finalité particulière, par exemple pour que les images du *dataset* soient significatives de la diversité du réel, ou encore en éliminant les images de cas particuliers,... On le voit, dès ce premier moment précédant l'établissement même de l'ensemble d'échantillons, il y a déjà une forme de subjectivité dans la détermination même des caractéristiques normatives de ce qui est significatif du réel à considérer. D'un point de vue épistémologique, on dira certainement aussi qu'il y a là une possibilité de biais.

L'hypothèse fondamentale de l'apprentissage par supervision est de supposer qu'il existe au moins une fonction idéale g telle que pour tout les couples (X_i, Y_i) , $g(X_i) = Y_i$.

Lors de la phase d'apprentissage ce 'g' est donc la fonction opérant idéalement de $\{X_i\}_{1 \leq i \leq n}$ vers $\{Y_i\}_{1 \leq i \leq n}$ permettant de définir la catégorie de toute image du *dataset*. Idéalement et par généralisation inductive, g devra être la fonction permettant de définir la catégorie nosographique (ou son caractère malin) de n'importe quelle image de lésion cutanée que l'on pourrait lui présenter.

L'objectif de l'apprentissage se trouve donc dans la recherche, par le calcul, de cette fonction g , ou tout du moins d'une approximation de cette fonction. Il s'agit, pour le NN, d'apprendre par les exemples expérimentaux fournis, cette fonction qui est par hypothèse tacitement, implicitement présente dans la structure des *datasets* de la supervision.

Le processus de calcul de cette fonction se fait donc sur la base des exemples de propositions dans le *dataset* fourni.

Processus d'apprentissage

Le point de démarrage est l'attribution aléatoire de valeurs aux poids synaptiques.

Une première fonction d'état \bar{g} est donc établie sur la base des paramètres choisis, en particulier la fonction d'activation³⁵¹, et les poids tels qu'ils ont été aléatoirement déterminés.

L'établissement de cette fonction permet de calculer un output pour chaque input que l'on peut comparer, pour chaque élément X_i du *dataset*, avec sa sortie idéale Y_i . Sur cette base, il est donc

351 Mais aussi tous les hyperparamètres, le pas d'apprentissage,...

possible de calculer, pour chaque paire, une erreur ε_i .

L'objectif computationnel est de parvenir à modifier la matrice des poids w_{km} -qui définissent la fonction d'état \bar{g} - afin d'obtenir un ensemble particulier de poids w_{km} qui satisfasse à une erreur maximale donnée ε (ou fonction de coût), selon une probabilité minimale donnée p .

Ce processus se déroule souvent selon la rétropropagation du gradient d'erreur. Le gradient d'erreur étant calculé à partir de l'output, les poids de la dernière couche étant adaptés pour réduire l'erreur à la sortie du réseau, puis les poids de l'avant dernière couche et ainsi de suite jusqu'aux poids de la première couche jusqu'à obtenir une matrice des poids totalement re-calculée.

Une nouvelle fonction coût peut alors être calculée. Ce processus peut avoir lieu jusqu'à obtenir une erreur minimale, ou jusqu'à ce que l'erreur soit statistiquement minimale pour l'ensemble du *dataset*.

Un réseau de neurone est donc à ce stade un processus d'apprentissage d'une fonction tacite mais dont le résultat en est une approximation. Sur la base de l'hypothèse de l'existence de cette fonction, un NN est donc un modélisateur de fonction.

3. Représentation des données

Dans la partie précédente, une image du dataset est représentée par son symbole X_i . Pour autant, ce symbole ne détermine pas un entier, un réel, mais une image. En entrée, X_i est donc le vecteur³⁵² $(x_{i0}, x_{i1}, \dots, x_{im})$ ou chaque x_{ij} correspond à un pixel et m est le nombre de pixels de l'image.

On voit donc qu'une image de 1000x1000 pixels en noir et blanc sera décrite dans un espace vectoriel d'entrée de dimension 10^6 , ce qui est bien entendu gigantesque d'un point de vue calculatoire. Le problème majeur des NN et de la réalisabilité des computations qu'ils engagent est donc la dimensionnalité.

Ce problème de dimensionnalité se rencontre typiquement de la même façon dans la plupart des objets complexes manipulés dans un *dataset* : une (petite) image en 2 dimensions « pèse »

352Ou un tenseur selon la modalité de programmation choisie

environ 10^6 pixels ou 3.10^6 pixels en couleurs, un fichier audio environ 10^6 bits par mn, comme le vecteur descriptif d'un texte, une mole de matière, elle correspond à 10^{24} molécules.

Pour reprendre le cas de notre image, la représentation immédiate de celle-ci sera faite dans un espace d'entrée de dimension 10^6 . Nous nous trouvons donc face à ce que Stéphane Mallat appelle la « malédiction de la dimensionnalité ».

Nous ne développerons pas ici l'ensemble des procédures d'optimisation dont l'objet premier est de réduire la dimension de l'espace de travail, d'un espace final de représentation des données qui autorise la computation de la fonction approximée \bar{g} .

Néanmoins, nous garderons à l'esprit que la représentation « parcimonieuse » des données, donc la réduction drastique de la dimensionnalité se fait sur la base, une fois de plus, de l'hypothèse d'existence d'une structure de régularités, de symétries, dans la description même des données et que ce sont ces régularités qui nous permettent de compresser l'espace de représentation de ces données jusqu'à une dimension raisonnable (du point de vue des computations) sans perdre d'information pertinente.

Ceci étant établi, l'espace computationnel de travail peut souvent rester de dimension importante. Celle-ci peut avoir été fortement réduite, en passant de 10^6 à quelques centaines ou quelques milliers, ce qui représente un changement d'échelle particulièrement significatif tout en restant une dimensionnalité importante. On retiendra donc que la « parcimonie » à minima recherchée et obtenue pour la réalisabilité du calcul ne rend pas pour autant cet espace « compréhensible », il n'est porteur ni d'explication, ni de compréhension visuelle, inaccessible au regard de l'homme.

Certaines études font le choix de proposer une présentation visuelle à partir d'une projection de cette espace de représentation dans un espace à 2 dimensions, permettant de rendre compte d'une construction accessible de cette représentation³⁵³. Ces constructions n'ont pas pour vocation de rendre compte de l'espace de représentation. Leur seule finalité est celle d'une communication visuelle montrant des catégories sous la forme de « clusters » bien définis, et bien séparés les uns des autres. Néanmoins, de nombreuses dimensions de cet espace y sont « écrasées », il n'est associé à ces présentations aucune métrique, et, qui plus est, une impression de proximité entre points, appartenant à la même catégorie ou non, peut en fait être trompeuse.

353 Voir en particulier Esteva et al (2017, p.117), utilisant l'algorithme t-SNE

4. Diagnostic d'une nouvelle lésion cutanée : Fonction de Catégorisation

Une fois établie par l'apprentissage la représentation des éléments du *datasets* dans un espace de dimension computable, une fois déterminés les poids neuronaux, une nouvelle image de lésion peut être représentée dans cet espace en utilisant la même distribution de poids neuronaux et ainsi se retrouver modélisée de façon similaire aux autres échantillons, sans pour autant avoir encore de catégorie pré-affectée. L'affectation d'une catégorie peut alors se faire par une comparaison du nouveau modèle avec son voisinage selon une procédure d'analyse des plus proches voisins. Un algorithme courant pour la détermination de l'étiquette associée à une nouvelle data est la procédure k-NN (*k-Nearest Neighbors*). De façon mécanique, il s'agit de considérer les k (paramètre à définir) plus proches voisins de la représentation topologique de cette nouvelle image, et de faire une moyenne pondérée (par exemple en fonction inverse de la distance)³⁵⁴ des étiquettes de ces k représentations³⁵⁵, ce qui donne une étiquette/classe pour ce nouvel élément attachée à une probabilité qui est fonction de la variabilité des étiquettes de ces voisins.

Il s'agit donc bien là d'une procédure mécanique choisie arbitrairement même si sa sélection ainsi que la détermination de ses paramètres sont ici encore liés à la pratique d'un « jugement exercé », d'une expertise du *datascientist*, issus d'une expérience préalable forgée par essai et erreur.

354La façon de pondérer est elle aussi à définir par le datascientist.

355Vectorielles ou tensorielles

Objet d'étude et expériences

1. Introduction aux réseaux de neurones de reconnaissance d'images

Jusqu'aux années 2000, l'idée prévalant au sein des équipes de recherche en informatique en général mais aussi en intelligence artificielle était celle que l'algorithme de reconnaissance d'image et son design sont premiers dans son efficacité finale et que les données ne sont que secondaires³⁵⁶. En 2006, Fei-Fei Li, chercheuse à l'université d'Illinois Urbana-Champaign, propose la première l'idée qu'une quantité massive de données reflétant précisément le monde réel permet elle aussi de concevoir des solutions de reconnaissance d'image pertinentes. Cette idée marque le début d'ImageNet, base de données d'images étiquetées³⁵⁷ et dont l'organisation sémantique des étiquettes est structurée autour de WordNet. Au-delà d'un outil pour la reconnaissance d'images, ImageNet se présente donc comme ayant pour ambition une vision structurée et imagée du monde réel. En 2017, ImageNet comprenait plus de 14 millions d'images annotées et structurées au sein de 27 catégories et 21,841 sous-catégories.

En 2010 est organisée la première session du challenge ImageNet « *Large Scale Visual Image Recognition* »³⁵⁸ (ILSVRC). Ce challenge, qui est depuis lors organisé annuellement, se veut être le standard des analyses comparatives de solutions logicielles de catégorisation d'images. Il est fondé sur la mise à disposition au public de millions d'images à classifier en centaines de catégories différentes et, au moins en apparence, envisage l'intelligence artificielle appliquée à la reconnaissance d'images dans une vision mertonienne et collaborative de la science et de la

356 Comme nous l'avons vu précédemment, cette affirmation est à relativiser, l'une de faiblesses des logiciels dermatologiques développés pour la reconnaissance de mélanomes était justement de ne rendre compte que d'un échantillon limité de types de lésions.

357 Images récupérées sur internet et annotées en utilisant les services humains de « *Amazon Mechanical Turk* »

358 "Challenge ImageNet de Reconnaissance Visuelle à Grande Échelle"

technologie. En 2015, l'ILSVRC a attiré plus de cinquante institutions³⁵⁹ dans la quête d'une solution toujours plus efficace de reconnaissance d'image ou plutôt de l'assignation de catégories à des objets inclus dans des images non spécialisées, et leur localisation à l'intérieur de ces images.

Faisant suite au Challenge PASCAL VOC qui avait eu lieu depuis 2005, cette compétition revêt plusieurs intérêts :

D'un point de vue plus technique :

- elle met à disposition des équipes de recherche une base de données pertinente et importante d'images annotées pour apprentissage supervisé
- à partir de son serveur d'évaluation, elle permet aux équipes de recherche de s'auto-évaluer au regard d'autres recherches en cours dans le monde.
- elle permet la comparaison de méthodes de programmation et de leur efficacité

D'un point de vue plus sociologique :

- elle constitue un rendez vous permettant de mettre en contact de façon apparemment collaborative les équipes de recherche universitaires et celles issues des entreprises privées du secteur.
- à travers les conférences internationale³⁶⁰ et européenne³⁶¹ qui lui font suite, les résultats participent à une communication globale sur la compétition et sur sa dimension performative.
- elle met par ailleurs en œuvre une forme de rituel permettant de suivre de façon régulière les avancées importantes, instaurant par là-même une temporalité dans la progression des recherches, dans la quête d'une égalité avec la capacité humaine dans la reconnaissance d'images.

Cette phase participe par ailleurs à une mise en système technique cohérent à deux niveaux. Il y a d'une part la mise en réseau des acteurs d'une activité technique qui est encore une activité de recherche, réalisée par des laboratoires tant publics que privés, mais aussi par des chercheurs indépendants ; il ne s'agit pas encore d'un maillage réticulaire organisé, hormis pour ce qui est des pôles d'attraction que constituent Imagenet et l'ILSVRC d'un point de vue institutionnel, et les

359 Voir Russakovsky et al (2015)

360 ICCV : Int'l Conference of Computer Vision

361 ECCV : European Conference of Computer Vision

majors de l'industrie de l'IA³⁶² d'un point de vue financier. Il y a d'autre part une mise en système technique des logiciels d'intelligence artificielle dédiés à la reconnaissance d'images. De façon analogue à Edison qui, en inventant la lampe à incandescence, avait inventé un système d'éclairage complet, constitué de composants -ou sous-systèmes- interagissant les uns par rapport aux autres et adaptés les uns aux autres³⁶³, le challenge initié à partir de la base de données d'Imagenet a permis l'invention d'un système de logiciels d'IA autour d'une architecture spécifique. Son archétype en est sans nul doute apparu en 2012 ; AlexNet gagnait la première occurrence de la compétition avec une architecture de réseau de neurones à convolution.

Utilisant toujours l'unité fonctionnelle du neurone formel, l'architecture d'AlexNet comprend 5 couches de convolution (décomposition de l'image en entrée), 3 couches de « max-pooling » (discrétisation et réduction de la taille des éléments d'images), 2 couches de normalisation, 3 couches neuronales totalement connectées (« fc » ou *fully connected* : représentation dans l'espace cible), dont la dernière est une couche de catégorisation. AlexNet est par ailleurs le précurseur de l'explosion du nombre de couches cachées dans les réseaux de neurones utilisés en reconnaissance d'image³⁶⁴.

Au-delà des particularités techniques de chacune des couches intervenant successivement dans le traitement des données, l'organisation des sous-ensembles fonctionnels est telle que chaque sous-ensemble est adapté aux sous-ensembles avec lesquels il interagit, à la fois en entrée et en sortie, formant dès lors un ensemble cohérent d'ingénierie de « machine learning ». Dans les années qui suivent, la structure d'AlexNet sera érigée en modèle et reproduite, en améliorant ses briques constitutives, en augmentant le nombre de couches, en modifiant le nombre de neurones formels par couche, ou le nombre de paramètres manipulés par neurone, mais en conservant son principe général de fonctionnement³⁶⁵.

362En particulier les GAFAM : Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft

363À ce sujet, voir Hughes Thomas (1983, p.21)

364Par exemple, la profondeur atteint 152 couches en 2015 avec ResNet

365Pour ce qui est de la reconnaissance d'image.

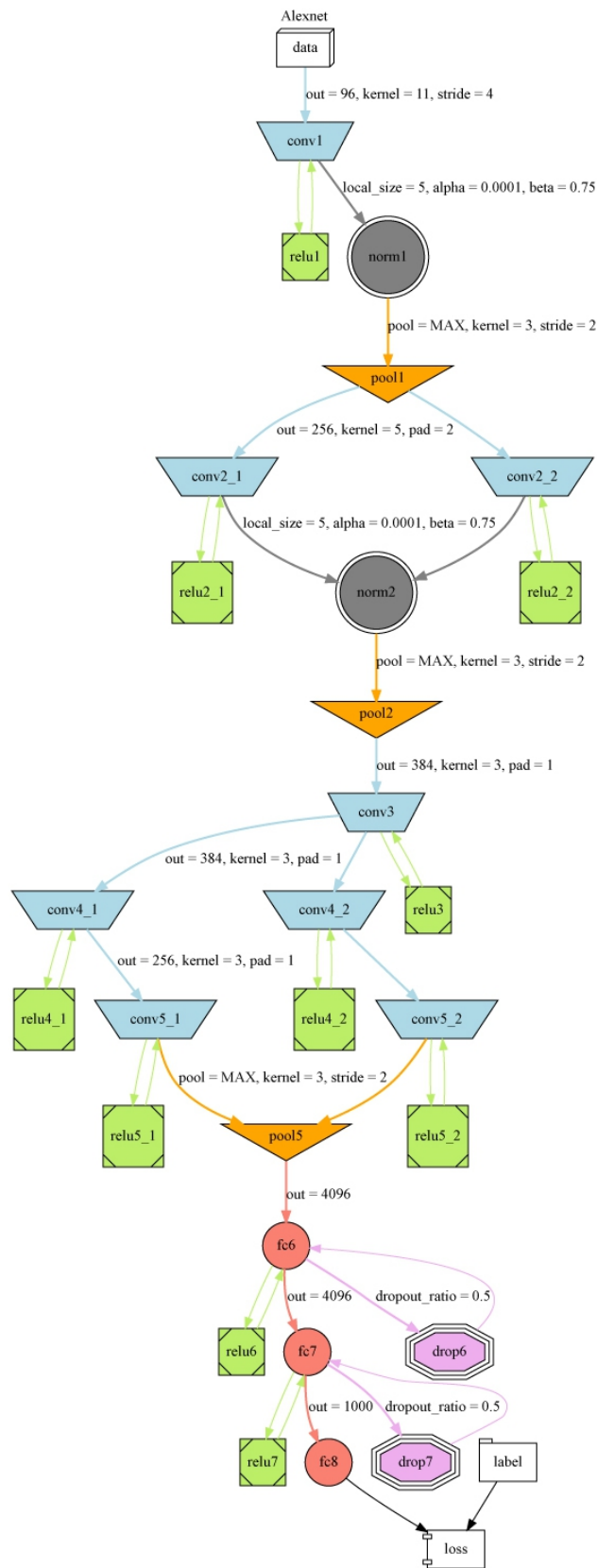


Figure 29 : Architecture de AlexNet

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Alexnet.svg>

Téléchargé le 10/09/2021

Néanmoins, la position de l'ILSVRC ou encore d'Imagenet, en tant que nœuds autour desquels s'organise un réseau d'interaction ne pouvait être pérenne. Ces organisations qui avaient émergé de façon spontanée, fonctionnaient sur un mode collaboratif, et plus encore « communaliste », de recherche, donnant lieu à la publication des architectures et du code même des solutions de machine learning qui participaient au défi, mais surtout elles avaient été créées avec une intention, une finalité, véritable projet technique dont le *telos* était de développer une solution informatique au problème de la catégorisation d'images. De fait, l'ILSVRC cesse son activité à partir de 2017 lorsque le taux d'erreur du gagnant de l'épreuve tombe à 2,3% et que le problème est considéré comme ayant été résolu. ImageNet, ainsi que l'accessibilité de la base et de son serveur d'évaluation, sont à ce moment, transférés sur la plateforme Kaggle dédiée à la communauté des développeurs³⁶⁶.

ImageNet, sa libre accessibilité, la compétition à laquelle elle a donné naissance, et l'institution d'organes de communication des résultats, ont donc été les catalyseurs de la résolution computationnelle du problème de catégorisation d'images, en tant que performance technologique, présidant à l'émergence de nouveaux savoir-faire. La fin d'Imagenet en tant qu'émanation de laboratoires universitaires correspond d'une part à l'atteinte du développement d'une solution mais aussi à la mise sur le devant de la scène d'acteurs industriels dont la légitimité a déjà été éprouvée par 7 années de challenge.

2. International Symposium on Biomedical Imaging Challenge

S'inspirant de l'ILSVRC et de ses succès, ce Symposium spécialisé est organisé annuellement depuis 2016 par l'ISIC (*Int'l Skin Imaging Collaboration*), elle-même sous le patronage de l'ISDIS (*International Society for Digital Imaging of the Skin*), et par la SIIM (*Society for Imaging Informatics in Medicine*). Il exploite les mêmes ressorts qu'Imagenet. L'ISIC génère et maintient une base de données sur la base des images étiquetées de lésions cutanées fournies par ses partenaires³⁶⁷ universitaires, ce qui permet d'éprouver la recherche tant publique que privée dans la

366Rappelons que la société Kaggle, jusqu'alors indépendante a été cédée en 2017 à Google:

<https://techcrunch.com/2017/03/07/google-is-acquiring-data-science-community-kaggle/>: consulté le 10/09/2020

367Le dataset a été généré et maintenu par l'ISIC et les images proviennent des sources suivantes : Hospital Clínic de Barcelona, Université de médecine de Vienne, Memorial Sloan Kettering Cancer Center, Melanoma Institute Australia, University of Queensland, et Université de médecine d'Athènes.

Pour plus d'informations, se référer à: <https://challenge2020.isic-archive.com/> consulté le 10/09/2020

quête d'une solution, cette fois-ci spécialisée en dermatologie, pour la détection automatisée de mélanomes, voire d'autres cancers cutanés, et leur classification.

En 2016, l'ISIC mettait à la disposition des compétiteurs 1279 images, chacune accompagnée de l'étiquette de son diagnostic. Ce nombre initial était certes relativement faible³⁶⁸ au regard de la diversité de formes que peuvent prendre les mélanomes, mais le nombre d'images mises à disposition n'a cessé d'augmenter pour atteindre 33126 en 2020.

Ce challenge se présente donc comme un lieu de présentation d'inventions en simulation du raisonnement clinique d'interprétation des lésions cutanées. Ce lieu est à l'intersection entre les disciplines de la dermatologie, de la dermoscopie et de la science des données, et c'est aussi un lieu qui permet de créer et de fédérer une communauté transdisciplinaire.

L'objectif initial tel que formulé sur le site institutionnel lors du challenge de 2016 était de « développer des outils d'analyse qui permettent le diagnostic automatisé du mélanome à partir d'images de dermoscopie. De façon analogue à la méthodologie de génie logiciel des années 1990, l'analyse d'images de lésions cutanées par ML se décompose en trois parties³⁶⁹ :

- Partie 1: Segmentation de la lésion
- Partie 2: Détection et localisation de caractéristiques dermoscopiques visuelles
- Partie 3: Classification de la pathologie³⁷⁰

Selon le rapport Marchetti et al. (2017) l'objectif était d'être en mesure de comparer la performance des solutions logicielles à celle de dermatologues humains. Cet objectif se retrouve dans l'utilisation récurrente de la sémantique de « vision par ordinateur »³⁷¹, qui après le concept « d'intelligence » artificielle, renforce la dimension anthropomorphique de l'action computationnelle considérée. Ici la vision n'est pas à entendre comme la simple captation de l'image (qui serait reliée à l'imagerie médicale seule) mais aussi à son traitement, la vision par ordinateur devenant alors le pendant algorithmique d'une vision humaine « tacite », à la fois captation et compréhension des formes engagées dans l'image.

368Il l'est surtout lorsqu'on se rappelle que cela faisait partie des lacunes des solutions algorithmiques de détection de mélanomes dans les années 1990

369<https://challenge.isic-archive.com/landing/2016> consulté le 11/09/2020, traduction par l'auteur

370Méthodologie qui finalement reproduit les étapes d'ingénierie ayant déjà présidé au développement des dispositifs déterministes des années 1990

371Marchetti et al (2017, p.274) entre autres

Cette ambivalence dans les objectifs affichés se retrouve dans la sélection de la métrique d'évaluation telle que spécifiée lors du Symposium de 2016. D'une part les compétiteurs sont évalués en fonction d'indicateurs objectifs de la performance de leur proposition logicielle, à savoir : sensibilité³⁷², spécificité³⁷³, précision³⁷⁴, index Jaccard, coefficient Dice auquel on peut ajouter la courbe ROC tout en réservant leur classement final à la seule évaluation de leur index Jaccard³⁷⁵. En se cantonnant donc à cette dernière échelle de valeur, il s'agit là d'évaluer statistiquement la similarité de l'ensemble des réponses données avec l'ensemble des réponses « vraies ». Il ne s'agit pas d'un indicateur normalement utilisé lors d'un essai clinique ou en épidémiologie mais c'est celui qui est utilisé pour classer les compétiteurs lors du challenge, pour sélectionner la « meilleure » solution artificielle, la plus performante, celle dont les résultats se rapprochent le plus de la « vérité » des étiquettes connues *a priori*.

Mais au-delà de ce challenge officiel, les logiciels sont mis aussi en concurrence avec des dermatologues humains. La métrique est alors différente, se calant sur les critères classiques d'évaluation d'un essai clinique contrôlé par un expérimentateur humain : sensibilité, spécificité, ROC, précision. L'objet de cette mise en concurrence est double. Certes, le résultat d'un diagnostic humain de mélanome peut être inexact et celui-ci ne devient certain qu'après confirmation par exérèse de la lésion et analyse histopathologique. Pour autant, il s'agit bien dans ce challenge de montrer que l'étalon auquel les logiciels doivent se référer n'est pas la « vérité » du réel pathologique, en tant que telle, mais la mesure des résultats, parfois imparfaits, de raisonnement humains, ce qui renvoie finalement le ML à son statut de simulation de la cognition humaine. Il s'agit alors non seulement de se mesurer, mais aussi de défier cet étalon dans une entreprise de dépassement, à la fois dans le prolongement du projet originel de l'IA, mais aussi en tant que projet systémique de dépassement de la solution de détection de mélanomes en usage³⁷⁶.

De fait, au fil des années, les résultats communiqués tendent à montrer que la meilleure version logicielle en compétition est au moins comparable à la moyenne des dermatologues, résultats qu'il convient de nuancer dans la mesure où un nombre restreint de dermatologues font partie du panel testé et leur « pedigree », en particulier leur expérience, n'est pas mentionnée.

Il n'en reste pas moins que à l'instar d'Imagenet pour le système technique de reconnaissance d'images, ISIC a été et est sans doute encore le catalyseur du développement d'inventions -dans le

372(Nombre de vrais positifs) / (Nombre de vrais positifs + nombre de faux négatifs)

373(Nombre de vrais négatifs) / (Nombre de vrais négatifs + nombre de faux positifs)

374(Nombre de vrais positifs) / (Nombre de vrais positifs + nombre de faux positifs + nombre de faux négatifs)

375Ou coefficient de communauté: voir <https://challenge.isic-archive.com/landing/2016/37>, consulté le 11/09/2020

376C'est-à-dire la détection par le dermatologue humain

cadre spécifique de la dermatologie- de détection computationnelle de mélanomes. Le rituel de ce challenge et la mise à disposition de bases de données d'images étiquetées toujours plus importantes est à mettre en regard des nombreuses expériences et publications qui ont ainsi pu voir le jour. En particulier Codella et al. (2017), Haenssle et al. (2017), Yu et al. (2019) ou encore Brinker et al.(2019) ont pu proposer et tester leurs approches d'architectures de réseaux de neurones grâce à l'infrastructure de données mise en place.

Le contexte systémique est néanmoins différent de celui d'Imagenet et de l'ILSVRC. Dans ce cas les institutions de référence du challenge sont des organisations professionnelles, représentant une industrie d'imagerie médicale au sein d'un système technique de santé, avec des objectifs qui ne sont pas l'accroissement des savoirs communs mais le développement de leur industrie. Certes, à travers cet événement, il y a organisation d'un réseau technique d'acteurs et de solutions techniques de reconnaissance d'images spécifique à la dermatologie, mais ce réseau est d'une certaine façon affilié au système plus global d'imagerie médicale dédiée à la dermatologie.

Il est intéressant de constater que la dermoscopie, en tant que discipline d'imagerie médicale n'a jusque là pas réussi à se rendre indispensable à l'exercice de la dermatologie, à la fois pour des raisons matérielles, financières, et pour aussi pour des raisons de non-nécessité sanitaire. L'avènement de solutions de détection computationnelles de mélanomes et/ou de cancers de la peau nécessitant un intrant parfaitement formaté et digitalisé de facto remet la dermoscopie au centre de cette détection en lui adjoignant une modalité systémique rendant nécessaire son usage en automatisant son interprétation. Ainsi, le développement du sous-système de la reconnaissance d'image dermatologique sous-tend le développement de la production de telles images. Ce dernier devient donc dépendant de l'émergence de solutions automatisées d'interprétation des images qu'il participe à produire.

Dans un mouvement analogue à celui d'Imagenet, même si plus tardif, la résolution du problème posé par le Symposium, c'est à dire la résolution de la détection de mélanomes par une solution de ML, trouve probablement son aboutissement en 2020³⁷⁷, avec en particulier la certification de Moleanalyzer-Pro[®], le système de captation et d'interprétation logicielle de Fotofinder. 2020 est aussi l'année où le challenge est hébergé sur la plateforme Kaggle[®], en même temps que le *dataset* proposé est soumis à une licence³⁷⁸ non commerciale, protégeant la dimension collaborative du dataset et des expériences dont il a facilité l'organisation, et protégeant aussi

377Probablement seulement dans la mesure où cet étude est trop proche de cette date pour pouvoir en juger de façon formelle.

378The ISIC 2020 Challenge Dataset <https://doi.org/10.34970/2020-ds01> (c) by ISDIS, 2020 Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

l'attribution de paternité de la matière première nécessaire à ces expériences.

3. État de l'art des expériences universitaires

Nous venons de voir de quelle façon la recherche sur des solutions de réseaux de neurones appliqués à la détection de mélanomes ou plus généralement de cancers de la peau a connu une forte croissance depuis 2016 et le premier Symposium organisé par l'ISIC.

De fait, au-delà du rituel annuel de ce symposium, de nombreuses recherches universitaires sont organisées, sont financées avec comme objectif sanitaire la création d'un artefact permettant d'améliorer les conditions de détection des mélanomes.

Pacheco et Krohling (2019) ont résumé ces recherches dans une méta-analyse, le tableau ci-dessous a été établi à partir de la table 1³⁷⁹ de leur étude comparative.

Nous avons ajouté l'étude Ferris (2015) comme précurseur aux recherches entreprises à partir de 2016. Nous les avons réorganisées de façon chronologique et avons ajouté d'une part le rapport de limitations liées à ces recherches et enfin la mention [D] lorsque la recherche est initiée en premier lieu par un laboratoire de dermatologie ou [IA] lorsque elle est initiée en premier lieu par un laboratoire d'Intelligence Artificielle.

Référence Étude	Objectifs	Modèle	Résultats	Remarques et Limitations
Ferris et al. (2015) [D]		Arbre de décision sur la base de 54 caractéristiques morphologiques	Établissement d'un score de malignité. Sensitivité : 97.4%; Spécificité : 44.2%	Nombre insuffisant d'images de test (173). Ensemble test créé à partir d'images de lésions ayant donné lieu à exérèse uniquement. Spécificité très insuffisante
Codella et al. (2017) [IA]	Diagnostic de mélanomes et de non-mélanomes à partir d'images dermoscopiques	Un ensemble composé de DRNs, CNNs et CNNs totalement connectés	L'ensemble des modèles a été comparé à la moyenne de 8 dermatologues sur un sous-ensemble de 100 images et a fourni de meilleures précision et spécificité pour une sensibilité équivalente	Base de données insuffisante. Non-utilisation des données cliniques. En attente de l'utilisation de réseau résiduel convolutionnel. Comparaison avec seulement 8 dermatologues, et non catégorisés
Yu et al. (2017) [IA]	Diagnostic de mélanomes et de non-	Architecture à deux niveaux composée	Un des premiers modèles de réseaux résiduel profond	Pas d'évaluation du dataset, approche uniquement IA

³⁷⁹Pacheco et Krohling (2019, p.3) : Table 1: A summary of the recent deep learning models proposed to skin cancer detection

	mélanomes à partir d'images dermoscopiques	d'un réseau résiduel convolutionnel -complet (FCRN) et d'un réseau résiduel profond (DRN)	appliqué aux cancers de la peau. Les résultats expérimentaux démontrent des gains de performance significatifs par rapport aux architectures designées « à la main »	Comparaison uniquement avec autres programmes du ISBI. Artificialité des mesures de sensibilité/spécificité
Esteva et al. (2017) [IA]	Diagnostic de 757 types de pathologies cutanées en utilisant des images cliniques	Modèle RNC GoogleNet Inception v3	Leur modèle a obtenu une performance équivalente à celle de 21 dermatologues en ce qui concerne la classification des cas de cancer les plus communs et meurtriers	Artificialité des mesures de sensibilité/spécificité, déconnectées du monde réel. Exhaustivité des lésions du dataset insuffisante. Non prise en compte d'éléments contextuels.
Haenssle et al. (2018) [D]	Diagnostic de mélanomes et de nævi à partir d'images dermoscopiques	Modèle RNC Inception v4 CNN	Les auteurs ont comparé la performance de leur modèle à un groupe de 58 dermatologues en utilisation un ensemble de 100 images pour leurs tests. Le ROC AUC de leur modèle était meilleur que la moyenne des AUC des dermatologues.	Non exhaustivité du Dataset Modalités d'étiquetage d'images de lésions sans exérèse. Artificialité des mesures. Dermatologues pas testés dans des conditions réelles.
Han et al. (2018) [D]	Diagnostic de lésions cutanées bénignes et malignes parmi 12 catégories de pathologies cutanées à partir d'images dermoscopiques	Modèle RNC ResNet-152	Les résultats obtenus par leur modèle étaient comparables à la performance de 10 dermatologues. Les auteurs affirment qu'il est nécessaire de réunir des images plus diversifiées en terme d'âge et d'ethnicité des patients afin d'améliorer le modèle	Datasets issus en priorité du département de dermatologie du <i>Asan Medical Center</i> et d'autres sources. Quel format de données ? Quel étiquetage ? Utilisation de l'indice particulier <i>Youden</i> : sensitivité+ spécificité – 1) Test uniquement sur de images avec histopathologie (donc exérèse), quid des autres ?
Gessert et al. (2018) [IA]	Diagnostic de 7 différents types de pathologies cutanées en utilisant des images dermoscopiques	Un ensemble composé de ResNets, Densenets et 0Senets	Les auteurs ont présenté une nouvelle stratégie basée sur une grande quantité d'éléments d'images non calibrées pour générer la prédiction finale. Cette approche offre une meilleure performance que la plupart des modèles proposés alors pour les archives de l'ISIC pour ce qui est de la catégorisation multi-classe.	Modalités techniques d'amélioration des performances. Expérience conceptuelle et artificialisée, la clinique et le réel de la lésion cutanée sont absents.
Brinker et al. (2019) [D]	Diagnostic de mélanomes et de nævi à partir d'images dermoscopiques	Modèle RNC ResNet50	Les auteurs ont comparé leur modèle à un groupe de 157 dermatologues en utilisant 100 images-test. Leur modèle a été plus performant que 136 des dermatologues en termes de spécificité et sensibilité moyenne	Mise en question du design du questionnaire Non prise en compte des données contextuelles-cliniques

Figure 30 : Résumé des recherches de RNC en détection de mélanomes

Source : adapté de Pacheco et Krohling (2019, Table 1, p.3)

4. Deux expériences universitaires significatives

4.1. Esteva et al (2017), Stanford

Le rapport de l'expérience conduite par Esteva et al. (2017) tend à montrer que le réseau de neurone convolutif (CNN) sur lequel porte l'expérience peut obtenir des résultats comparables à ceux de l'homme dans la catégorisation des cancers de la peau et en particulier des mélanomes. Selon ses auteurs, cela lui donnerait une visée « d'extension du territoire atteint par les dermatologues au-delà de leur clinique »³⁸⁰ en le greffant sur des accessoires connectés.

Cette expérience en catégorisation de lésions cutanées « assistée par ordinateur » veut se démarquer des précédentes qui sont présentées comme ayant donné lieu à des résultats insuffisants en termes de « capacité à la généralisation » à cause d'un *dataset* insuffisant basé sur les seules images issues de dermoscopies voire images histopathologiques toutes les deux au format standardisé. Afin de palier cette insuffisance de données, la proposition faite dans cette recherche est de pouvoir appuyer l'apprentissage machine sur une autre modalité de captation d'images, à savoir les images cliniques, prises avec appareil photo ou smartphone, qui ont un format initial non standardisé : dépendant de la prise de vue, de la qualité de l'optique, du zoom, de la distance à la lésion, de la lumière,... La solution préconisée par Esteva et al autorise ainsi l'utilisation de 1,41 millions d'images en pré-apprentissage puis un entraînement avec 129 450 images cliniques intégrant 3374 images de dermoscopies. Les quantités de données issues de la base de l'ISIC sont donc largement dépassés et de fait l'expérience menée est sans doute une avancée majeure dans la poursuite de solution automatisée de classification de lésions cutanées.

L'autre originalité de cette expérience porte sur son utilisation d'une taxonomie de lésions cutanées très fine qui lui permet d'atteindre de très bons résultats lorsque la prédiction finalement attendue porte sur une taxonomie plus grossière, à 3 classes³⁸¹ ou à 9 classes³⁸².

L'expérience, ou tout du moins son compte-rendu, est particulière tant sur le fond que sur la forme.

En ce qui concerne le fond, elle s'appuie sur une taxonomie en arborescence de 2032

380Esteva et al. (2017, p.115)

381Bénin, malin ou non-néoplastique

382Lymphome cutané, tumeurs dermales bénignes, tumeurs dermales malignes, ...mélanome

pathologies individuelles de lésions cutanées qui forment les « feuilles de l'arborescence », dont la structure est « dérivée » par des dermatologues des feuilles vers la racine³⁸³ et sans que cette « dérivation » soit explicitée. Cette taxonomie est utilisée, non pas directement pour l'apprentissage machine, mais par un « algorithme de partition des pathologies » qui doit établir une partition spécifique de l'ensemble du dataset. Afin de minimiser les biais liés à la sur-représentation d'une catégorie dermatologique particulière de lésions, chaque sous-ensemble de cette partition est conçu pour avoir un cardinal inférieur au paramètre *maxClassSize* arbitrairement fixé pour le bon fonctionnement de l'algorithme. Même si elle rassemble à chaque fois des images similaires, cette étape intermédiaire de dérivation d'une nouvelle partition des pathologies est établie de façon à la fois arbitraire et artificielle.

Sur la forme, notons que les éléments méthodologiques qui sont développés en annexe de l'article établissent la façon dont le logiciel a été conçu : structuration de la taxonomie, préparation des données, sélection des échantillons, programmation de l'algorithme de partition, développement de l'algorithme d'apprentissage sur la base du réseau de neurones convolutif de Google, Inception version 3, inspiré de l'architecture GoogLeNet qui avait été victorieuse lors du challenge Imagenet de 2014.

Les précisions communiquées sur le processus de développement et sur le paramétrage de la solution expérimentale veulent montrer que ce processus est reproductible. Pour autant, si la partie génie logiciel semble effectivement détaillée, la façon dont a été élaborée la taxonomie initiale n'est pas explicite, il s'agit pourtant d'un point clef de l'expérience puisque son originalité porte en partie sur le fait qu'entraîner le réseau de neurones sur cette même taxonomie fine donne de très bons résultats. Par ailleurs, si les résultats de diagnostics rendus par la solution expérimentale semblent particulièrement bons, ils le sont aussi parce qu'ils sont mis favorablement en concurrence avec les résultats de dermatologues humains... qui ne sont pourtant que deux et dont on ne connaît pas le degré d'expertise.

Sur un plan sociologique, d'une part l'article de 2017 est co-rédigé par des chercheurs en sciences des données mais aussi en dermatologie, pathologie, ... l'auteur principal étant néanmoins un datascientist issu de l'université de Stanford. D'autre part, il est publié dans la revue *Nature*, ce qui lui donne une notoriété immédiate, ce qui donne aussi à l'expérience de « classification de cancers cutanées assistée par ordinateur » une notoriété immédiate. Sur la forme et le vocabulaire du compte-rendu, sur la méthodologie annoncée et le fond du message, cette communication est

383Esteva et al. (2017b)

adressée à un public averti en sciences des données, adepte d'IA et de réseaux de neurones. Ainsi l'annonce d'une performance au moins comparable à celle des dermatologues humains tient de l'annonce programmatique des performances artificielles, de promesse marketing quant à l'efficacité de ce type de solution.

4.2. Haenssle et al (2018)

L'expérience menée par l'équipe du docteur Haenssle de l'université de Heidelberg affiche des objectifs de détection de mélanomes à partir d'images dermoscopiques. Il s'agit donc dans un premier abord d'un programme similaire, même s'il semble moins ambitieux, à celui de l'expérience de l'équipe de Andre Esteva dont Haenssle et al mentionne l'importance.

L'originalité de cette expérience ne réside pas dans des modalités innovantes de programmation ou d'apprentissage mais dans la façon dont les tests de la solution artificielle de détection de mélanomes sont déployés et les conclusions qui peuvent en être tirées.

Haenssle et al. proposent de tester les performances de la solution artificielle d'une part en comparaison avec des solutions ayant³⁸⁴ prouvé leur efficacité lors de l'ISBIC, qui peuvent donc être considérées, à date, comme les solutions officiellement les plus performantes. Enfin et surtout, il s'agit de tester cet artefact en comparaison avec un large panel parfaitement détaillé de dermatologues.

Aucun développement logiciel spécifique ne semble avoir eu lieu. L'objectif affiché est « d'entraîner, de valider et de tester » un réseau de neurones profond, pas d'en créer le modèle. La solution expérimentale se base sur une architecture Inception version 4 de réseaux de neurones convolutifs proposée par GoogLeNet³⁸⁵. À l'instar de Esteva et al, il s'agit d'une solution de *transfer learning* dans la mesure où le logiciel a été pré-entraîné à l'identification d'images en amont par GoogLeNet. La dernière couche cachée de représentation des données de pré-entraînement a été effacée mais tout le paramétrage et les poids neuronaux sont maintenus pour faciliter l'apprentissage des 100 000 images de pathologies cutanées avec leurs étiquettes-diagnostic associées.

384Haenssle et al (2018, p.2)

385Szegedy et al. (2015)

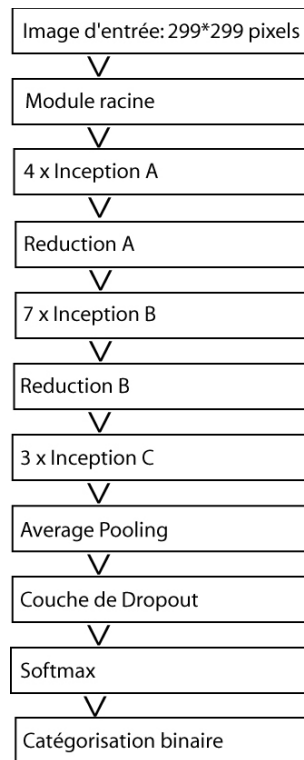


Figure 31 : Architecture standardisée du RNC utilisé par Haenssle et al (2018).

Source : Haenssle et al. (2018), Supplementary Figure S1, disponible à : [Annals of Oncology online](#)

La description du développement/fonctionnement logiciel reste donc succincte puisque standardisée, à la différence de tout ce qui touche à la clinique, à la description des *datasets*, à la façon dont sont organisées et traitées les données cliniques, à la façon dont sont organisés les tests. Est aussi détaillée la façon dont ont été catégorisés les dermatologues ayant participé au test.

Afin d'éviter des biais d'échantillonnage, ces tests ont par ailleurs eu lieu sans que les *datasets* d'apprentissage et de validation et le *dataset* de test aient une intersection commune. Alors que les images utilisées pour l'apprentissage et la validation du logiciel sont issues principalement de l'ISIC, les images utilisées pour les tests proviennent de la bibliothèque d'images de l'université de Heidelberg.

Les tests sont organisés en deux phases portant sur l'évaluation de 100 images de dermoscopie³⁸⁶ par 58 dermatologues³⁸⁷. Les dermatologues sont catégorisés en « débutants », « expérimentés » et « experts » en fonction de leur expérience dans le diagnostic des mélanomes.

³⁸⁶Sélectionnées à partir d'une pré-sélection de 300 images dont 20% d'images de mélanomes

³⁸⁷Par invitation via l'IDS (International Dermoscopy Society)

Les tests sont organisés dans un premier temps (Level I) sans, puis dans un deuxième temps (Level II) avec l'accès aux informations cliniques sur le patient pour mieux respecter la normalité d'une consultation dermatologique. Par ailleurs, les images impliquées dans ces tests sont identifiées et organisées³⁸⁸ de façon à établir des *datasets* rendant compte de la diversité des localisations anatomiques et des histotypes des lésions cutanées à évaluer.

Les résultats sont principalement structurés autour de sensibilité, spécificité, et ROC AUC³⁸⁹ qui sont des mesures statistiques de validité couramment utilisées dans un essai clinique. Les résultats nous semblent être à lire à deux niveaux. Au niveau de la détection des mélanomes par des dermatologues humains, nous pouvons y lire³⁹⁰ une corrélation statistique entre l'expérience d'un dermatologue dans sa pratique de la détection des mélanomes et sa capacité performative à les détecter, et aussi dans sa capacité à prendre la bonne décision de prise en charge. Un « expert » est donc plus efficace qu'un « débutant ». Nous pouvons aussi y lire que l'apport des informations cliniques est particulièrement important pour les non-experts et permet d'améliorer la spécificité (donc éviter les faux positifs). Au niveau de la comparaison machine vs humains, le RN a été évalué sur les 100 images de test avec une sensibilité de 95%, une spécificité de 80% et une ROC AUC de 0,95. L'ensemble de ces mesures de performance sont meilleurs que celles attribuées aux dermatologues humains dont les experts (avec informations cliniques) se sont vu attribuer respectivement les valeurs de 89,5%, 77,7% et 0,84. Les décisions de prise en charge thérapeutique affichent elles une meilleure sensibilité pour les humains (98,6% en moyenne et 99,1% pour les experts). Dans cette perspective, l'avantage de la décision autonome de l'ordinateur est dans sa réduction du nombre d'exérèses inutiles mais la décision du dermatologue permet de réduire le taux de faux négatifs donc le nombre de mélanomes non détectés.

L'étude mentionne deux possibilités de biais limitant la validité des conclusions, à savoir :

- une base de données d'images étiquetées insuffisante pour couvrir l'ensemble des possibilités
- les dermatologues sont dans des conditions idéales pour répondre, sans stress dû à la charge de travail ni soumis aux conséquences de leurs décisions.

Il y a sans doute un autre angle mort dans cette étude et un biais qui émerge. La mesure qui prend place dans cette étude fait l'hypothèse que les étiquettes sont *a priori* vraies.

388 Voir Supplement Table S1 et Supplement Table S2 disponible sur le site web de Annals of Oncology

389 Surface sous la courbe (*Area under the Curve*) ROC

390 Même si cela paraît être une évidence, la démonstration n'en est pas moins intéressante, nous le verrons plus tard.

Pourtant, l'entraînement a été fait sur des images de dermoscopies n'ayant pas nécessairement donné lieu à exérèse et ayant nécessité un diagnostic humain. En conséquence, si le processus d'assignation des étiquettes peut être humainement entaché d'erreurs, celles-ci peuvent être fausses. Ainsi, dans le cas d'une image d'une lésion sans exérèse et conflit entre étiquette établie humainement et diagnostic établi postérieurement par un dermatologue humain, quel diagnostic devrait en toute logique être considéré comme valide, comme vrai ? Par ailleurs, la solution de ML ayant pour vocation de simuler la cognition humaine à partir de sa représentation des données d'apprentissage³⁹¹, celle-ci simulera en toute logique l'erreur initiale.

L'autre angle mort se situe dans la dimension statique de l'étude qui compare un logiciel avec des dermatologues. Elle prend une photo de l'expertise des uns et des autres à un instant t (courant 2018) dans un écosystème de formation des dermatologues et d'acquisition d'expérience dynamique.

In fine, cette expérience est différente des expériences qui la précèdent dans la mesure où elle ne se limite pas à un discours techniciste sur les modalités de développement d'un réseau de neurones mais axe sa méthodologie sur des tests approfondis, à la fois par rapport à des solutions artificielles « concurrentes » et ayant déjà prouvés leur efficacité, ce qui tend à justifier son efficacité en valeur absolue, et par ailleurs par rapport à un panel de dermatologues classés en fonction de leur expérience. La conclusion³⁹² programmatique dans la discussion de l'article ne se limite pas à rendre compte de l'aspect performatif du RN dans la délivrance d'un score de malignité, mais intègre sa prédiction au sein du process plus global de prise en charge et de suivi thérapeutique. Elle opte déjà pour des modalités systémiques d'utilisation, en précisant qu'un « algorithme CNN peut être un outil pertinent pour aider les médecins dans la détection de mélanomes sans considération pour leur niveau individuel d'expérience et de formation »³⁹³.

Notons par ailleurs, cette expérience est publiée en premier lieu par des dermatologues, au premier rang desquels les Docteurs Haenssle de l'université de Heidelberg et Fink de l'université de Göttingen. Elle est publiée dans *Annals of Oncology*, revue prestigieuse qui la destine à un public de médecins ou oncologues. Haenssle estime lors d'un échange que « les médecins sans appétence pour de tels sujets liés aux technologies de l'information ont des difficultés à comprendre ce que nous faisons et comment ça marche... »³⁹⁴. Pourtant, le public destinataire est

391 Comme précédemment évoqué : étiquetées par des opérateurs humains

392 Haenssle et al. (2018, p.4)

393 Ibid, traduction par l'auteur

394 email du 21/11/2018 : « However, physicians not involved in such IT-prone research subjects have a hard time to understand what we were doing and how it works... », traduction par l'auteur

clairement différent de celui de Esteva et al (2017), il s'agit non plus d'un public « concepteur » et « producteur » de solutions computationnelles, mais utilisateur, issu d'un marché en devenir, non-mature. Le statut de l'expérience ainsi que la forme de son compte-rendu sont à cet égard révélateurs : l'expérience est inscrite en tant qu'essai clinique enregistré au Registre des essais cliniques allemands sous le numéro DRKS000113570³⁹⁵ et l'article en épouse tous les codes et modalités discursives. Cette expérience a évidemment pour vocation de participer à la maturation de l'écosystème d'accueil d'une telle innovation ainsi que de son marché.

5. De l'invention à l'innovation

5.1. Haenssle et al (2020)

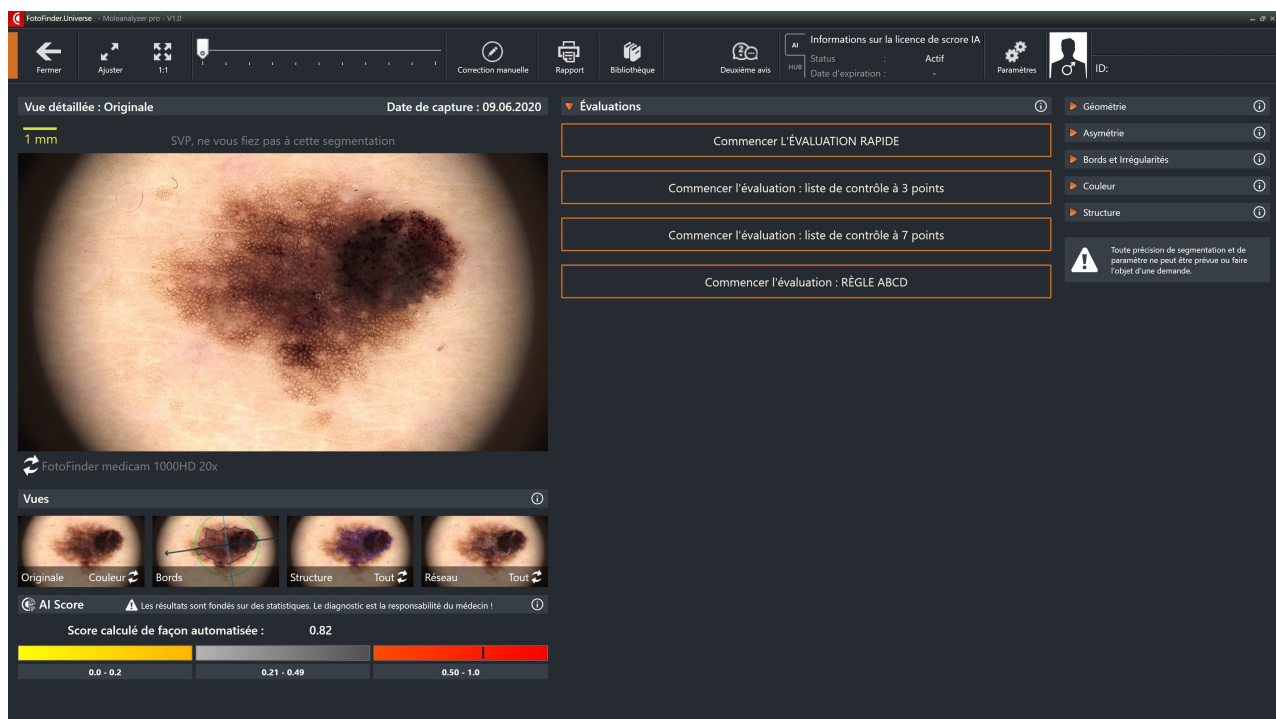


Figure 32 : Saisie d'écran Moleanalyze-Pro[®] dévoilant une lésion cutanée dont le score de « mélanométrie » est de 0,82

Source : Reproduit avec l'autorisation du Pr. Luc Thomas, CHU de Lyon

En 2020, sur les mêmes fondements méthodologiques qu'en 2018, l'équipe du Pr. Haenssle prolonge l'expérience que nous venons d'évoquer, non plus en testant un RNC qu'ils ont eux-mêmes entraîné mais en testant Moleanalyze-Pro[®], logiciel commercial fourni par la société Fotofinder et dont Haenssle et al. (2018) rendait compte du prototype.

³⁹⁵Consultable à l'adresse :

Nous notons donc ici le statut particulier de HAH³⁹⁶ puisqu'il a directement participé au développement du prototype de Molealyzer-Pro[®]. La nouvelle dimension commerciale de ce produit rend patente l'émergence d'un conflit d'intérêt impactant la réception de cette étude. Cependant, il nous semble important de l'analyser pour ce qu'elle est, à la fois dans l'organisation qu'elle met en œuvre et pour la fonction sociologique qu'elle revêt dans le processus de maturation d'un marché des systèmes d'aide à la décision dermatologique.

Haenssle et al. (2020) rappelle en introduction les limitations des études ayant déjà eu lieu, en particulier les défauts de performance, en terme de spécificité, des logiciels basés sur la segmentation de caractéristiques pré-définies de lésions, dont Melafind[®] et Verisante Aura[™] étaient des exemples critiques. Il affirme ainsi que ces défauts de performance ont été dépassés grâce à l'utilisation de réseaux de neurones convolutifs³⁹⁷. Les autres limitations rappelées concernent aussi les RNC et font référence aux nombres insuffisants³⁹⁸ d'images d'apprentissage pour certaines catégories de pathologies, ou encore la limitation des diagnostics à une dichotomie naevus/mélanome, et finalement à une non-reproductibilité de l'expérience, chaque équipe de recherche travaillant sur des logiciels non-commerciaux, faits sur-mesure pour l'expérience. Cette dernière limitation reste audible *stricto sensu*, cela étant, la plupart des expériences de RNC ayant eu lieu précédemment ayant eu grand soin de travailler à partir d'architectures disponibles en *open source* et de définir les modalités précises d'entraînement à partir de ces architectures. Enfin, une dernière limitation est liée à la construction même des expériences, dont l'artificialité permet certes de valider le concept de logiciel d'aide au diagnostic, mais sans pouvoir valider l'implémentation d'une solution spécifique dans une configuration qui rende compte de la réalité. Il y aurait donc, à l'instar des critiques ayant émaillé la mise sur le marché de Melafind[®], une défiance vis-à-vis, non pas du concept, mais des modalités de son implémentation.

Son expérience de 2020 s'articule encore autour d'une part de l'évaluation de dermatologues humains, catégorisés en fonction de leur expérience, dans leurs diagnostics de niveau I avec les seules images de dermoscopie, et dans leurs diagnostics de niveau II, en leur fournissant en sus des informations cliniques associées aux images. L'évaluation de ces dermatologues est ensuite comparée à l'évaluation du logiciel de Fotofinder. Enfin, dans un dernier temps, le logiciel est évalué à l'aune de la base de données de l'ISIC et de celle utilisée lors du challenge qu'elle

396Holger A. Haenssle

397Haenssle et al. (2020, p.138) : « *Recently, some limitations of CAD [Computer Aided Diagnostic] systems relying on the detection of hand-engineered segmentation features have been overcome by applying convolutional neural networks (...).* »

398Parfois une seule

organise.

Dans cette étude la catégorisation des dermatologues est plus clairement établie. Les débutants ont moins de 2 années d'expérience, les expérimentés de 2 à 5 ans, les experts plus de 5 ans. Sans surprise, cette étude corrobore l'évaluation des dermatologues déjà faite dont la performance est meilleure à expérience supérieure et avec des informations cliniques complètes.

Les dermatologues humains se voient attribuer une performance moyenne (sensitivité, spécificité) de diagnostic de 83,8%, 77,6% au niveau I qui passe à 90,6% et 82,4% au niveau II. La performance moyenne de décision de prise en charge thérapeutique est de 89,0% et 80,7% au niveau I et passe à 94,1% et 80,4% au niveau II. Le RNC obtient lui des performances respectivement de 95% et 76,7%.

Haenssle et al. (2020) conclue en élargissant le spectre de son expérience aux modalités pratiques de l'activité des dermatologues ainsi visées. Celles-ci ne sont pas de catégoriser de façon précise les lésions cutanées mais de prendre des décisions quant à la prise en charge d'un patient³⁹⁹ à partir non seulement du réel ou de l'image de la lésion, mais aussi d'un dossier clinique dont il a été prouvé qu'il améliorerait de façon significative cette même prise en charge. Ainsi, si Wang et al. (2019) suggère déjà un modèle de prédiction de risque basé sur le dossier clinique, Haenssle et al. (2020) envisage la convergence des deux solutions afin de proposer un système technique hybride, analysant comme l'homme, le patient et sa lésion, le dossier clinique et le symptôme de la pathologie.

Néanmoins, on peut être intéressé par la comparaison des deux études de 2018 et 2020 qui procèdent de méthodologies et portent sur des objets⁴⁰⁰ similaires. De fait, les performances des dermatologues humains sont parfois significativement différentes : d'une sensibilité/spécificité moyennes⁴⁰¹ de 98.6% et 66.7% en 2018, celle-ci passe à 94,1% et 80,4%. Quelles sont les différences notables entre les expériences de 2018 et 2020 ? En 2018, la mise en situation des dermatologues fait état de leur liberté de répondre à tête reposée, Haenssle et al. (2020) mentionne une organisation « classique » de « *store-and forward* »⁴⁰², ce qui constitue une organisation possible de décision diagnostique en télédermatologie. On peut néanmoins légitimement s'interroger sur l'origine de cette différence, et savoir si elle provient d'instructions implicites ou

399Haenssle et al (2020, p.142)

400Dermatologues humains et RNC

401Dans le cadre de la décision de prise en charge

402Finnane et al. (2016, p.E2) : « (...) *store and forward (SAF)*, involving transfer of images and clinical information to a dermatologist for review at another time and location »

explicites données aux dermatologues interrogés, ou sur une transformation implicite des normes de réalisation d'un diagnostic de mélanomes, ou encore de la sélection des images des *datasets* de test ?

Cette non-reproduction des résultats humains pose question et de fait, on pourrait s'intéresser à comparer les résultats proposés en 2018 et 2020 par les équipes de HAH en les remettant en perspective avec l'étude de Grin (1990) rendant compte d'une histoire de la performance des dermatologues⁴⁰³ entre 1955 et 1982 et faisant état de sensibilités⁴⁰⁴ progressant de 76,3% à 84,5% et de spécificités se maintenant au-dessus de 99%⁴⁰⁵ pendant cette période. Certes, la théorisation de techniques d'interprétation des lésions en étaient à leur établissement⁴⁰⁶ mais une autre explication de la moindre sensibilité observée peut être liée aux conditions d'observation *a posteriori* du réel clinique et non d'une expérience construite artificiellement. Cela étant, si la sensibilité est généralement inférieure à celle observée aujourd'hui, la spécificité est à un niveau très largement supérieur. On peut peut-être l'expliquer à partir de l'établissement des modalités de dépistage, peut-être aussi par un système de santé prônant de façon normative moins d'interventions inutiles. Cette différence interroge néanmoins la validité générale, et la reproductibilité des expériences d'évaluation de la performance humaine à différents moments historiques et au sein de systèmes de santé différents.

5.2. Winkler et al. (2020)

HAH est toujours présent dans l'équipe ayant participé à cette étude mais à un rang moins important, pour autant, le Dr Winkler, co-auteur de premier rang est elle-aussi de l'Université de Heidelberg et le co-auteur correspondant est toujours HAH.

L'étude Winkler et al. (2020) est complémentaire de l'étude précédente, elle ne s'attache pas à une évaluation comparative des performances de Moleanalyzer-Pro[®] mais à évaluer de façon plus fine la performance de ce logiciel, non plus en tenant seulement compte des catégories générales « mélanomes » et « non-mélanomes », mais en considérant des sous-catégories spécifiques de mélanomes.

403Tout du moins au sein du service d'Oncologie de l'Unité de Dermatologie et Cancérologie de l'Hôpital Universitaire de New York.

404S'agissant d'un historique de cas réels, les performances ont trait à la décision de prise en charge.

405Voir Grin (1990, p.765, Table 6)

406Ce qui expliquerait certaines différences de performance

Pour ce faire six ensembles d'images ont été créés manuellement (SSM⁴⁰⁷, LMM⁴⁰⁸, NM⁴⁰⁹, Mucosa⁴¹⁰, AM_{skin}⁴¹¹ et AM_{nail}⁴¹²), chacun contenant 30 images de mélanomes et 100 lésions bénignes, catégorisant ainsi les lésions en fonction de similarités de morphologie et/ou de localisation sur le corps.

La vérité des étiquettes des images est assurée par des analyses histopathologiques (tous les mélanomes et 60,5% des lésions bénignes), par un suivi post-diagnostic bénin d'au moins deux ans (35% des cas bénins) ou par un avis d'expert (pour les 4,5% résiduels de lésions bénignes).

Les résultats font apparaître de forts écarts de sensibilité/spécificité entre sous-catégories de mélanomes. Ainsi, si, pour un intervalle de confiance de 95%, ces valeurs sont de 100%/94% pour les SSM, 100% et 65.0% pour les LMM, elles chutent à 53.3% et 68.0% pour la catégorie des AMnail et 93.3% et 38.0% pour celle des Mucosa. Cette étude met donc à jour certaines limites à la performance du RNC utilisé, en particulier pour ce qui est des mélanomes apparaissant sur la muqueuse, sur l'ongle ou sur la voûte plantaire. Le compte rendu rappelle que ces catégories de mélanomes sont néanmoins rares et sa conclusion est opérationnelle, plaidant pour l'utilisation du RNC pour les catégories dans lesquelles il est particulièrement performant, afin de « contrebalancer la faible précision humaine inhérente à la détection des mélanomes nodulaires et acral. Par contraste, nous aimerions décourager l'utilisation du RNC dans les cas de lésions aux muqueuses ou sous les ongles »⁴¹³.

5.3. Années 2010 : de l'invention à l'innovation ?

Inventions : imagerie ou logiciel de détection ?

Au cours des années 2010, les solutions Melafind[®], et Verisante Aura[™] apparaissent. Toutes les deux sont des solutions hybrides, à la fois de captation d'images cutanées et d'interprétation des images produites.

Les innovations proposées portent à la fois sur la méthode d'acquisition d'images que sur l'interprétation qui lui fait suite. L'acquisition d'images de Melafind[®] se fait sur la base d'un instrument d'acquisition multispectrale, mettant à disposition des images à différentes profondeurs

407 *Superficial spreading melanoma* : mélanome à extension superficielle

408 *Lentigo maligna melanoma (including lentigo maligna, i.e. in situ lesions)* : mélanome sur mélanose de Dubreuilh

409 *Nodular melanoma* : mélanome nodulaire

410 *Mucosal melanoma* : Mélanome des muqueuses

411 *Acral melanoma of palmoplantar skin* : Mélanome acral de la voûte plantaire

412 *Acral melanoma of the nail unit* : Mélanome acral de l'ongle

413 Winkler et al. (2020, p.28)

et « générant un score basé sur 75 caractéristiques morphologiques incluant la dissymétrie et l'irrégularité. Sa sensibilité a été évaluée dans une fourchette de 94 à 98% avec une spécificité généralement assez basse »⁴¹⁴. L'interprétation faite par Melafind[®] n'est pas issue d'un système de machine learning dont nous venons de voir l'émergence mais d'un logiciel déterministe d'analyse d'image dont les caractéristiques à détecter sont définies a priori, sur un mode déterministe similaire aux solutions qui ont pu être développées dans les années 1990 et vues dans la partie précédente.

Verisante Aura[™] utilise les propriétés de la spectroscopie de Raman, qui exploite la modification de fréquence lors de la circulation de photons dans un milieu -en particulier l'épiderme-⁴¹⁵.

Fin 2011, Melafind[®] obtenait l'autorisation de mise sur le marché par la FDA aux États-Unis par une courte majorité de 8 pour, 7 contre et 1 abstention. Cette mise sur le marché marquait à la fois l'introduction d'une nouvelle technologie au sein du système de santé, mais aussi l'émergence formelle de doutes. Singer (2013) rapporte qu'en « ratant » deux mélanomes sur 127 dans l'étude Monheit et al. (2011) présentée à la FDA, cette dernière estime ne pas avoir de données suffisantes pour conclure à l'intérêt du dispositif. Celui-ci est encore considéré comme étant au stade de développement et pouvant potentiellement mener un non-dermatologue à manquer la prise en charge d'un mélanome comme de mener à des exèses inutiles. Au final, l'autorisation de mise sur le marché ne porte que sur le marché des cabinets de dermatologie sans possibilité de les vendre à des particuliers ou à des médecins non-dermatologues. Singer rapporte que de nombreux dermatologues et biostatisticiens américains contestent l'autorisation qui a été donnée deux années plus tôt. Il y a donc une vraie controverse qui se crée lors de l'étude par la FDA de la pertinence de certifier ce dispositif, controverse menées par certains dermatologues qui va certainement au-delà des 2 cas de mélanomes non détectés lors de l'essai clinique. La société Mela Sciences⁴¹⁶ voulait initialement élargir son marché cible à l'ensemble des praticiens, y compris les généralistes, créant une tension concurrentielle avec les dermatologues. La décision de la FDA résout de fait la tension et met en évidence le manque d'alliances nouées.

En 2014, Verisante Aura[™] est autorisé en Europe et au Canada et sans que soit donnée une suite favorable à sa demande d'autorisation auprès la FDA américaine, forme de réplique de

414McLellan et al. (2020, p.7), traduction par l'auteur

415Ibid : « méthode optique qui met en corrélation les spectres de dispersion inélastique de la lumière d'un laser dans la peau qui sont produits par les changements induits dans la vibration dans le tissu biomoléculaire (...). Le spectre de la lumière résultante est analysé statistiquement pour fournir un support au diagnostic de cancer de la peau ».

416La société propriétaire de Melafind

l'affaire Melafind.

Dans les années qui suivent, en parallèle du Symposium et des nombreuses recherches universitaires qui font appel au machine learning, les deux expériences Haenssle (2020) et Winkler (2020) interviennent

L'arrivée de Moleanalyzer-Pro[®] sur le marché s'accompagne par ailleurs d'études cliniques d'évaluation à destination des environnements médicaux d'accueil, mettant en avant les hypothèses limitantes du logiciel et permettant de désamorcer les désapprobations *a priori*. Nous considérerons en particulier dans ce qui suit les études de Haenssle et al. (2020) et Winkler et al (2020).

Les échecs commerciaux de Melafind et Verisante interviennent dans une situation technique et systémique très différente de celle des années 1990. Ils constituent des systèmes techniques complets, dont le processus de dépistage débute dès la captation d'image médicale jusqu'à la délivrance d'un diagnostic, pour autant, ils sont conçus autour d'une invention de captation d'image et la fonctionnalité de diagnostic est rendue nécessaire par la nouveauté même de cette technique. En l'état, ils doivent être identifiés comme des solutions d'imagerie médicale, leurs échecs constituant des *saillants inversés*⁴¹⁷, problèmes critiques qui empêchent le développement du système technique de l'imagerie médicale au sein duquel ces dispositifs sont développés.

Mais ces techniques ressemblent à des répliques tardives de solutions qui avaient pu voir le jour pendant les années 1990, subissant les mêmes écueils, même si sur la base de technologies d'imageries différentes.

IA et innovation

De la même façon que les inventions des années 1990 se situaient à un moment de convergence d'une IA cognitiviste, de nouvelles solutions de traitement d'image et de la démocratisation d'ordinateurs portables, les années 2010 sont elles aussi un moment de convergence : d'une IA connexionniste, de puissances de calcul individuel accrues, et à la fin de la décennie, de l'accès au cloud. Mais lorsque nous disons qu'il y a eu convergence d'une IA connexionniste, nous n'entendons pas seulement la technologie de *machine learning* et sa capacité performative, nous entendons un macro-système technique, qui intègre ses acteurs, ses porte-paroles, ses traducteurs, un environnement socio-culturel général relevant d'une forme de *Zeitgeist*⁴¹⁸ de cette époque.

417 Voir Hughes (1983, p.79)

418 L'esprit du temps

Ainsi, l'étude de Maclellan (2020) attribue la résolution des problèmes de DAO de dépistage de mélanome à l'émergence des réseaux de neurones convolutifs en tant que seule modalité technique, mais c'est un écosystème complet qui rend l'accès aux solutions de RNC non seulement possible mais acceptable, voire souhaitable. En particulier, lorsque, en 2020, Moleanalyzer-Pro[®] de la société allemande Fotofinder Systems GmbH, obtient la certification CE en tant qu'accessoire médical⁴¹⁹, cet accomplissement intervient à ce moment où l'écosystème dermatologique a déjà été le lieu de quatre années d'articles de recherche rapportant les réussites des solutions de ML appliquées à la détection de mélanomes et par voie de conséquence à un moment où le marché est plus mature. Nous venons d'en voir deux exemples, l'arrivée de Moleanalyzer-Pro[®] sur le marché s'accompagne aussi d'études cliniques d'évaluation à destination des environnements médicaux d'accueil, mettant en avant les hypothèses limitantes du logiciel et permettant de désamorcer les désapprobations *a priori*. Qui plus est, le projet est porté, à la fois par des équipes de recherche en dermatologie et des équipes de *datascientists*⁴²⁰, le plus souvent universitaires et sans conflit d'intérêt apparent.

Il est certain que, par l'intégration de l'IA, du *machine learning*, le système de l'imagerie médicale a noué une alliance, au moins implicite, avec un système technologique qui semble être indispensable à la réussite de tout programme de recherche en informatique, avec les acteurs du système technique de l'IA, les GAFAM, et avec tous les acteurs qui participent à porter la parole et traduire.

En réalité, nous sommes peut-être à un moment charnière, mais cela reste une spéculation. Il est possible que la certification de cette solution d' IA constitue un tournant, faisant passer les solutions de DAO du statut d'invention à celui d'innovation ; si tel était le cas, pour reprendre Alain Gras (1997, p.31)⁴²¹, le système technique de détection de mélanomes entrerait dans une nouvelle phase historique de *momentum*, c'est à dire le moment de son établissement en tant que système technique au sein de son environnement social et de transformation de sa « puissance acquise » en potentiel de développement. Pourtant, un exemplaire de Moleanalyzer-Pro[®] est installé au Centre Hospitalier Lyon Sud, sous la direction du Professeur Luc Thomas⁴²², mais à ce jour, son service « n'a pas d'usage clinique de ces appareillages uniquement testés et utilisés dans un but de recherche »⁴²³. Le statut d'innovation semble à ce stade encore prématuré. Pourtant, le Symposium

419 La certification correspond exactement au statut de SaMD : *Software as Medical Device*

420 Scientifiques de la donnée

421 et Thomas Hughes (1983, p.140)

422 Qui a participé à l'étude Winkler et al (2020)

423 Courriel du 10/05/2021

a permis d'identifier les points de passage techniques et de s'assurer qu'ils étaient réalisés, que le problème était résolu. Il a permis de fédérer un réseau d'acteurs autour de ce projet, dans le cadre d'un système institutionnel. Il s'est assuré de porte-paroles au sein du système technique de la dermatologie. Il a permis de nouer des alliances avec les dermatologues, et aussi avec le macro-système technique de l'IA. Mais ces alliances sont-elles suffisantes ? Le statut des porte-paroles de dermatologues et chercheurs au sein d'hôpitaux universitaires est-il suffisamment représentatif pour engager une profession aussi organisée autour de médecins hospitaliers mais non-chercheurs et de médecins de ville ? qu'en est-il de la négociation avec le(s) système(s) de santé nationaux et internationaux ?

Discussion des expériences

1. Construction et statut d'expériences épistémologiques *in silico*

1.1. Objet des expériences

En guise de préambule, il ne fait pas de doute que les expériences de détection de mélanomes par la médiation d'une IA transforme la nature même de cette activité. On est passé d'une activité humaine portant sur le vivant à une activité hybride portant sur la digitalisation du vivant. La détection de mélanomes et son expérimentation par Friedman (1985) était réalisée essentiellement *in vivo* sur la base d'un réel cutané vivant, voire *ex vivo* lorsqu'elle s'appuyait sur des analyses histopathologiques. La détection de mélanomes par un RNC porte sur des images, l'expérience est menée *in silico*, à travers la médiation de la digitalisation du réel.

Nous avons vu dans le chapitre précédent comment des RNC ont été considérés de deux façons : d'une part en tant qu'objets d'expériences sur l'apprentissage, et sur la simulation de la cognition des dermatologues (IA #1) ; d'autre part, en tant que résultante d'expériences d'apprentissage, comme instruments de prédiction du statut pathologique de lésions cutanées (IA #2) .

Comme pour un médicament dont les mécanismes causaux de lutte contre une pathologie donnée sont établis *a priori* comme hypothèse fondatrice, ces expériences reposent sur elles-aussi sur des hypothèses qui légitiment leur objet : d'une part l'hypothèse d'une architecture neuronale capable de simuler la cognition humaine, et, d'autre part l'hypothèse de l'existence d'une fonction idéale reliant chaque image de lésion à son étiquette, et que les fonctions mathématiques attachées à chaque nœud neuronal permet, lors de la phase d'apprentissage, de converger pas à pas vers une

représentation topologique des images du *dataset* et vers l'établissement d'une approximation de cette fonction. Nous qualifierons la première hypothèse, structurelle et concernant la capacité d'apprentissage de l'IA#1, de cognitive (HC), lorsque la concrétisation de ce processus d'apprentissage conduit à l'hypothèse dermatologique (HD), concernant la capacité prédictive de l'IA#2. D'autre part, de la même façon qu'un médicament est un objet hybride, à la fois produit de biochimie et objet médical par destination, les logiciels IA#2 dont il est question ici sont des produits d'une technologie matérielle d'intelligence artificielle, dont ils épousent la forme, et ce sont des dispositifs médicaux par destination.

Nous avons dès lors plusieurs façons de considérer les expériences que nous avons évoquées précédemment, leurs objets et les faits expérimentaux dont elles rendent compte de la construction :

Expérience cognitive

Dans un premier cas, sur la base des hypothèses cognitives (HC), IA#1 est une machine à produire des faits expérimentaux. À ce titre IA#2 constitue un fait expérimental qui est constitutif de la prédiction de IA#1 sachant les HC. Montrer que la prédiction IA#2 est conforme aux attentes permet de démontrer les HC et la construction théorique de l'IA#1 ; cela permet donc de montrer que l'hypothèse d'une architecture informatique basée sur l'hypothèse structurante du neurone formel permet de simuler l'apprentissage humain. En ce sens, il s'agit d'une expérience au sens de la science empirique, qui permet d'établir des savoirs sur le monde.

Les expériences pré-citées ont donc pour vocation de tester ces hypothèses, c'est-à-dire de montrer que le « fait » IA#2 est bien conforme à la prédiction établie, ou encore que IA#2 est un dispositif qui a « appris » la détection de mélanomes et qui est capable de la simuler.

On ajoutera à cela que le « fait » expérimental IA#2 peut être considéré de deux sortes qui renvoie à sa genèse lors de laquelle il y a eu co-construction de sa fonction de représentation des éléments du *dataset* en même temps que de sa fonction de prédiction. Si la seconde est un fait observable dans la mesure où elle a des effets sur le monde qui le sont, la première est un fait qui n'est pas directement observable. Il nous est possible d'utiliser par exemple l'artifice d'une fonction de projection pour nous figurer l'ensemble de ces faits, mais il est patent que l'exhibition de ces faits « inobservables » ne rentre pas dans le spectre de l'expérience.

Expérience prédictive

On peut aussi considérer que l'objet de l'expérience n'est autre que IA#2. Auquel cas cet objet peut être envisagé soit en tant qu'objet informatique par construction ou objet médical par destination. Dans ce cadre empirique, les faits expérimentaux sont les manifestations de IA#2, en tant que résultats d'un dispositif de prédiction de diagnostics. Cela étant, l'évaluation des faits expérimentaux devrait être réalisée, dans un cas en fonction des standards du génie logiciel, et dans l'autre selon les standards des essais cliniques.

Bien évidemment, il ne s'agit pas pour nous de dire que ces expériences rentrent dans la première catégorie ou dans la seconde. Dans le cas de la pompe à air de Boyle⁴²⁴, les faits expérimentaux, que l'on pourrait qualifier de terminaux, étaient produits par une machine ; dans notre cas, une première machine permet de produire un fait expérimental premier qui prend la forme d'une seconde machine, elle-même capable de produire des faits expérimentaux seconds. Il y a donc un objet expérimental dans l'objet, une expérience dans l'expérience, qui soumet la validité de la prédiction faite par IA#1 à la validité de la prédiction faite par IA#2.

Cette catégorisation permet néanmoins de montrer que les expériences de développement de solutions de *machine learning* appliquées à la détection de mélanomes peuvent être lues de différentes façons. Selon la façon dont elles sont construites, selon leurs objets d'étude et leurs méthodes d'évaluations des faits, elles peuvent chercher à établir une vérité cognitive sur la simulation d'un apprentissage à partir de *datasets* ou bien une vérité épistémologique sur la prédiction diagnostique.

1.2. Construction d'expériences d'apprentissage *in silico*

Concept expérimental

Depuis 2016, les expériences performatives se sont multipliées, chaque fois avec des variantes cognitives particulières. Même si chacune fait apparaître l'utilisation et le test de modalités techniques spécifiques, elles sont toutes construites à l'intérieur du même cadre théorique institué par l'hypothèse cognitive. Elles peuvent inclure jusqu'à trois phases : une première phase de développement de l'instrument expérimental (IA#1), une seconde phase d'apprentissage permettant d'aboutir à l'IA#2, et enfin la phase de test et validation de cette IA#2.

En fait, ces expériences peuvent être classées plus précisément en fonction du stade génétique de développement d'un RN de reconnaissance de lésions cutanées auquel elles appartiennent, et

424 Voir Shapin et Schaffer (1993)

par voie de conséquence du nombre de phases impliquées dans leur construction. Les expériences appartenant à la première classe, telles Yu (2017) et Codella (2017), développent leurs propres architectures de réseaux de neurones, sur la base d'outils disponibles dans certaines bases de données collaboratives⁴²⁵. Ainsi, la constitution de l'instrument expérimental fait elle-même partie de l'étude. Ces deux équipes ont été des compétiteurs du Symposium et il s'agit pour elles, avant tout, d'optimiser la technique d'approximation de la fonction de représentation des lésions cutanées, de développer la solution la plus efficace, en choisissant les éléments d'une architecture selon les savoir-faire des *datascientists* de l'équipe. Nous remarquons par ailleurs que ces deux équipes appartiennent à des organisations liées à l'industrie informatique, que ce soit l'institution IEEE pour Yu et al et la société privée IBM⁴²⁶ pour Codella et al.

Celles appartenant à la seconde classe, telles Haenssle (2018), Esteva (2017) ou encore Han (2018) font l'hypothèse complémentaire que des architectures efficaces de reconnaissance d'images ont déjà été développées et que leur seul paramétrage est suffisant à entamer l'apprentissage, éludant par là-même la première phase. Han (2018) utilise le réseau Microsoft ResNet-152 lorsque les deux premiers utilisent Inception développé par Google ; les paramètres d'entraînement de ces réseaux ont été pré-établis pour la reconnaissance de catégories générales d'images issues d'Imagenet, seule la dernière couche de catégorisation a été remise à zéro. Dans l'étude universitaire de Haenssle, l'accent est mis sur la dimension clinique, l'étude est conçue comme un essai clinique *in vitro*. Dans l'étude de Han, l'accent est mis sur les *datasets* dont il s'agit d'évaluer leurs résultats en faisant varier l'ethnicité⁴²⁷. Dans ces trois cas, la validité *a priori* du processus technique relève de l'argument d'autorité qui est fourni par la référence dans un cas à Microsoft, et dans les autres à Google.

Dans sa méta-analyse, Pacheco (2019) mentionne un troisième cas de figure avec l'étude de Faes et al (2019) qui relate la construction et l'utilisation d'un réseau de neurones particulier issu de « Google Cloud AutoML », un réseau de neurones dont le développement a été automatisé. Sans compétence préalable en reconnaissance d'image par RNC, sans avoir à faire de choix technique, sans avoir à coder ou paramétrer un RNC, ils ont pu faire émerger automatiquement une solution qu'ils ont entraînée et testée en obtenant des résultats acceptables.

Le passage d'une méthode expérimentale à une autre modifie la structure des compétences qui doivent être engagées au sein des équipes de recherche : les expériences cognitives sont axées sur

425En particulier github

426Laboratoire de recherche Watson

427L'étude de Han et al a été réalisée en Corée du Sud

la cause formelle, l'*eidōs* technique du RN, lorsque les expériences prédictives sont axées sur la cause finale, le *telos* dermatologique. Ce passage est aussi le signe d'un basculement des hypothèses cognitives, explicitées ou non vers les hypothèses dermatologiques. Les études de Yu ou Codella exhibent certaines des hypothèses constitutives de l'architecture de leurs réseaux ; Haenssle et Esteva font appel à un logiciel pré-construit et pré-entraîné dont les hypothèses ayant dirigé la conception et l'entraînement sont passées sous silence, mais l'hypothèse de la capacité prédictive de leur logiciel est centrale ; quant à l'AutoML, les seules hypothèses qui pourraient éventuellement être exhibées sont les méta-hypothèses de l'IA ayant dirigé le développement automatique de l'IA#1⁴²⁸. Dans ce dernier cas, les hypothèses structurantes de l'expérience cognitive ne sont donc ni communiquées, ni connues, ni même accessibles, seule la capacité performative à la prédiction diagnostique est évaluée avec des limitations structurelles importantes.

Dans l'ensemble des articles de recherche mentionnés ci-dessus, il ne s'agit donc pas de remettre en question le bien-fondé de la simulation de savoir-faire de détection de mélanomes par un réseau de neurones. Il s'agit au contraire, en construisant ou en sélectionnant une machine performative, de reproduire l'expérience fondatrice qu'a sans nul doute constitué celle d'AlexNet. À l'instar de Huygens et des autres expérimentateurs qui construisirent leurs propres *Machina Boyleana* en cherchant à l'améliorer⁴²⁹, les équipes de recherche sur la détection du mélanome sont sans doute prises dans ce que H.M. Collins nomme la « régression de l'expérimentateur »⁴³⁰, dans laquelle la validité de la machine construite est démontrée par la conformité des faits produits avec ceux qu'aurait produit la machine originale. Il y a donc là une auto-légitimation des HC dans une forme de prophétie auto-réalisatrice de l'efficacité du ML qui fait passer la validité conjoncturelle de l'expérience individuelle concrète à la validité générale du concept abstrait, sans qu'on puisse néanmoins en inférer une vérité universelle.

Par ailleurs, si l'IA#2 est donc considérée comme un objet hybride, technique par construction et dermatologique par destination, nous pouvons sans doute envisager cet objet soit comme étant le résultat de la technologie de l'IA appliquée à la détection de mélanomes, soit à travers sa finalité de détection de mélanomes qui utilise de l'IA. Cette distinction peut sembler être une argutie, elle nous semble pourtant fondamentale à la fois dans la manière de construire l'expérience et d'éprouver la validité du concept. Nous avons vu précédemment⁴³¹ que des expériences avaient été

428 Dans les faits, la documentation communiquée explicitement n'est qu'un manuel de l'utilisateur

429 Voir Shapin et Shaffer (1993, p.233)

430 Ibid p.231

431 Partie II, Chapitre I.3

menées dans certains cas par des équipes de recherche issues de laboratoires d'intelligence artificielle et dans d'autres cas par des équipes issues de laboratoires de dermatologie. Dans le premier cas, des ingénieurs, ou des *datascientists* étendent le domaine d'expertise de leur technologie à la détection de mélanomes en montrant comment la construction intellectuelle et logicielle de l'artefact conduit à des résultats probants. Dans le deuxième cas, des dermatologues étendent le domaine des techniques envisageables pour réaliser une tâche de détection de mélanomes ou de classification de lésions cutanées. Le centre d'inertie de l'expérience est déplacé de l'IA vers la dermatologie. Dans ces deux cas, d'une expérience cognitive ou d'une expérience dermatologique, la construction en est différente, la communauté de recherche n'est pas la même non plus, mais ce déplacement correspond aussi à une progression dans la genèse du ML, à un moment où la re-présentation de savoirs dermatologiques par la médiation de l'IA devient une modalité « normale » au sein de la communauté dermatologique, au sens que Thomas Kuhn donne d'une science normale. Au moins dans le cadre de recherches, les HC fondatrices du ML sont considérées comme déjà « solidement fondé sur des accomplissements scientifiques passés »⁴³² et ne nécessite plus de confirmation complémentaire.

Du concept expérimental à l'objet commercial

Le passage de l'objet expérimental, objet conceptuel dont l'expérience est aussi le prétexte à l'invention, à l'objet commercial, dont il est fait abstraction des conditions de l'émergence, est significatif. Il s'agit certes toujours d'une expérience *in silico* dont la finalité est toujours la détection de mélanomes, mais le processus technique ayant conduit à l'émergence de l'instrument de détection est extériorisé comme étant du seul ressort de l'inventeur, en dehors du domaine de l'expérience. Celui-ci⁴³³ prétend que son dispositif médical remplit ses fonctions selon la promesse annoncée. Les expériences sont mises en œuvre afin de valider la véracité des affirmations de l'inventeur et d'identifier les limitations opérationnelles d'un tel dispositif. Comme dans le cas d'un médicament mis sur le marché, il s'agit non seulement de valider la réalisation de sa fonction dans des conditions normales d'utilisation mais aussi d'identifier les conditions d'utilisation qui donnent des résultats moins performants.

Il y a donc d'une part une restriction du domaine de l'expérience, les première et seconde phases d'invention et d'apprentissage ont disparu. Même si la théorie mathématique du ML est implicitement présente dans la réalisation de l'expérience, il ne s'agit plus d'inventer et construire un objet technique, de réaliser son apprentissage, et de tester les hypothèses ayant conduit à son

432 Voir Kuhn (2008, p.29)

433 Fotofinder Systems GmbH

invention ; le logiciel n'est plus l'instrument à partir duquel construire l'expérience, ni le fait expérimental résultant de cette construction, il est l'objet à investiguer, parfaitement identifié par son nom commercial et sa version. Il y a donc un changement de statut de ces expériences : elles n'ont plus pour fonction l'étude d'hypothèses épistémologiques qui disent quelque chose sur le monde, elles font office d'essai clinique d'un objet commercial, dont les hypothèses théoriques ne sont pas accessibles, et dont il faut évaluer dans quelle mesure et dans quelles conditions celui-ci remplit bien la fonction prédictive qui lui a été assignée.

1.3. Limitations

Précédemment, dans le tableau II.1, nous avons vu les limitations que les expérimentateurs avaient eux-mêmes identifiées. Celles-ci étaient concentrées autour de *datasets* d'apprentissage et/ou de test jugés quantitativement insuffisants, notamment en ce qui concerne certaines sous-catégories morphologiques de lésions, et donc induisant des biais ; de l'artificialité du setup ne rendant pas compte de la réalité de la tâche dermatologique en question et donc de l'artificialité des mesures faites ; de la non-prise en compte d'éléments contextuels et cliniques ; auxquels on ajouterait la non-reproductibilité, l'incommensurabilité des mesures entre expériences, liés à des choix techniques différents, explicites comme implicites mais aussi à des constructions différentes d'expériences. Ces limitations ne portent que sur des expériences dermatologiques et il convient de les compléter de limitations, propres, elles, aux expériences cognitives

Datasets

(a) Dépendance aux savoirs et savoir-faire humains

De façon explicite, les étiquettes accompagnant les images sont de deux sortes : elles sont soit des diagnostics consécutifs à exérèse et analyse histopathologique, diagnostics dont la valeur de vérité n'est donc pas sujette à discussion, soit des diagnostics issus de l'interprétation de dermatologues par l'utilisation d'outils sémiologiques à leur disposition. À ce titre, ces étiquettes, qui participent à l'apprentissage du RN, embarquent non seulement les savoirs théoriques sémiologiques, mais aussi les savoir-faire interprétatifs développés par les dermatologues. C'est d'ailleurs bien de cela qu'il s'agit dans l'élaboration de l'hypothèse cognitive des RN : être en capacité d'apprendre et de simuler la cognition humaine, en l'état, le savoir-faire cognitif, le savoir-identifier les lésions. L'apprentissage des RN est donc bien évidemment soumis aux savoirs dermatologiques, qu'il ne s'agit pas de remettre en question, et aux savoir-faire des dermatologues humains, et donc à leurs limitations. Il y a sans doute ici une forme de curieuse récursivité,

puisqu'en apprenant à partir d'exemples catégorisés par l'humain, donc nécessairement aussi à partir d'erreurs humaines, le RN n'apprend pas vraiment à catégoriser des images de lésions mais à simuler l'acte de catégorisation des lésions tel qu'il est normalement réalisé par l'homme, y compris ses erreurs. Cette quête de la simulation soumet donc *de facto* aux savoir-faire et à leurs erreurs implicites, et leurs biais implicites.

On notera néanmoins, au bénéfice du RN, que les dermatologues ayant produit les étiquettes sont toujours des « experts », ce qui expliquerait sans doute que, dans cette quête de la meilleure approximation du raisonnement interprétatif des dermatologues, les résultats soient généralement meilleurs que les résultats de la moyenne des dermatologues, mais non de ceux des experts.

(b) Biais d'échantillonnage

Tant Codella et al. (2017) que Esteva et al. (2017), Haenssle et al. (2018, 2020), Brinker et al. (2019), Winkler et al. (2020) mentionnent une quantité d'images de test insuffisante ne couvrant pas l'ensemble des variations symptomatiques des mélanomes et lésions bénignes. Plus encore, ils mentionnent la non exhaustivité des *datasets* d'apprentissage en ce qui concerne certains types morphologiques de mélanomes ou certaines localisations⁴³⁴ de mélanomes. Thomas (2018) stipule de façon plus spécifique que, au-delà de ne s'intéresser qu'aux seuls mélanomes et *nævi*, les études ne comportent « aucun cas en zone acrale, du visage, cicatricielle, unguéale ou du cuir chevelu ». Le problème de l'ethnicité est lui aussi prégnant. Les cancers cutanés, et en particulier les mélanomes, touchent statistiquement plus les individus à peau blanche, ainsi les bases de données d'images dermoscopiques, et même d'images cliniques ou histopathologiques sont beaucoup mieux approvisionnées en images concernant ce type de patient. Cette non-exhaustivité construit de façon évidente un biais d'échantillonnage dont les individus à couleur de peau non blanche sont victimes, ou encore qui exclue certaines formes de mélanomes d'une détection performante. Ce biais d'échantillonnage est particulièrement mis en évidence par Han (2018)⁴³⁵, à travers leur étude comparative entre la base de données *Asan* et d'autres bases de données européennes. Dans ce cas, ils montrent aussi la possible inversion du biais en faveur du groupe majoritaire présent dans la base *Asan*. Il s'agit donc dans ce cas d'être en capacité de proposer une base de données d'images plus importante, provenant de localisations géographiques différentes et permettant d'assurer une mixité et *a minima* une présence significative de groupes représentatifs d'ethnicités cutanées différentes.

434 Voir en particulier Winkler et al. (2020)

435 En ce qui concerne les lésions cutanées touchant les individus d'origine asiatique

Pour ce qui est du logiciel de Fotofinder, Winkler et al. (2020) ont montré que certaines formes de mélanomes, certes rares, sont mal prises en charge. Par ailleurs, si celui-ci a été conçu et développé sur la base de Haenssle et al. (2018), il n'est pas certain qu'il soit indemne de ce biais d'échantillonnage lié à l'ethnicité, ce qui limite évidemment les conditions dans lesquelles son utilisation devrait être indiquée.

(c) Codella (2017) que Yu (2017) évoquent la petitesse des *datasets* utilisés dans un autre cadre que celui du biais d'échantillonnage, en tant que nécessité technique face aux centaines de millions de paramètres du réseau à calculer⁴³⁶. À l'instar d'Alexnet, ils utilisent des programmes qui permettent de travailler sur les images existantes dans le *dataset* en les soumettant à des transformations⁴³⁷ linéaires et aussi non linéaires, dont il est fait l'hypothèse implicite que les étiquettes associées aux images originales sont invariantes lors de l'application de ces fonctions. De fait, ils ont augmenté artificiellement la taille du *dataset* d'apprentissage, de construire des artefacts qui vont servir à entraîner le RNC.

Le statut particulier de ces images artificielles pose question. Elles sont construites pour pallier une déficience quantitative de la base de données. Au-delà de la valeur de vérité de ces nouveaux éléments d'un *dataset* artificialisé, dans quelle mesure cette artificialisation du support d'apprentissage préserve-t-il le projet cognitif ? D'une part la simulation qui est réalisée par le RN n'est plus la simulation de l'humain seul, mais issue d'un *dataset* hybride. D'autre part cette augmentation vise à rendre compte de ce que Polanyi qualifie d'un « pouvoir tacite » de l'humain à reconnaître un élément ayant subi rotation, agrandissement, distorsion au sein d'une image. Ce procédé vise donc non pas à simuler ce pouvoir, mais plus simplement à produire les distorsions qui sont « reconnaissables » par celui-ci.

Construction des expériences et reproductibilité

De façon à laisser transparaître leur reproductibilité, les études que nous avons évoquées jusqu'ici prennent grand soin à expliciter les modalités de leurs constructions, de façon à laisser transparaître. Elles énoncent clairement leur méthodologie ; selon le cas, elles déploient les conditions de la construction du logiciel de ML, ou légitiment le logiciel utilisé par l'autorité reconnue de son propriétaire, par exemple GoogleNet Inception ; certaines énoncent quelques paramètres de calibration.

436 Dans le cas d'Alexnet, il y a 62 378 344 de paramètres à entraîner, dans le cas de Codella, on est passé à plus de 543 millions de paramètres à entraîner.

437 Rotation, effet miroir, changement d'échelle, changement de luminosité, de résolution, cropping, recombinaisons aléatoires...

D'une part du fait des choix techniques implicites faits par les chercheurs : choix d'hyperparamètres⁴³⁸, modalités de sélection d'images du *dataset*, randomisées ou choisies,... D'un point de vue purement formel, la modification d'un *dataset*, l'ajout ou le retrait d'images d'apprentissage, modifie de fait la représentation et le calcul du réseau. Du côté de la performance des médecins, Elmore (2017) souligne le manque de reproductibilité dans l'évaluation de la tâche de catégorisation des mélanomes par des dermatologues humains. Pour autant, nous avons déjà noté cette quête de reproduction d'une machine « apprenant » les images, en reproduisant la machine « AlexNet » et en l'améliorant, de façon analogue avec ce qui s'était passé pour la machine de Boyle au XVII^e siècle. Il ne s'agit donc pas de la reproduction *stricto sensu* de l'expérience d'AlexNet, mais de reproduire l'architecture générale de la machine, de façon à obtenir des faits observables comparables.

Artificialité des expériences

Plusieurs des expériences mentionnées dans le tableau II.1 mentionnent aussi l'artificialité des conditions de test des solutions voire des conditions de comparaison des performances de détection de mélanomes ou de classification entre RNC et dermatologues humains. Celles-ci font référence :

(a) à la non prise en compte des données cliniques. La plupart des études en jeu ne considèrent pas les données cliniques comme des données pertinentes dans la catégorisation.

(b) à la limitation intrinsèque consécutive à la zone cutanée étudiée. De fait, l'une des premières tâches lors du Challenge, consiste bien en la segmentation de l'image afin de pouvoir définir la lésion à étudier. La tâche de catégorisation est de fait limitée, tout d'abord par le cadre constitué par l'image, et ensuite par la segmentation qui est faite de la lésion dans l'image. Auparavant, le cadre de l'enquête en diagnostic était constitué par l'ensemble de la surface cutanée que le dermatologue examinait attentivement. L'investigation du dermatologue portait alors non seulement sur des lésions suspectes en tant que telles, mais aussi des lésions suspectes parce que différentes des autres (« *ugly duck sign* »). Avec l'utilisation d'un RNC, ce cadre d'investigation est réduit aux frontières de l'image, et le choix de la lésion ainsi numérisée est lui-même implicite. Par ailleurs, au-delà de réduire le territoire de l'investigation, le cadre ne dit pas le territoire, et le Pr. Thomas⁴³⁹ nous rappelle que « les mélanomes ont des caractéristiques différentes selon la région cutanée ».

(c) aux conditions dans lesquelles les humains sont évalués qui ne sont pas des conditions d'une

438On se reportera par exemple à la figure 29 représentant l'architecture de Alexnet

439Cité par Rambaud (2018)

pratique habituelle. Dans les expériences, des questionnaires sont envoyés aux dermatologues participant qui peuvent y répondre dans des conditions artificielles qui ne respectent ni le temps normalement alloué à la réalisation d'un diagnostic, ni les conditions de stress présents dans la pratique courante de la clinique.

(d) aux conditions de réalisation des mesures des résultats du logiciel. De fait, il s'agit uniquement de tester la performance du logiciel face à une question de catégorisation, sans relation avec son environnement. Ces conditions ne reproduisent à aucun moment la façon dont un tel artefact logiciel aurait à être implémenté et à fonctionner au sein d'un service de dermatologie. On peut sans doute incriminer, à l'origine, des expériences « conceptuelles » dont l'objectif était de justifier la validité du concept de réseau de neurones comme solution performante de détection de neurones. Pour autant, lorsque le concept devient innovation, lorsque le prototype technique devient objet commercial, à l'instar de Haenssle (2020), il nous semble que les résultats obtenus par l'expérience devraient être représentatifs des modalités de réalisation de la tâche telle qu'envisagée dans le monde réel.

2. Validation des résultats expérimentaux

2.1. Signifiants axiologiques et échelles de valeur

Pour toutes les expériences présentées au chapitre I de cette partie dont le résultat prenait la forme d'une détection dichotomique de mélanomes, la prédiction du logiciel se faisait à travers l'établissement d'un score de probabilité⁴⁴⁰ de mélanome allant de 0 à 1 avec une valeur de « cut-off » la plus souvent établie à 0,5, c'est à dire qu'une valeur inférieure à 0,5 donnait lieu à un diagnostic de lésion bénigne, par opposition à une valeur supérieure à 0,5. En d'autres termes, ce score est une sorte de « mesure » de la « mélanomité » d'une lésion qui devient alors, dans ce système technique, un signifiant permettant de comparer les lésions au sein d'une échelle de valeur de la pathologie associée. Le RNC IA#2 peut alors être envisagé comme instrument de mesure quantitative de cette « mélanomité » dans un référentiel axiologique qui lui est propre.

Par ailleurs, le RNC, en tant que dispositif de production de diagnostics peut lui aussi être évalué. Dans le cadre d'un article rapportant les résultats d'une expérience, il s'agit d'une autoévaluation, réalisée par les expérimentateurs eux-mêmes. Nous avons vu de quelle façon des RNC avaient été mis en concurrence lors des Symposiums organisés par l'ISIC. Ces réseaux de

⁴⁴⁰Il ne s'agit pas d'une probabilité

neurones étaient évalués selon une métrique propre à cette compétition, par ailleurs variable selon les symposiums. En 2016⁴⁴¹, les paramètres entrant en ligne de compte dans la métrique de la tâche de classification étaient : sensibilité, spécificité, précision et précision moyenne évaluée pour une sensibilité de 100%. En 2017⁴⁴², la question de la calibration de la valeur du « cut-off » semblait plus importante, des mesures spécifiques de sensibilité et de spécificité pour une valeur de cut-off de 0,5 sont en particulier intégrées. La métrique est complexifiée en 2018 pour finalement être restreinte à la seule AUC⁴⁴³. Cette variabilité rend compte de la variabilité de la problématique à résoudre plus particulièrement pour une édition spécifique du Symposium, elle laisse aussi penser qu'il n'y a pas d'échelle de valeur absolue permettant de départager les concurrents, donc de classer la valeur RNC de diagnostic de mélanomes. On notera que Codella (2017) remet en cause la métrique choisie, trop axée selon eux sur des paramètres de statistique médicale lorsque son équipe, issue du laboratoire Watson de IBM, aurait plutôt envisagé des paramètres tels le TRECVID utilisé normalement pour évaluer les logiciels de reconnaissance d'image. Ce faisant, ils mettent en évidence le déplacement du statut de l'évaluation, de ce qui était une autoévaluation endogène à l'expérience vers une exo-évaluation de l'instrument expérimental, et dont l'objet n'est pas de décider de la valeur absolue d'un objet mais d'être en mesure de comparer les objets les uns aux autres sur la base d'indicateurs contingents au système axiologique décidé de façon arbitraire par les organisateurs du Challenge. On notera qu'il s'agit néanmoins de mettre en vis-à-vis des objets d'expérience parfaitement comparables parce qu'appartenant à une même catégorie d'objets techniques dotés d'une même fonction-type de détection de mélanomes.

Dans la mesure où l'activité cognitive du dermatologue, s'appuyant sur le modèle ABCDE, permet, elle aussi, de produire une forme de mesure qualitative de cet indice de « mélanomité », il est possible d'évaluer, non plus des diagnostics individuels, mais une activité artefactuelle de production de diagnostics, en la comparant à l'étalon constitué par les diagnostics établis par des dermatologues humains. Cette échelle de valeur, établie lors de chaque expérience par la production de diagnostics spécifiques aux cas de lésions présents dans l'étude, rend compte de deux mesures : d'une part la mesure de la qualité de la production de diagnostics expérimentaux par l'IA#2, qui est une mesure contingente à un étalon, sans être un gage de vérité absolue, d'autre part la mesure de la qualité de la simulation de l'apprentissage par l'IA#1, qui est en l'état une mesure non contingente puisque l'étalon est représentatif de ce qu'il fallait simuler. Il y a donc ici une forme d'ambivalence du statut de l'évaluation réalisée, à la fois hétéro-évaluation dans la

441 Voir <https://challenge.isic-archive.com/landing/2016/39>, consulté le 15/02/2021

442 Voir <https://challenge.isic-archive.com/landing/2017/44>, consulté le 15/02/2021

443 Area under the ROC curve

mesure où il s'agit de comparer un objet technique à l'objet constitué par la cognition humaine, objet par nature autre⁴⁴⁴, en même temps qu'homo-évaluation dans la mesure où l'un -le réseau de neurones- a été conçu pour réaliser une simulation de l'autre -la cognition-, devenant ainsi un autre même. On notera que *in fine*, les indicateurs utilisés en homo-évaluation ne disent pas de façon absolue la qualité d'un RNC et de son activité, elles les comparent, les disent plus ou moins performants, mais ne définissent pas une condition nécessaire et suffisante pour qu'un RNC soit qualifié d'instrument vrai de diagnostic. Seule l'hétéro-évaluation, validant la qualité de la simulation d'un dispositif cognitif de diagnostic⁴⁴⁵ réputé *a priori* comme étant vrai, permet de définir une telle condition.

Par ailleurs, il est à noter que l'indicateur quantitatif qui permet d'évaluer une lésion cutanée désigne de façon objectivement mécanique le statut de la lésion. En l'état, cet indicateur renvoie à un calcul abstrait de catégorisation, et ce calcul porte sur la représentation de la lésion à catégoriser, laquelle n'est pas accessible ; si cet indicateur devait être considéré comme un signifiant, ou comme un *representamen* au sens de Peirce, les signes topologiques auxquels l'indicateur pourrait renvoyer devraient être accessibles pour pouvoir indiquer. Il ne semble donc pas pouvoir être question ici d'une sémiologie de la représentation artefactuelle de la lésion, uniquement une forme de calcul mécanique portant sur la valeur d'un score. L'altérité machine-homme a donc été renforcée en ce que la médiation du réseau de neurone a modifié le rapport à la lecture du réel. Ainsi que le rappelle Jean-Pierre Sérís (2013, p.298)⁴⁴⁶, « la langue qu'accepte l'ordinateur fait loi, c'est une langue sans herméneutique », une langue qui n'appelle donc pas à l'interprétation du résultat qu'elle permet de générer.

2.2. Quelle vérité pour quelle expérience : performance, vérification, validation

Nous avons vu que les expériences que nous avons envisagées jusqu'ici pouvaient être d'ordre cognitif ou d'ordre prédictif, et que par voie de conséquence leur objet d'étude était hybride dans sa finalité : une IA#1, logiciel-concept, capable de simuler l'apprentissage humain et établissant une vérité sur la cognition humaine, et une IA#2, outil prédictif de la malignité d'un nævus. Cette hybridité dans sa finalité engage des modalités de validation différentes. L'objet expérimental se complexifie lorsqu'on l'envisage selon sa forme technique : IA#1 comme IA#2 sont des objets informatiques issus du génie logiciel qui engagent des modalités techniques de vérification et

444En ce qu'il n'est pas technique par nature même si il utilise la technique -sémiologique par exemple-.

445Les dermatologues humains

446Renvoyant à la conférence de 1962 de Heidegger

validation (V&V) qui sont propres à cette discipline d'ingénierie. En dernier lieu, en tant qu'objets informatiques, ils peuvent aussi être considérés comme ayant été développés à partir de théories mathématiques, en fonction de contraintes logiques, à ce titre leur validation pourrait épouser la forme d'une preuve mathématique.

Validation de l'hypothèse dermatologique

Le point de vue choisi dans les expériences que nous avons étudiées est en fait relativement uniforme dans la mesure où il se concentre sur la destination médicale de l'objet en épousant un formalisme d'essai clinique, même dans le cas où les équipes ayant mené les recherches sont à dominante intelligence artificielle. *In fine*, ils s'intéressent à leur objet d'étude de façon pragmatiste, en le réduisant à l'ensemble de ses effets sur le monde. Dans ce cadre donc, la validation de l'objet consiste en la démonstration inductive de l'adéquation des effets de cet objet avec la fonction « type »⁴⁴⁷ qui lui a été assignée par son concepteur. En d'autres termes, il s'agit de confirmer *a posteriori* la validité d'outputs (les résultats-diagnostic) obtenus à partir d'inputs donnés (des images de lésion) tout en utilisant le formalisme de véritables essais cliniques. Il s'agit donc d'obtenir une forme de vérités pragmatistes sur les résultats concrets d'expériences *in silico*, à partir desquelles inférer une vérité générale sur la capacité performative du logiciel.

C'est le cas par exemple des RNC développés et testés tant par Haenssle (2018) ou Esteva (2017). Leur dialectique de légitimation articule la définition des conditions initiales, c'est-à-dire des paramètres de l'expérience permettant sa reproductibilité avec l'évaluation *a posteriori* des faits expérimentaux, c'est-à-dire des diagnostics du logiciel face à des images nouvelles de lésions. Au-delà des limitations déjà évoquées, admettons alors que cette validation pragmatiste, éprouvée par une échelle de valeur de performance, confirme bien l'hypothèse dermatologique portant sur la capacité à la prédiction diagnostique de l'IA#2. Elle confirme donc une IA#2 spécifique, définie par les conditions initiales de l'expérience ; mais que dit-elle de plus sur le monde ? Y-a-t-il une hypothèse théorique plus forte⁴⁴⁸ que la validité de l'hypothèse dermatologique pour un artefact singulier, qui explique par exemple pourquoi cette IA#2 est fonctionnelle ?

En fait, aucune explication n'est fournie, aucune question en forme de « pourquoi » n'est d'ailleurs formulée alors même que l'on pourrait s'interroger sur le « pourquoi » d'un diagnostic particulier, ou encore sur le « pourquoi » de la pertinence générale des résultats d'un logiciel ;

447Selon Kroes (2012, p.112), une fonction type (« *kind-proper function* ») assignée à un artefact technique représente la fonction pour laquelle l'artefact a été conçu, elle correspond. Plus encore, elle détermine une catégorie-type d'artefacts qui permettent de réaliser cette fonction.

448Ou une théorie, un modèle

aucune question en forme de « comment » le calcul du résultat est effectué. Il semble patent que ces questionnements épistémologiques sont exclus du domaine d'investigation de ces expériences. Le seul exposé « monstratif » qui est proposé est celui du procédé de génération d'une telle #IA2. C'est là d'ailleurs une différence notable avec les essais cliniques de médicaments que nous avons déjà évoqués, puisque dans ces cas d'artefacts médicaux, une théorie causale explicative précède la conception de l'expérience clinique, laquelle expérience justifie *a posteriori* et de façon pragmatiste cette conception abstraite. Ce n'est pas le cas ici et le résultat diagnostique obtenu constitue une vérité instrumentale sans prétention à une explication causale.

D'une certaine façon, Esteva (2017) essaie de « montrer » une forme représentative de l'ensemble des images de lésions du *dataset*⁴⁴⁹. En montrant les données représentées par l'IA#2, Esteva a pour ambition de dévoiler que ces données sont spatialement regroupées en *clusters* et d'intuitivement exposer que l'appartenance de la représentation d'une lésion à la zone spatiale occupée par un cluster [C] vaut appartenance à la catégorie de ce cluster [C]. Bien évidemment, il ne s'agit que d'une construction intuitive, et cette proposition fait uniquement partie d'un exposé de « monstration » s'appuyant sur la puissance de l'image ainsi dévoilée, et non de démonstration. En fait, l'espace de projection en deux dimensions est construit, ne possède aucune métrique et ne supporte aucun modèle ; qui plus est, la proximité visuelle de points au sein d'un cluster n'est qu'artificielle, ces points pouvant, dans l'espace de représentation à 2048 dimensions⁴⁵⁰ - inaccessible à l'œil humain -, être au contraire particulièrement éloignés.

Validation de l'hypothèse cognitive

Par ailleurs, en quoi, lors de ces expériences, y-a-t-il eu validation de l'hypothèse cognitive de l'IA#1 ? Si l'hypothèse dermatologique était liée causalement à l'hypothèse cognitive, il devrait être possible d'exhiber une démonstration logique liant l'une à l'autre. Dans la mesure où il semble n'y avoir qu'une seule validation d'un artefact hybride, comment passe-t-on de la confirmation d'une hypothèse à la confirmation de l'autre ? Ou faudrait-il envisager une construction expérimentale différente qui permette de valider chaque hypothèse séparément ? Il nous semble néanmoins que chaque expérience est un élément concret singulier entrant dans la confirmation de la validité des RNC en tant que modalité de simulation des savoirs dermatologiques, sur la base d'une même méthodologie de construction de l'expérience, et de construction d'une architecture de RNC. Ainsi, la validité de l'IA#1 se construit sur une forme d'induction portant sur l'analyse des résultats de toutes les expériences de RNC et plus encore de RNC appliqués à la détection de

449En particulier dans sa figure présentant la projection des données en utilisant l'outil de projection t-SNE.

450Dans le cas du logiciel de Esteva (2017)

mélanomes. C'est bien cette multiplicité d'expériences qui permet d'induire la validité générale du « principe » abstrait du RNC. De la même façon que le « principe » de la pompe à air selon Boyle a été approuvé, au-delà de la comparaison entre machines⁴⁵¹, le principe de l'application des RNC à la détection des mélanomes a sans nul doute été approuvé socialement à la fois par les communautés de *datascientists* et par les communautés de dermatologues. Cette « approbation » consensuelle ne vaut certes pas preuve formelle, elle est construite sur l'accumulation d'expériences concrètes, elle valide une connaissance empirique qui permet d'établir les bases d'un nouveau paradigme technique de « simulation » de la détection humaine de mélanomes.

Validation de l'objet informatique

En tant qu'objet informatique, le RNC peut être évalué au regard de procédures de vérification et validation (V&V) inhérentes à l'ingénierie informatique. Mais, si, à l'instar de Paul Jorion (1994), on envisage les réseaux de neurones en tant qu'implémentation informatique d'un modèle mathématique, il ne s'agit alors plus uniquement de vérifier la qualité du développement mais d'être en mesure de « prouver » de façon certaine le logiciel.

Pourtant, l'examen de procédures de V&V est absent des articles de recherche ou tout du moins ne fait pas l'objet d'un rapport expérimental publié. Ainsi, en tant que construction informatique, cet objet ne fait pas l'objet d'une validation permettant de confirmer que sa conception, son architecture, son développement général ont été réalisés selon les standards de la profession, et d'attester de la conformité de sa forme technique avec « la ligne droite » de la *tekhnê* informatique. Un éventuel examen d'une preuve mathématique formelle n'est pas non plus évoqué.

Dans ce qui suit, nous allons évoquer cette question de la validation de l'objet informatique, et envisager dans quelle mesure la seule méthodologie pragmatiste rapportée est suffisante.

2.3. De la méthodologie de validation de l'objet informatique

2.3.1. De la preuve en informatique : quelle prétention à la vérité ?

L'enjeu épistémologique des computations informatiques -au sens large du terme- consiste à obtenir l'assurance que le résultat calculé, la prédiction, soit bien telle qu'attendue. Il s'agit donc d'être assuré que ce résultat soit « exact » ou tout du moins une représentation suffisamment exacte de la « vérité », et cette assurance est normalement la conséquence de la preuve fournie. Plus encore, ainsi que le mentionnent Jean Sallantin et Jean-Jacques Szczeciniarz (1999, p.2), cette

⁴⁵¹ Voir Shapin et Schaffer (1993, p.255)

assurance est sociale autant que technique et “[la preuve] pose la question du rapport des individus producteurs de connaissance à leurs engagements sociaux et techniques”.

Du point de vue des engagements techniques, le concept de preuve peut s'entendre de plusieurs façons. Il peut s'entendre tout d'abord comme la garantie de la “règle droite”⁴⁵² issue de la *tekhnê* et devant présider à la production d'artefacts techniques. Ainsi la vérification et validation (V&V) telle que définie par Mackall et al (2002) doit permettre de garantir qu'un logiciel en cours de développement ou de révision satisfait d'une part les spécifications fonctionnelles (vérification) et d'autre part que chaque étape dans le processus de développement du logiciel mène aux bons (sous-)produits (validation). Il s'agit donc de bien construire le produit (vérification) et de construire le(s) bon(s) produit(s) (validation).

Tarski (1969, p.70), à l'instar de Marquis (1999, p.140), considèrent quant à eux le concept de preuve comme “une procédure pour garantir la vérité de phrases qui est utilisée avant tout dans les sciences déductives”. Dans ce cas, les preuves doivent démontrer comment le résultat final peut être déduit logiquement, à partir de prémisses axiomatiques et de phrases syntaxiquement correctes.

Comment expliquer ces deux différentes approches de la preuve en informatique ? Tymockzko (1980, p.132) prétend que “si nous concevons les preuves comme des modèles abstraits, il semble évident que la simple existence de la preuve d'un théorème garantit la vérité de ce théorème (modulo les axiomes, etc...). Il n'y a aucune « lacune » dans la (véritable) preuve ; elle est rigoureuse, elle est en fait le standard de la rigueur. Dans le cas des preuves formelles, l'idée de rigueur peut être expliquée en termes de validité logique. La valeur d'une preuve pourrait-elle n'être alors qu'une question de « rigueur » ?

La différence est sans doute plus conceptuelle. Alors que la V&V propose des procédures qui permettent de gérer l'organisation du développement logiciel et de tester la présence de bugs ou d'erreurs dans le code produit, les régler, jusqu'à ne plus parvenir à en établir la présence, un processus déductif vise à prouver de façon positive que le résultat produit est logiquement vrai. Il y a donc une véritable tension épistémique entre ces deux façons de garantir la « vérité », entre une approche technique basée sur une vérification et validation pragmatiste et une approche scientifique basée sur une logique formelle. D'un point de vue sémantique, la première porte sur la validité générale d'un résultat lorsque la seconde porte sur sa vérité. La première est basée sur des propositions synthétiques fondées sur une extension de phénomènes réels lorsque la seconde est

452L'*orthos logos* aristotélien

basée sur des propositions analytiques fondées sur des axiomes. La première est dirigée vers la décision et l'action lorsque la seconde vise la certitude. Pour autant, si l'on considère la validité d'une assertion sur le monde spécifique d'un logiciel, la première permet de décider que cette assertion est probablement valide⁴⁵³ lorsque la vérité de la seconde est applicable à chaque assertion qui en est issue.

Il ne s'agit pas d'une tension nouvelle au sein de la discipline informatique puisque les dernières décennies ont vu apparaître de nombreuses argumentations négatives portant sur le manque de preuve grévant le développement logiciel et le nombre important d'accidents potentiels qui pourrait lui être imputé. Wiener (2019, p. 173) mentionne la limitation intrinsèque de possible non-fin de la procédure de V&V d'un logiciel⁴⁵⁴; Dijkstra (1972) évoque les biais logiques des procédures de test⁴⁵⁵, incapables de “prouver” l'absence d'une erreur de code; enfin, Thom (1971), met en évidence cette “*impossibilité de vérifier toutes les étapes*”⁴⁵⁶ d'un processus informatique par un humain.

Cette tension et l'enjeu sous-tendu de la nécessaire preuve formelle se sont particulièrement exprimés à la fin des années 1970 lors de la résolution assistée par ordinateur du problème des 4 couleurs⁴⁵⁷. Il s'agit alors de savoir si la preuve accompagnant la résolution doit être soumise au formalisme mathématique ou si d'autres cadres normatifs, scientifiques ou techniques peuvent être considérés comme des méthodologies probatoires acceptables. À ce sujet, Tymoczko (1980, p.133) prétend que “ce qui est vérifié n'est pas rigoureux ” mais aussi que “ce qui est rigoureux n'est pas vérifié ” et surtout ne peut pas être humainement vérifié. Ainsi, la preuve assistée par ordinateur ne remplit pas les critères d'une démonstration mathématique acceptable. Le manque de rigueur ainsi signifié marque la séparation entre la certitude et la possibilité même faible d'erreur.

Par ailleurs, Tymoczko (1979, p.59) envisage les preuves comme devant être “convaincantes”, “formalisables” et que “une preuve est une construction qui peut être inspectée, examinée, vérifiée par un agent rationnel”. Dans ce cadre, ce qui est considéré comme preuve de la démonstration du théorème des 4 couleurs par Appel et Haken (1977) n'étant ni formalisable ni humainement

453 Dans la mesure où on n'a pas pu prouver que les résultats ne s'accordaient pas avec la vérité

454 “*A proof represents a logical process which has come to a definitive conclusion in a finite number of stages.*

However, a logical machine following definite rules need never come to a conclusion.”

455 *But: program testing can be a very effective way to show the presence of bugs, but is hopelessly inadequate for showing their absence.*

456 René Thom (1971) tel que cité par Tymoczko (1981, p.122): “*Let us suppose that we have been able to construct for a formal theory S an electronic machine M capable of carrying out at a terrifying speed all the elementary steps in S. We wish to verify the correctness of one formula F of the theory. After a process totaling 1030 elementary operations, completed in a few seconds, the machine M gives us a positive reply. Now what mathematician would accept without hesitation the validity of such a “proof”, given the impossibility of verifying all its steps?*”

457 Voir Appel et Haken (1977)

examinable, elle ne peut être considérée comme une preuve « formelle ».

On pourrait d'ailleurs objecter que la tension relative à la résolution du théorème des 4 couleurs en utilisant un artefact informatique pourrait n'être que la conséquence d'une forme d'anthropocentrisme dans l'établissement de la logique, en considérant que la logique est par essence humaine et non artefactuelle, que l'homme doit pouvoir l'examiner pour la certifier. Pourtant, la pensée humaine est elle aussi contrainte, elle est culturellement construite, formatée et structurée par la culture, la théorie, la méthode voire le dogme techno-scientifique, elle est donc elle aussi artificielle au même titre que la "pensée" de la machine ou tout du moins ses raisonnements et computations sont contraints par le dessein du concepteur et le design du programmeur. Il y a donc une forme de hiatus sémantique, à vouloir assigner l'attribut de "intelligent" à un artefact auquel on nie par ailleurs le bénéfice d'une logique autonome.

Cette présentation de la résolution logicielle du problème des 4 couleurs n'avait pas vocation à critiquer formellement sa démonstration⁴⁵⁸ mais de montrer que la gestion de la preuve en informatique n'était et n'est toujours pas évidente.

En fin de compte, nous pourrions voir cet enjeu comme lié à notre façon de considérer la nature même de la « science informatique ». L'informatique est-elle mathématiques appliquées, est-ce qu'elle est une science de la nature visant une compréhension empirique du monde, ou est-ce qu'elle est plus simplement une discipline d'ingénierie dont l'objectif est la fiabilité et la qualité? Auquel cas ses résultats devraient-ils être prouvés selon les standards épistémologiques des mathématiques, des sciences de la nature ou de la production technologique? C'est sans doute ce que suggèrent Sallantin et Szczeciniarz (1999, p.2) en mentionnant le « problème de la formulation de toute position d'existence d'une forme ou d'un produit de connaissance avant sa mise en relation », cette formulation devant dès lors être contingente à l'environnement de mise en relation.

2.3.2. Machine Learning : quel cadre probatoire pour quelle « science » ?

Cette tension est rendue encore plus complexe lorsqu'il s'agit aujourd'hui d'envisager l'intelligence artificielle et le machine learning (ML).

Hoare (1996, p.2) note que "les avancées les plus importantes dans la mise en service ponctuelle de logiciels fiables peuvent être directement attribuées à une reconnaissance plus large du fait que le processus de développement d'un programme peut être prédit, planifié, géré et

⁴⁵⁸It is not considered a problem anymore but a theorem

contrôlé de la même façon que n'importe quelle autre discipline d'ingénierie". Pour autant, comme nous l'avons vu précédemment, le développement d'un logiciel de ML porte en fait sur deux objets différents. Le premier objet IA#1 est le programme d'apprentissage qui est un produit particulier de génie logiciel qui peut être évalué sur la base de règles et normes de management de la qualité. Le second objet est le logiciel "entraîné", IA#2. Dans le cas de réseaux de neurones avec apprentissage supervisé, l'objet IA#2 est le produit d'un processus d'apprentissage d'un *dataset* qui est lui-même le résultat d'une série limitée de phénomènes expérimentaux. Il s'agit aussi d'un processus qui n'est pas directement programmé, "codé" par des ingénieurs humains mais plutôt le résultat de computations complexes qui ont lieu pas à pas.

Approche V&V

Nous revenons donc à la question de l'objet qu'il s'agit de prouver. S'agit-il ici de prouver le logiciel IA d'apprentissage et donc sa capacité à simuler l'apprentissage humain dans la représentation optimale de savoirs expérimentiels. Ou bien s'agit-il de prouver le logiciel-ayant-appris dans sa capacité à délivrer un jugement prédictif après avoir fait l'apprentissage de connaissances spécifiques⁴⁵⁹ ?

Le standard 1012^{TM460} de vérification et validation de l'IEEE⁴⁶¹ considère que IA#1 et IA#2 comme un seul logiciel "adaptatif" et propose une vérification et validation qui prend la forme suivante:

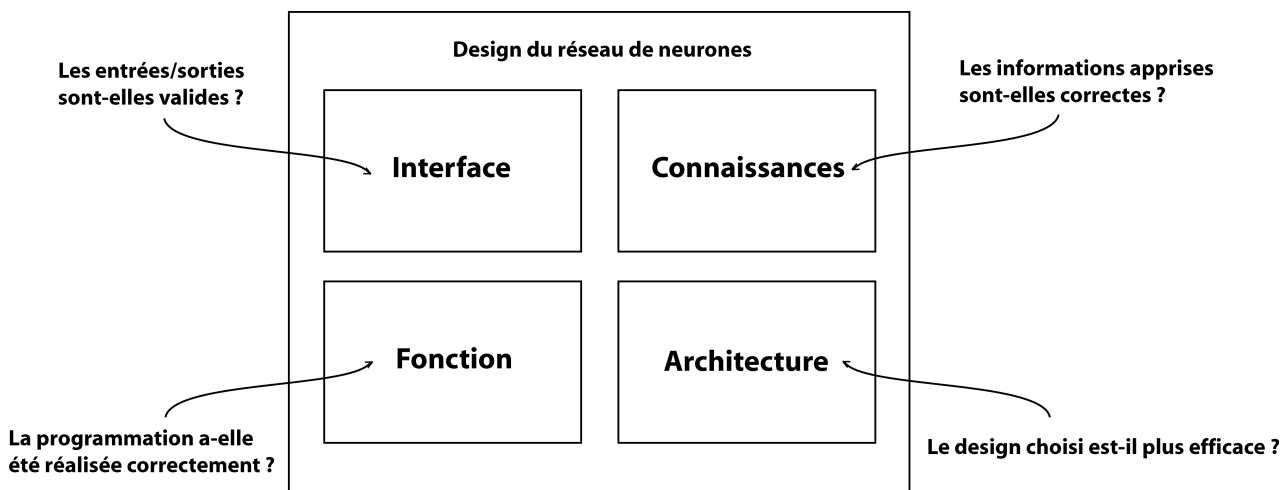


Figure 33 : Eléments du design d'un réseau de neurones à tester

Source: Adapté de Laura Pullum et al (2007, p.21)

459 Nous avons déjà partiellement développé cette question dans Brault, Duchemann et Saxena (2021)

460 Standard for System, Software, and Hardware Verification and Validation, last version in 2016

461 Institute of Electrical and Electronics Engineers, see also ISO standards

Les éléments à vérifier/valider sont donc de quatre ordres : les deux premiers ordres, architecture et programmation, ont trait à la conception de IA#1, le troisième est dédié à la qualité des connaissances présentes dans le *dataset*, enfin, le quatrième concerne la capacité à restituer les connaissances apprises. Il est bien entendu ici que les rapports d'essais cliniques envisagés précédemment se focalisent sur la partie interface de ce qui est seulement une validation.

Cette approche offre l'avantage certain d'envisager le RNC, et donc le processus de développement menant à une solution de détection de mélanomes, dans son entièreté. Il nous semble néanmoins que considérer sa genèse, en la décomposant en deux phases, permet d'envisager le RNC dans la dualité de ses fonctions : apprendre et prédire. Le scinder permet aussi de distinguer ce qui est effectivement vérifié et ce qui est effectivement validé pour chaque item. L'IA#1 peut être structurée et programmée, puis vérifiée, la documentation des tests étant répertoriées à travers le standard 829^{TM462}. En tant que logiciel programmé, la tension épistémique est résolue par l'application de schèmes de management du développement logiciel acceptables par l'ensemble de la communauté de pratique informatique. Le programme est ainsi planifié, managé, contrôlé puis évalué pour pouvoir exhiber la preuve de la vérifié quant à la bonne réalisation de son architecture et de sa programmation afin que ses spécifications fonctionnelles puissent être validées. Mais est-il possible de valider l'IA#1 en tant que telle, c'est-à-dire dans sa fonction d'apprentissage ?

En ce qui concerne le second objet IA#2, il est le résultat d'un apprentissage expérimental de l'objet IA#1, en choisissant un dataset [D] comme fondement empirique. L'objet IA#2 devrait donc être évalué de façon à valider que la connaissance acquise conduit bien à des jugements qui sont conformes à ce que les connaissances humaines existantes prédisent dans les mêmes circonstances expérimentales. Si nous considérons l'objet IA#2 en tant qu'artefact technologique, il peut être validé mais non vérifié selon les standards que nous avons mentionnés précédemment.

Considérons maintenant les modalités effectives de validation. Si nous considérons que l'IA#2 est le résultat d'une expérience de sciences de la nature, la preuve qui doit être apportée doit suivre les standards épistémiques de la science dont il est question, ce que Sallantin (1999, p.257) appelle l'adéquation épistémique. Par exemple, dans le cas d'un logiciel dont l'objet est la détection de mélanomes sur la base d'images de dermoscopies, il devrait être validé selon les standards des essais cliniques. Enfin si nous considérons que l'IA#1, en tant que dispositif d'apprentissage, a pour fonction la modélisation formelle de connaissances grâce à l'utilisation de mathématiques

462Standard for Software and System Test Documentation, last version in 2008

appliquées, il doit être prouvé à travers un cadre probatoire structuré autour de la logique ou d'une logique à définir. En disant cela, nous re-confirmons que les recherches déjà discutées valident bien la fonction de détection des mélanomes, vérifient bien l'état des connaissances du *dataset*, mais ne rapportent pas la vérification de l'architecture et de la programmation de la fonction d'apprentissage. La tension épistémique se situe donc dans l'articulation de la validation de la fonction apprentissage et de la vérification de la fonction prédictive. Pour résoudre cette tension, il faudrait être en capacité d'inspecter le réseau de neurones, ce qui est humainement impossible. La résolution de cette tension peut aussi être envisagée à l'aune du concept de rigueur déployé par Tymoczko (1980, p.133). Si, comme il le prétend, “ce qui est rigoureux n'est pas vérifié”, peut-être pouvons nous accepter une preuve de la rigueur computationnelle de l'apprentissage en guise de vérification de l'IA#2 ?

Il est sans doute possible d'envisager une conception alternative du développement d'un RNC afin de contourner cet écueil, conception qui s'adapte bien aux cas particuliers des expériences de Esteva (2017) et Haenssle (2018)⁴⁶³. Considérons alors le RNC ni de façon unitaire, ni en le décomposant de façon génétique. Admettons que le *dataset* [D] soit, non pas une série discrète de paires (image, étiquette) de description statique de connaissances à apprendre, mais un le code source d'un programme dynamique de savoirs, écrit dans un langage informatique dédié [L], et qui permette de réaliser la détection de mélanomes. Admettons alors que le programme IA#2 soit ce même programme de détection de mélanomes mais codé dans un langage que nous qualifierons abusivement de langage-machine⁴⁶⁴. Selon ces axiomes, le programme IA#1, qui était précédemment un programme d'apprentissage, devient une forme de compilateur permettant de traduire le code de n'importe quel [D] écrit dans [L] dans sa version compilée IA#2. Le problème de V&V devient alors double puisqu'il s'agit d'une part de vérifier et valider le compilateur IA#1 du langage [L], puis de vérifier le code [D] et valider sa version compilée IA#2. Concevoir de cette façon le machine learning renvoie la validation de IA#1 à une méthodologie de validation de compilateurs, et la vérification de [D] à beaucoup plus que le concept de “correctness” des connaissances envisagé par Pullum (2007). De fait, la vérification de [D] imposerait alors d'être en mesure de formaliser [L], avec sa syntaxe et sa sémantique. Cette proposition conceptuelle, si elle évite l'écueil de la validation de IA#1 et la vérification de #IA2, se heurte néanmoins à ce nouvel écueil de la formalisation d'un langage formel de description de savoir-faire.

Approche Logique

463Qui rappelons-le, utilisent chacune un RNC générique pré-programmé.

464Dans la mesure où ce langage n'est compréhensible que par la machine

Par ailleurs, si nous devons opter pour une approche logique des processus de machine learning, la question qui émerge est celle du choix de la logique qui devrait être utilisée pour valider formellement le logiciel résultant de l'apprentissage, donc que ses processus constitutifs produisent logiquement des résultats “vrais”. La vérité formelle est une assertion qui nécessite une preuve et les preuves peuvent être déployées de différentes manières. Classiquement en montrant la vérité d'une assertion dans le déploiement extensif de toutes ses occurrences possibles, ou à travers une argumentation causale utilisant la syllogistique aristotélicienne, la logique modale ou encore une autre théorie d'inférence formelle acceptable au sein de la communauté de pratique des mathématiciens et logiciens.

Nous avons vu que l'apprentissage supervisé en ML était basé sur un *dataset*, c'est à dire sur un ensemble de résultats empiriques particuliers qui doit permettre après apprentissage de calculer un résultat sur la base de n'importe quelle nouvelle donnée empirique non présente dans le dataset. Il s'agit donc de la capacité d'inférer des propositions calculatoires générales à partir des propositions particulières qui forment le dataset. Nous rappelons ici la définition de l'induction par Mill (1882, p.208, traduction par l'auteur) : “*L'induction peut être définie comme l'opération de découvrir et de prouver des propositions générales.*”

Par “prouver”, Mill entend inférer en accord avec son *System of Logic*. Ainsi, qualifier les processus de ML d'inductifs parce qu'ils procèdent de ce mouvement allant du particulier au général semble acceptable, pour autant qualifier la logique à l'oeuvre comme étant l'induction nous semble excessif sans que la preuve inductive formelle vienne valider cette prétention.

Il existe cependant quelques théorèmes qui permettent de prouver certains des comportements des logiciels de ML. Ces théorèmes fournissent un cadre logique aux computations qui ont lieu lors de l'apprentissage. Cela étant, ils ne prouvent formellement ni la validité de la re-présentation du dataset dans l'espace cible ni la validité des résultats prédictifs pour une donnée non apprise. Ils offrent des preuves par exemples que sous certaines conditions un domaine de connaissance de dimension infinie est “apprenable”⁴⁶⁵, que le processus d'apprentissage peut converger vers un modèle stable⁴⁶⁶ et que ses prédictions peuvent être “probablement approximativement correctes”⁴⁶⁷. Pour autant, ils ne prouvent pas que le domaine de connaissance soit “apprenable” avec un coût de “temps-machine” réaliste, que le point de convergence de l'apprentissage doive être un optimum global et non local, ou encore que la représentation apprise est formellement libre

465Shalev-Schwartz et Ben-David (2014, p.48)

466Cette stabilité d'un réseau de neurones particulier peut être vérifiée, par exemple à l'aide de fonctions de Lyapunov, voir Pullum et al (2007, p.26)

467Ibid p.22, traduction par l'auteur

de biais.

Il ressort de ce chapitre l'incapacité dans laquelle nous nous trouvons à élaborer un processus fiable de vérification et validation ou encore de preuve d'un réseau de neurones. Stéphane Mallat (2019) résume ainsi la position épistémique ambiguë des réseaux de neurones, dans son cours au Collège de France: “Le Machine Learning donne des résultats spectaculaires mais nous ne savons pas dire pourquoi”. D'une certaine façon, cette situation est analogue à celle des machines à vapeur de la fin du XVIII^e au début du XIX^e siècle lorsque la puissance de la vapeur était déjà utilisée efficacement avant même la théorisation de la thermodynamique. À ce jour, les réseaux de neurones sont utilisés pour leur efficacité à réaliser certaines tâches, les expériences que nous avons évoquées “montrent” une efficacité, une performance mais ne peuvent démontrer. Il nous manque donc une véritable théorie complète des réseaux de neurones, soit sous une forme logico-mathématique, soit sous une forme linguistique, à moins que, à l'instar du problème des quatre couleurs, il ne faille développer des programmes, prenant sans doute eux aussi la forme technique de réseaux de neurones, qui les “prouvent”.

In fine, une véritable limitation épistémique de ces RNC réside bien dans l'assymétrie de leur statut hybride, à la fois machine permettant de réaliser une tâche (cognitive), et instrument de manipulation de connaissances, voire de représentation et de déploiement de connaissances. En tant que machine fonctionnelle, nous avons déjà observé l'amélioration des savoir-faire qui l'ont rendue de plus en plus performante, de la même façon que l'on a observé l'augmentation de la puissance développée entre le fardier de Cugnot en 1769 et la locomotive de Trevithick en 1803 sans que la théorie thermodynamique ne vienne corroborer et expliquer l'évolution. En tant qu'instrument de connaissance, il manque la structure théorique expliquant le comportement d'un tel artefact. Avant de développer sa théorie théermodynamique, Sadi Carnot (1878, p.1) introduit son propos avec un :

“ Personne n'ignore que la chaleur peut être la cause du mouvement, qu'elle possède même une grande puissance motrice: les machines à vapeur, aujourd'hui si répandues, en sont une preuve parlant à tous les yeux.”

Les expériences performatives sont aujourd'hui une « preuve parlant à tous les yeux » de la capacité des réseaux de neurones à reconnaître des images. Mais la preuve de l'efficacité vaut savoir-faire technique et non pas savoir-savoir, à moins d'accepter l'assertion de Horkheimer et Adorno (1974, p.31) selon laquelle « l'homme de science connaît les choses dans la mesure où il sait les faire ».

3. Fonctions et Narration des expériences

Ces expériences peuvent être considérées en tant qu'artefacts techniques, à ce titre, lors de leur construction, leurs concepteurs leur ont assigné une ou des fonction-type. Selon le contexte de chaque expérience, ces fonctions peuvent être différentes, engageant à chaque fois une intentionnalité propre à chaque équipe de recherche. Mais outre l'intentionnalité fondant la fonction-type, ces expériences peuvent aussi revêtir des fonctions d'usage et encore des fonctions systémiques⁴⁶⁸ selon l'appropriation qui peut en être faite ou encore le sens que peuvent prendre ces expériences au sein d'un système, de santé publique par exemple.

La construction des faits expérimentaux est structurée, selon les cas, autour du développement d'un réseau de neurones, de son entraînement, de son test. Ces constructions sont les moyens permettant de rendre ces expériences fonctionnelles. La première mention d'une fonction-type, commune à l'ensemble des études, est celle d'une réponse technique performante au problème de santé publique constitué par le mélanome. Les programmes de recherche ainsi engagés ont ainsi tous pour un objectif immédiat de montrer une performance technique, de montrer que la technologie computationnelle des réseaux de neurones, réputée efficace pour la reconnaissance d'images, peut être appliquée avantageusement au problème pré-existant de la détection précoce des mélanomes. En énonçant ainsi leur objectif, ils répondent au recrutement que l'ISIC a engagé à travers l'organisation de son Symposium. Ainsi, non seulement les équipes de recherches traduisent sans détour les intérêts de l'ISIC et de l'industrie qu'elle représente, mais il y a aussi constitution d'un réseau d'alliances autour du programme de recherche structuré par l'ISIC. Qui plus est, si, à l'instar de Bruno Latour⁴⁶⁹, on envisage que les acteurs de ce réseau puisse ne pas être exclusivement humains, on peut considérer qu'un acteur supplémentaire a été convoqué et recruté, c'est l'Intelligence Artificielle, en tant qu'entité symbolique représentant une forme de *Zeitgeist*, d'esprit de la modernité de notre époque, qui survalorise *a priori* la promesse d'une performance artefactuelle y faisant explicitement référence.

L'intention première des études portant sur la détection des mélanomes assistée par ordinateur est plus largement la technique en tant que dispositif agissant, dispositif automatisé⁴⁷⁰, objectivant le réel et permettant une démocratisation de l'accès à l'expertise dermatologique⁴⁷¹, à travers par

468 Pour un développement des fonctions techniques, on se référera à Kroes (2010)

469 Par exemple Latour (2005, pp.308-309), mais dans de nombreuses autres occurrences, il évoque la possibilité que les acteurs d'alliances puissent être des entités humaines bien sûr, mais aussi techniques, scientifiques, biologiques ou encore animales.

470 Voir Esteva (2017)

471 Voir Codella (2017), Pacheco (2019) ou encore Mc Lellan (2020)

exemple des applications mobiles⁴⁷². Il s'agit dès lors bien d'expériences performatives de légitimation de l'application pratique des RNC au contexte de la détection des mélanomes. Plus précisément, à travers les premières expériences, construites autour du développement et d'amélioration de RNC, il s'agit d'abord d'en légitimer le concept novateur. Lors des expériences qui leur font suite, il n'y a plus développement d'un réseau de neurones expérimental mais utilisation de solutions existantes fournies par des « *majors* »⁴⁷³ de l'IA. Ce changement dans la structure de l'expérience induit un changement de statut de l'objet RNC : d'objet nouveau, conçu *de novo* pour les besoins de l'expérience, il devient objet ancien, existant préalablement à l'expérience, standardisé et déjà porteur de compétences supposées avérées. Cet appui sur des alliés, extérieurs à la dermatologie et à l'imagerie médicale, permet d'entamer un processus de familiarisation qui réifie la machine RNC, la transforme en un « fait » indiscutable, qui permet de convaincre, de vaincre les résistances des sceptiques⁴⁷⁴. Il y a en fait convergence d'intérêts puisque, en contrepartie, ces expériences, dans leur fonction systémique d'inscription de l'intelligence artificielle dans la culture médicale, permettent de renforcer la position des « *majors* » de l'IA. Ces dernières, tout en ayant délégué cette tâche, peuvent dès lors se prévaloir d'expériences concluantes dans un contexte médical « à risque », réputé comme nécessitant rigueur et preuve. Qui plus est, cette accumulation, cette stratification d'expériences, les précédentes étant appropriées et citées par les suivantes en se renforçant mutuellement, cette répétition de performances comparatives entre homme et machine, semblent finalement commander la confirmation de la compétence des réseaux de neurones en ce qui concerne la détection des mélanomes. D'un point de vue systémique, à travers cette inscription de l'IA dans l'environnement médical, on observe une convergence des intérêts des industries tant de l'IA que de l'imagerie médicale, la première participant de façon transversale, dans une forme d'alliance tacite, au renforcement du système de la seconde. Dans cette alliance, il est en fait difficile de dire qui a recruté qui, chaque industrie poursuivant des intérêts explicites et implicites qui lui sont propres et qui se renforcent mutuellement.

Enfin, Haenssle (2020) et Winkler (2020), lorsqu'ils construisent leurs expériences visant à étudier le système Moleanalyzer-Pro[®], finalisent l'empilement de strates visant à l'adhésion au programme de recherche. Leur objet n'est plus conceptuel, il ne s'agit plus seulement d'un objet devenu familier, mais de finalement légitimer un produit commercial, opérationnel, qui a été certifié. Le concepteur de ce produit a besoin d'alliés, de porte-paroles au sein du système médical

472 Voir Codella (2017), Haenssle (2018) ou Han (2018)

473 Les entreprises majeures de l'IA sont souvent citées comme étant les GAFAM

474 Pour plus de détails sur ce processus, voir Bruno Latour (2005, pp.220-228)

qui, en participant à la construction du « fait » Moleanalyzer-Pro[®], permettent de convaincre, non plus de la validité d'un concept expérimental, mais d'une compétence opérationnelle. Ces dernières expériences ont donc une fonction de facilitation de la diffusion du « fait » commercial. On notera le rôle nodal du Pr. Haenssle, en relation avec Fotofinder, dans l'organisation de programmes de recherche, jusqu'à la validation de l'objet commercial, véritable porte-parole dont la force de la position s'est accrue avec l'avènement de Moleanalyzer-Pro[®]; de la même façon que le Pr. Stolz avait constitué sa position au sein du réseau de la dermatoscopie, dans les années 1990, en relation avec la société Heine, et de la même façon que le Pr Stoecker a tenté de constituer une position dans le diagnostic assisté par ordinateur dans les années 1980, sans que sa position universitaire soit étayée au sein d'un véritable réseau par un allié, une industrie, un système.

Néanmoins, si l'on considère, comme nous l'avons fait précédemment, que l'objet réseau de neurones est en fait dual, à la fois objet technique tourné vers l'action et la décision et aussi objet de connaissance, qu'en est-il de cet objet épistémique, tourné vers la formulation de savoirs portant sur la simulation de la cognition. Elle n'apparaît pas directement en tant qu'intention explicite de ces programmes de recherche. Dans ce qui précède, et dans une forme de continuité historique⁴⁷⁵, cette question, et les enjeux qui l'entourent, enjeux systémiques, sociaux, éthiques, ne sont qu'évoqués⁴⁷⁶, sans faire l'objet d'une étude spécifique, sans faire l'objet d'une narration didactique, de ce que Sérís (2013, p.8) nomme un discours-savoir. La question portant sur ce que le mode de fonctionnement des réseaux de neurones dit de la cognition humaine, n'est pas évoquée, dans un mouvement de décorrélation de la technique vis-à-vis, à la fois de la cognition qu'elle simule, et du projet de neurosciences portant sur la compréhension de la cognition, et peut-être aussi dans un mouvement visant à la « prépondérance de la machine par rapport au geste technique »⁴⁷⁷, et ici, au geste cognitif. De plus, ce que son mode de fonctionnement engage dans sa relation à un contexte socio-culturel médical, ou au système médical, n'est pas non plus évoqué.

Ainsi, à cet endroit de notre recherche, nous n'avons pas évoqué les thématiques, pourtant particulièrement prégnantes aujourd'hui, d'explicabilité, d'interprétabilité, d'intelligibilité, de transparence, d'éthique, qui, au-delà d'une compétence, engagent une relation à d'autres acteurs. Nous ne les avons pas encore évoquées parce que les programmes de recherche performatifs sur lesquels nous nous sommes appuyés jusqu'ici ne les évoquent pas, à l'exception sans doute de

475 Jones (2018, p.677) nous rappelle que dès les années 1960 la recherche en reconnaissance d'images était orientée dans une démarche spécifiquement instrumentale de transformation du problème initialement posé en un problème de classification, la question de la compréhension du fonctionnement du cerveau étant déjà éludée.

476 Par exemple dans Pacheco (2019)

477 Sérís (2013, p.6)

l'objectivité, qui semble, pour ceux-ci, aller de soi. Ceux-ci exhibent des performances, mettent en concurrence la machine avec l'homme dans une dialectique d'automatisation, voire de remplacement de l'homme récurrente depuis les promesses du congrès de Dartmouth en 1957, et plus encore exploitent⁴⁷⁸ la narration symbolique associée aux concept anthropomorphique d'intelligence artificielle, pour autant, ils n'envisagent pas les réseaux de neurones pour les objets épistémiques qu'ils sont, ni pour les objets sociaux et systémiques qu'ils deviendront après leur implémentation. La narration de la validation pragmatiste de ces objets en est sans nul doute une démonstration, visant à convaincre en l'efficacité et l'acceptabilité d'un acte cognitif artificiel, sans pour autant que la responsabilité sociale et technique des « individus producteurs de connaissance »⁴⁷⁹ ne soit mise en perspective. Et pourtant, c'est à cet endroit que se situent de nombreuses controverses qui animent les questions relatives à l'intelligence artificielle, que les programmes de recherche que nous avons évoqués semblent vouloir éluder, les laissant à la philosophie des sciences et techniques.

478 Sans doute abusivement

479 Op.cit. Sallantin et Szczeciniarz (1999, p.2)

Quatrième Partie

**Transformation des
modalités de détection du
mélanome**

Les expériences que nous avons vues dans la partie précédente disent leurs résultats, les performances des artefacts étudiés, réduisant *de facto* le problème de la décision médicale au problème de l'établissement du diagnostic, celui-ci étant lui-même réduit de façon pragmatiste à son seul résultat. Dans cette partie, il va s'agir pour nous de ne plus opérer cette réduction, mais d'étudier justement l'articulation entre acte diagnostique et décision thérapeutique, et sa transformation lorsque l'acte diagnostique est réalisé par un réseau de neurones. Cette articulation est bien entendu épistémique, faisant intervenir la transmission de savoirs, et elle devient aussi sociale dans la mesure où, en sus du sujet humain, intervient un nouveau « sujet » artefactuel. Dans ce cadre, nous allons considérer, une fois encore, l'objet réseau de neurones en tant qu'objet dual, à la fois épistémique et technique, afin de comprendre, en particulier, la structuration des nouveaux savoirs techniques et *in fine* les attributs épistémiques dont peuvent se prévaloir les résultats-diagnostic lorsqu'ils sont communiqués. Par attributs épistémiques, nous entendons ici l'ensemble des éléments attachés explicitement ou implicitement au résultat proposé, et qui permettent au sujet qui doit prendre la décision de croire en la validité de celui-ci ; et qui permettent aussi à ce sujet de comprendre le sens que ce résultat peut revêtir, et l'explication qui peut éventuellement en être donnée, à partir des conditions qui sous-tendent son calcul.

Transformation des éléments du modèle sémiologique : objectivité et caractère explicite

Rappelons une fois encore la définition d'un modèle au sens de Marvin Minsky (1965, p.45) : « *To an observer B, an object A* is a model of an object A to the extent that B can use A* to answer questions that interest him about A* ».

Cette articulation engage donc plusieurs types d'éléments : d'une part un objet-modèle A* qui doit être observé en lieu et place de l'objet réel A ; il y a d'autre part l'observateur B du modèle, le sujet de l'observation ; enfin entre A* et B, il y a un acte d'observation et les modalités qui lui sont associées. Dans ce qui suit, nous allons envisager de quelle façon ces éléments ont été transformés dans le passage d'une détection de mélanomes par le dermatologue jusqu'à une détection artefactuelle par un réseau de neurones.

1. De la lésion réelle observée à sa représentation artefactuelle

Le passage de la lésion réelle à sa représentation par le réseau de neurones se fait de façon progressive, lors de l'apprentissage, lorsqu'il s'agit justement de construire ces modalités de représentation des phénomènes réels figurant dans le *dataset*, puis dans l'application de ces modalités à une lésion particulière. Il va s'agir ici de comprendre la progression de la transformation de la représentation du réel, les régimes d'objectivité qui sont sous-tendus par cette transformation, et le caractère explicite ou implicite des modalités de cette transformation, étape par étape.

Le Phénomène Réel

Le phénomène réel est constitué par l'ensemble de la surface cutanée qui se donne à la perception du dermatologue, ce qui lui permet de considérer chaque lésion, chaque zone, pour ce qu'elle est, et aussi de façon contingente au reste de la peau inspectée. Le phénomène réel est donné à l'ensemble des sens du clinicien, à la vue bien sûr mais aussi au toucher. Il devient par la suite clinique en se voyant adjoindre les informations issues de l'anamnèse. La relation du clinicien au réel est donc une relation perceptive, le faisant directement intervenir en tant que sujet, mais un sujet épistémique, au sens de Jean Piaget (1950, pp.194-195), un sujet bénéficiant d'une structure de connaissance générale, partagée avec les autres dermatologues cliniciens, quant bien même leurs expériences individuelles seraient différentes, enfin un sujet expert en capacité de jugement exercé.

L'image

Ainsi que le peignait Magritte⁴⁸⁰, l'image n'est pas l'objet qu'elle représente. L'image rend compte du phénomène réel, elle en est une projection mécanisée, linéairement, en deux dimensions. Elle en représente donc la superficialité accessible, mais en aucun cas sa complexité tri-dimensionnelle dans sa matérialité physique et moins encore la complexité du réel cellulaire et génétique. Il y a donc une forme d'écrasement de certaines des informations perceptives que le réel véhiculait, donc sa simplification. La dimension mécanique de ce traitement du réel engage un mouvement d'objectivation, voire de réification, opérant une première mise à distance du sujet-médecin par rapport au réel observable ; en même temps que la médiation du réel par l'image engage un mouvement implicite d'adéquation de l'image à l'objet réel, d'attribution des qualités du réel à une image qui pourtant le réduit.

Par ailleurs, s'intéresser à une image, c'est par ailleurs limiter le champ de l'étude de l'objet qu'elle représente aux frontières qui sont imposées par le cadre de l'image. Pourtant, le monde intérieur et le monde extérieur sont liés, la compréhension de ce qui est intérieur au cadre de l'image est contingent à ce qui lui est extérieur. C'est d'ailleurs le processus de diagnostic par le dermatologue qui examine attentivement l'ensemble de la surface cutanée du corps, cherche non pas seulement des lésions suspectes en tant que telles mais aussi des lésions suspectes parce que différentes des autres (« *ugly duck sign* »)

Espace de l'Atlas (le dataset)

480Magritte René, *La Trahison des Images*, Huile sur toile, Musée d'Art Moderne de Bruxelles, 1928-1929

Pour rappel, l'apprentissage supervisé suppose l'établissement d'un *dataset* qui forme une sorte de fondement empirique à l'apprentissage qui va suivre⁴⁸¹. Ce *dataset* est une collection de paires comprenant d'une part des images rendant compte de phénomènes réels, et d'autre part des étiquettes rendant compte du diagnostic associé à l'image. L'image mécanique se voit donc adjoindre une information qui lui donne un sens.

La première question qui se pose est celle de l'histoire des modalités de sélection des images du *dataset*, histoire qui a un fondement téléologique dans ce sens que la sélection des images est établie dans une finalité particulière, par exemple pour que les images du *dataset* soient représentatives de la diversité d'un réel, ou encore en éliminant les images de cas particuliers non significatifs. Dès ce premier moment précédant l'établissement même de l'ensemble d'échantillons, il y a déjà une forme de subjectivité dans la détermination même des réels possibles ; cette détermination peut être intentionnelle lorsqu'il s'agit de définir les caractéristiques normatives de ce que l'on entend représenter, auquel cas elle est *a priori* explicite, et elle peut être contrainte, par exemple lorsqu'elle est inhérente à la base de données d'images utilisée, auquel cas elle peut être implicite ou être explicitée *a posteriori*⁴⁸². D'un point de vue épistémologique, on dira qu'il y a là un biais potentiel.

La collection d'images est donc créée. Si les images contribuent à objectiver le réel, les étiquettes sont le résultat d'inférences humaines, elles sont porteuses de signifiants d'une part de la théorie qui en est le support, mais aussi des heuristiques spécifiques déployées par les opérateurs humains qui les ont produites. La collection d'images étiquetées se présente donc comme un Atlas combinant à la fois des images résultant d'un processus mécaniquement objectif, et une expertise, le jugement exercé et normatif d'un expert qui a permis d'associer chaque image à un diagnostic, combinaison de théorie porteuse de vertus épistémiques et objectives et d'heuristiques au moins en partie subjectives issues de l'expérience du sujet-expert vis-à-vis de son objet d'expertise. Cet Atlas n'est pas qu'une collection, c'est aussi un médium de re-collection, un médium alternatif à une mémoire expérientielle, accessible cette fois-ci de façon objective et non plus tacite.

Ici, les phénomènes et leur jugement associé sont mis à plat, de façon indiscriminée, nulle histoire, nulle narration, nul tacite apparent, tout semble être montré explicitement.

L'enregistrement numérique des photos et de leur jugement associé rendent leur accessibilité explicite lorsque celle-ci était auparavant de l'ordre de la mémorisation tacite d'objets

481 On se reportera à la partie III, chapitre I.2. pour plus de détails

482 C'est le cas, par exemple, de Haenssle et al (2018), tout du moins partiellement, qui décline *a posteriori* les caractéristiques générales des images étiquetées utilisées, sans nécessairement expliciter de quelle façon les images étaient représentatives de certaines formes de réel, au delà de la taxonomie générale des mélanomes.

expérientiels.

L'objet apparaît donc tel que, objectif, sans que le sujet-observateur ait à transiger. De fait, la négociation qui a fait passer de l'implicite à l'explicite a été faite en amont, à la fois par le recours mécanisé à l'image, et dans les modalités apparentes de détermination des étiquettes, celles-ci semblant elles-aussi avoir été objectivées. Par exemple, Haenssle et al (2018) expliquent la provenance des images mais ne spécifient à aucun moment la provenance des étiquettes de diagnostic, qui sont bien entendu générées par des praticiens humains selon des modalités classiques.

Malgré donc l'apparente objectivité -mécanisée- de l'atlas d'images, la théorie et les heuristiques qui présidaient au diagnostic chez le médecin sont toujours présentes. Néanmoins, la théorie est devenue implicite, non dite. Néanmoins aussi, les modalités logiques d'inférence, les heuristiques, ont été gommées en même temps que leur auteur, en même temps que le régime de subjectivité qui leur était associé.

La transformation qui fait passer à l'ordre du *dataset*, et la réduction du réel à une collection d'échantillons s'est donc faite par la mécanisation de ce qui relevait auparavant de la subjectivité mémorielle du médecin, rendant cette mémoire à la fois explicite et objective. Mais elle n'en est pas moins toujours porteuse de façon tacite de la théorie et des modalités de raisonnement des praticiens. De plus, la temporalité mémorielle a été gommée, le sujet-auteur des diagnostics a été effacé, celui-ci peut d'ailleurs être multiple sans que l'on ne le sache, et l'étiquetage contingent à de multiples rationalités et de multiples régimes d'objectivité-subjectivité. D'un point de vue épistémologique, on pourra aussi s'interroger sur ce qui n'est pas dit, sur les éléments manquant à la narration mémorielle proposée.

Espace d'Entrée

Chaque image y est ici mécaniquement représentée au sein de la première couche neuronale. Pour ce faire, elle est décomposée en pixels ou en tuiles⁴⁸³ dans le cas d'un réseau convolutif, déconstruite, sans que la syntaxe tacite de l'image soit formalisée et explicitement maintenue. Le pouvoir tacite humain, qui règle selon Michael Polanyi la capacité à la reconnaissance visuelle, ne peut plus s'appliquer, ce lien tacite existant entre éléments de l'image et qui, pour l'homme, lui donnent un sens lorsque celle-ci est entière, est effacé. La sémantique théorique, dont l'étiquette est

⁴⁸³Dans le cas d'une première couche de convolution, l'image est décomposée en tuiles (sous-rectangles de l'image) dont les dimensions sont des hyperparamètres définis par le datascientist : dans le cas d'AlexNet, la décomposition est réalisée en tuiles de 11x11 pixels.

le résultat, et qui permet de déterminer les mots, les traits, qui disent l'image, n'est plus dite. Tous les éléments qui donnent son sens à l'image restent implicites. L'image se voit donc privée de sa structure sémiologique, tout du moins celle qui était nécessaire à sa compréhension par le sujet humain. Cette opération de déconstruction et de convolution se fait de manière mécanique, mais seulement une fois que ses hyperparamètres et plus généralement ses modalités fonctionnelles ont été définis grâce à l'expertise et au jugement exercé du *datascientist*.

Par ailleurs, en vue de sa manipulation ultérieure, se pose le problème de la dimensionnalité. Une image de 1000x1000 pixels est alors signifiée dans un espace de dimension 10^6 (ou 3×10^6 en couleurs) ce qui dépasse les capacités calculatoires classiques. Il est donc nécessaire de changer d'échelle pour les rendre exploitables pratiquement. Les couches de convolution et de *pooling* permettent d'opérer non plus sur des pixels mais sur des tuiles de pixels dont on peut réduire la taille sans perdre les attributs significatifs ; et d'autres techniques de réduction de la dimensionnalité sont disponibles, exploitant des hypothèses⁴⁸⁴ auxiliaires qui permettent de simplifier l'expression des données, à travers l'existence de régularités, ou la présence de dimensions contenant uniquement du bruit et qui ne sont donc pas signifiantes. Ces techniques, et en particulier la convolution suivie de *pooling*, ont été amplement théorisées d'un point de vue mathématique⁴⁸⁵, leur usage a été validé de façon pragmatiste⁴⁸⁶, de telle sorte qu'il y a une forme d'objectivité de consensus à les utiliser dans de nouvelles applications de reconnaissance d'image ; de telle sorte que la nature des hypothèses qui sont alors faites relève de l'implicite, que même le choix de la fonction de pooling, le choix des dimensions des tuiles de pixels, et plus généralement du paramétrage de ces couches font l'objet d'un éventuel compte-rendu, les rendant alors explicites, mais sans que le régime d'objectivité qui a présidé à ces choix techniques ne soit évoqué. Qui plus est, l'usage de ces solutions peut être implicite, à travers le *design* d'une architecture utilisant des briques logicielles pré-programmées. La méthodologie actuelle de construction de réseaux de neurones relève à ce titre de ce que, par analogie avec Latour (2005), nous pourrions nommer une stratégie de la boîte noire, intégrant des briques logicielles développées par d'autres et pré-validées, elles-mêmes empruntant des procédures pré-existantes dans des bibliothèques logicielles, l'usage généralisé et libre de telles procédures et de telles briques en légitimant *in fine* la validité.

484Que Jebeile (2019) nomme des abstractions

485On se reportera en particulier à Yann LeCun et al (1998)

486En particulier lors du Challenge de l'ILSVRC et AlexNet

Considérons dans un premier temps l'apprentissage. Nous ne reviendrons pas en détail sur les principes fondateurs de l'apprentissage, déjà évoqués dans la partie précédente, mais rappelons que celui-ci est un processus de computation d'approximations, pas à pas, d'une fonction qui permette d'optimiser la représentation des éléments d'un *dataset*. Il y a donc une co-construction, à la fois de la représentation des données de ce *dataset* dans l'espace cible, et des modalités de cette représentation, d'une fonction qui pourra être utilisée ultérieurement pour représenter n'importe quelle autre image de lésion cutanée.

Cette phase consiste en la computation de l'ensemble des paramètres neuronaux des couches « totalement connectées », que nous nommerons [PN]. Au démarrage, [PN] est le plus souvent fixé de façon aléatoire, donc sans intervention humaine, et permet le calcul d'une première représentation à partir de laquelle on peut calculer en sortie une fonction d'erreur, de distance à la vérité, à partir de laquelle on peut ajuster [PN], calculer etc... Ce processus d'ajustement pas à pas est bien différent de celui que nous avons pu évoquer dans le développement des logiciels déterministes des années 1990. Dans ce cas, les hypothèses étaient émises par le sujet humain et testées de façon automatisée. Dans le cas des réseaux de neurones, le point de départ n'est pas une hypothèse définie *a priori* mais une valeur de [PN] aléatoire, définie mécaniquement ; le test de chaque [PN] n'a pas pour vocation de le valider ou de l'invalider mais de calculer l'ajustement qui doit le faire progresser vers une valeur correcte *a posteriori*. En ce qui concerne les logiciels de DAO des années 1990⁴⁸⁷, la méthodologie de recherche consistait à émettre *a priori*, et subjectivement, des hypothèses de templates simulant les traits ABCD de la théorie de Friedman, et de les tester mécaniquement et objectivement ; dans le cas des RNC, il n'y a plus d'attributs, plus d'hypothèse scientifique *a priori* visant à simuler une théorie existante, il s'agit de simuler non pas une théorie mais l'apprentissage d'un savoir-faire dont l'hypothèse est qu'il est représenté par une fonction neuronale, elle-même totalement déterminée par la valeur de [PN]. Il ne s'agit donc plus de tester une hypothèse élaborée *a priori*, mais de calculer [PN], pas à pas, à travers une mécanique objective, calcul qui doit *in fine* converger vers une valeur valide.

Les régimes d'objectivité qui s'articulent ne sont néanmoins pas aussi simples que semble l'indiquer la narration d'une mécanique computationnelle, d'une vision « aveugle » qui opère pas à pas. Ce processus se réalise aussi grâce au savoir-faire du *datascientist* à la fois pour la sélection du dispositif, ses décisions de paramétrage, son *fine tuning*. À cet endroit, le *data scientist* agit sur

487Vus dans la partie II

le modèle computationnel. Certes, son action peut être dictée par une forme d'objectivité issue du consensus d'une communauté de pratique, mais aussi, il tâtonne, procède par essais-erreurs, fait des choix idiosyncratiques. Cette partie du développement est souvent occultée car introduisant, de fait, à la fois des biais épistémologiques et une part de subjectivité et/ou de jugement exercé, soumis aux intentions du sujet-*datascientist* et aux décisions qu'il doit prendre pour les réaliser. Les motivations, les intentions, la rationalité qui conduisent ces choix sont alors rendus implicites.

En même temps qu'a été calculé ce [PN] valide, a été co-construit la représentation du *dataset*. Dans cet espace topologique de représentation, de dimension encore importante, les éléments du dataset sont alors représentés de façon vectorielle (ou tensorielle). Le RNC ne manipule plus des images photographiques ou dermatoscopiques, mais leurs représentations vectorielles (ou tensorielles), ce que nous nommerons des images topologiques.

Nous venons d'étudier les conditions d'objectivité d'un processus de recherche, intégrant des choix techniques, pour certains consensuels, pour d'autres arbitraires, pour certains explicites, pour d'autres implicites. Ce processus de recherche est un processus de construction empirique⁴⁸⁸ d'un prototype logiciel qui doit permettre la re-présentation *in silico* de n'importe quelle image de lésion et *in fine* le diagnostic. Les conditions de la représentation de l'image d'une lésion singulière présentée ultérieurement, voire du diagnostic qui lui fait suite, ne dépendent alors plus d'un quelconque sujet pensant. Comme c'était le cas lors du développement des DAO, il est donc de fait que cette représentation, puis ce diagnostic, vrai ou non, seront mécaniquement objectifs, sans l'interférence d'un quelconque sujet. Mais c'est bien l'objectivité des conditions de validité épistémique de ce diagnostic, et leur explicitation qui posent question.

2. Modalités d'observation

Dans ce qui précède, nous avons évoqué la façon dont les représentations du réel ont pu être transformées à travers l'apprentissage machine. Nous allons envisager ici la façon dont les « savoir-faire » humains en détection de mélanomes sont eux aussi transformés, re-construits de façon à être simulés.

Les modalités humaines de détection des mélanomes étaient fondées sur une base de données mémorielle d'expériences et une capacité à raisonner sur la base de règles formelles – issues du modèle sémiologique ABCD – et/ou d'heuristiques. Ainsi, le dermatologue interroge la lésion réelle en tant que signe qui se donne à observer.

⁴⁸⁸Puisque basé sur un ensemble de phénomènes empiriques

Dans la représentation qui en est faite par le réseau de neurones, c'est l'image topologique représentant⁴⁸⁹ une lésion donnée qui est donné à interroger. Lors de l'apprentissage machine, si le raisonnement dermatologique humain⁴⁹⁰ est présent, il l'est de façon implicite, dans les étiquettes qui accompagnent les images du dataset dans l'espace de l'Atlas⁴⁹¹. Ces étiquettes deviennent le support informant de la signification de la lésion, mais pas des modalités qui ont permis son établissement. Lors du processus de représentation des éléments du *dataset* dans l'espace cible, il y a eu un appauvrissement de l'information sémantique véhiculée, l'image de la lésion était un signe, qui renvoyait au réel et permettait une interprétation qui apportait une information nouvelle, la représentation topologique, devenue inaccessible⁴⁹², est devenue un signal qui ne renvoie aucune information supplémentaire, seulement la re-formulation de ce que nous pouvions déjà savoir sur la lésion. Cette fonction de représentation est de fait une fonction de transfert d'un médium visuel, accessible à l'homme, vers un médium numérique, quantifié, accessible uniquement aux processeurs d'un ordinateur. D'une certaine façon ce transfert de savoirs d'un médium vers un autre est aussi une manière de s'affranchir du sujet-dermatologue, en générant ce que Popper (1998, p.185) nomme finalement une « connaissance au sens objectif [qui est] une connaissance sans sujet connaissant ».

La procédure artefactuelle de catégorisation fonctionne sur un mode différent du modèle sémiologique humain ou de sa simulation par un logiciel déterministe de DAO. Chaque lésion étant représentée au sein de l'espace cible, lequel est muni d'une métrique, il est possible de quantifier la distance d'une image topologique à une autre. Il ne s'agit pas de « mesurer » la catégorie de la lésion ainsi représentée, comme nous avons vu que cela avait été le cas avec les logiciels des années 1990, en pré-déterminant les caractéristiques mesurables d'un archétype de la catégorie, mais de calculer une catégorisation, en comparant empiriquement le phénomène réel à évaluer avec les exemples déjà appris à partir du *dataset*. Il s'agit donc de simuler topologiquement, et quantitativement, le processus de catégorisation qu'un dermatologue pourrait engager lorsqu'il raisonne de façon intuitive, recherchant tacitement des similitudes entre la lésion observée et les lésions issues de sa mémoire expérientielle, recherchant ce que Ernst Mach (1908, p.227) nommait des « identités partielles ». Il y a donc ici une forme de *mimésis* de l'acte cognitif humain de diagnostic, une *mimésis* qui déplace l'identité partielle, qui valait identité catégorielle dans le monde réel, vers la proximité topologique dans l'espace cible de re-présentation, qui doit

489Il s'agit bien de présenter le réel à nouveau, dans un nouvel environnement d'observation.

490Et les régimes d'objectivité qui leur était associé

491 Voir chapitre précédent

492En fait, elle pourrait être formellement accessible mais la série de nombres représentant ses coordonnées spatiales n'aurait pour la peine que peu de sens pour un être humain.

valoir aussi identité catégorielle entre images topologiques.

Mais de la même façon que le *datascientist* est intervenu dans les choix techniques d'architecture et de paramétrage permettant de re-présenter les images, ses décisions sont toujours présentes dans le choix et le paramétrage de l'outil de catégorisation. Si l'on prend le cas simple où le choix se porte sur la procédure mécanisée « k-NN », il faut *a minima* définir le paramètre k, sur la base de la métrique utilisée pour calculer les distances entre images. Ainsi, une fois de plus, ce programme permet certes à une mécanisation et une objectivation du processus de catégorisation, mais les décisions techniques du sujet-*datascientist* introduisent une fois encore un jugement exercé, et les biais implicites qui vont avec. Ainsi, sous le couvert d'une apparente objectivité computationnelle, où la représentation tant de l'image que de sa signification ont été mécanisés calculatoirement, la subjectivité est toujours présente mais elle s'est déplacée en changeant de sujet, il n'est plus question de la subjectivité du médecin mais de la subjectivité du *datascientist*. Il y a eu une forme de transaction par déplacement de sujet. Par ailleurs, la subjectivité du *datascientist* est tacite, cachée au sein d'un système opaque de programmation, de paramétrage, de *fine tuning*, qui préside au développement du prototype de RNC.

3. Quel Sujet ?

Jusque là, nous avons considéré le référentiel à partir duquel envisager l'objectivité ou le caractère explicite comme étant centré sur le sujet humain, dermatologue ou *datascientist*. Nous pouvons aussi envisager que le sujet soit artefactuel, en considérant l'IA#2 de façon anthropomorphique en tant que sujet de l'action cognitive de prédiction, ou encore sujet de la représentation du réel cutané. Dans cette perspective, il ne s'agit pas pour nous de prêter à cet artefact une quelconque forme d'intelligence humaine, mais de postuler qu'il peut être regardé comme sujet de la compétence que le *datascientist* a participé à lui conférer. Sans pour autant parler de psychisme, on peut alors considérer qu'il est le siège de la représentation d'une mémoire d'expériences numérisées et représentées de façon topologique. Cette capacité à symboliser chaque expérience sous la forme d'une « image » topologique peut être assimilé à la capacité de ce que Jean Piaget nomme un « sujet individuel »⁴⁹³, dans la mesure où cette capacité est propre à ce sujet

493Piaget (1967, pp.14-15) : « Nous parlerons, d'autre part, de «sujet individuel» pour désigner ce qui reste propre à tel ou tel individu: par exemple, chacun peut symboliser cette série des nombres par une image mentale particulière... qui diffère d'un individu à l'autre. Le propre de la connaissance scientifique est de parvenir à une objectivité de plus en plus poussée par un double mouvement d'adéquation à l'objet et de décentration du sujet individuel dans la direction du sujet épistémique. » cité par http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/ModuleFJP001/index_gen_page.php?IDPAGE=320&IDMODULE=72, consulté le 19/07/2021

particulier en fonction des modalités spécifiques de son apprentissage. On peut aussi considérer qu'existe pour ce sujet un pouvoir, non plus tacite mais computationnel, à représenter n'importe quelle autre expérience de lésion au même format que celles qui ont déjà été mémorisées, et que des lois de proximité topologique lui permettent alors de classer cette nouvelle expérience relativement à celles déjà mémorisées. Alors, dans ce nouveau référentiel, les modalités de génération et de lecture de l'image topologique deviennent parfaitement explicites, mais elles deviennent éminemment subjectives dans la mesure où elles sont centrées sur le nouveau sujet.

Dit ainsi, la compétence de ce sujet est apparemment semblable à celles du musicien et du juge que Ernst Mach (1908, p.139) prend en exemples pour figurer l'idée de « concept »⁴⁹⁴. Dans le cadre de cette analogie, le sujet artefactuel devient un professionnel de la prédiction d'un diagnostic de lésions cutanées. Pour ce faire, il utilise des concepts généraux tels celui de représentation topologique et celui de proximité topologique et la lecture du programme de représentation puis de celui de catégorisation de perception donne « un sens tout à fait déterminé » à l'action entreprise. Mais, ainsi que le stipule Mach, pour que la lecture de ces programmes ait un sens, il faut « être du métier », ce qui en l'état, n'est pas le cas du dermatologue. Le sujet humain a une autre spécialité qui lui permet de lire la lésion cutanée par le truchement de la théorie ABCD lorsque le sujet artefactuel peut lire la représentation topologique de la lésion par le truchement du programme de catégorisation.

Il nous semble qu'il faille lire l'analogie de Mach encore un peu plus avant. Lorsqu'il utilise la formule « être du métier », il suppose l'existence préalable d'une communauté de « métier » qui définisse une compétence qui lui est propre, qui définisse une forme de compétence socio-épistémique. Alors, la différence entre sujet artefactuel et sujet humain ne se situe pas uniquement sur le plan de la seule compétence, mais aussi sur le statut de sujet qui est le leur, ainsi : le sujet artefactuel est individuel au sens de Piaget, ses « connaissances », issues de l'apprentissage, lui sont propres, et relèvent d'un mode idiosyncratique, lorsque le sujet humain, le dermatologue, est, lui, un sujet épistémique, dont les savoirs sont partagés par la communauté de tous les dermatologues. Mettre ainsi en avant le statut de sujet de l'IA#2 est donc aussi une façon de montrer les difficultés socio-épistémiques de l'artefact dans la communication et le partage de ses représentations.

494« Chaque profession a ses concepts qui lui sont propres. Le musicien lit sa partition, comme le juge ses lois, le pharmacien ses ordonnances, le cuisinier ses livres de cuisine, le mathématicien ou le physicien ses traités. Ce qui n'est pour le profane qu'un mot ou un signe creux, a pour le spécialiste un sens tout à fait déterminé, contient pour lui l'indication de manifestations bien exactement définies d'activité psychique ou physique. Mais il est indispensable qu'il soit vraiment du métier. »

Ainsi, cette idée de considérer l'artefact en tant que sujet renverse la façon d'envisager l'objet cutané par l'artefact : ce qui est transparent pour l'artefact peut être inaccessible ou du registre de la boîte noire pour le sujet humain ; ce qui est implicite pour le sujet humain peut en fait être parfaitement explicite pour le sujet artefactuel. Quant à l'objectivité, nous avons attribué aux représentations artefactuelles des lésions le régime d'objectivité mécanique, que nous avons néanmoins modulé à partir du jugement exercé voire de la subjectivité du sujet-*datascientist* qui avait participé au processus d'apprentissage. Envisager un référentiel épistémologique dans lequel l'artefact serait le sujet de l'observation transforme la façon de considérer la relation aux représentations « mécanisées » que celui-ci se fait du réel. Une forme nouvelle de subjectivité doit alors se substituer au régime d'objectivité précédent, qui était établi en référence à l'observateur humain. Qui plus est, ce nouveau sujet est « individuel », les modalités de son observation ne sont pas partagées d'un point de vue épistémique, les modalités des connaissances engagées non plus. Et c'est bien ce statut de sujet « individuel » qui pose problème : si l'artefact se révèle être un sujet compétent, il est autocentré, le régime de jugement exercé ne lui est pas accessible, l'objectivité par consensus non plus.

Partie IV, Chapitre II :

Modèles et Théorie

Dans son état de l'art, Jebeile (2019, p.33) recense trois types de modèles : (a) dans une conception linguistique, les modèles tels qu'envisagés par Mary Hesse (1966)⁴⁹⁵, en tant qu'analogies ; dans une conception sémantique, selon, par exemple, Bas Van Fraassen (1980), en tant qu'interprétations possibles d'une théorie ; ou encore, selon Nancy Cartwright en tant que « applications de théories à des situations concrètes particulières (...) : « ni complètement dérivables des théories, ni seulement des moyens d'organiser les données empiriques »⁴⁹⁶.

Pour reprendre cette dernière hypothèse, si les RNC apparaissent de façon claire comme un dispositif valide d'organisation des données empiriques, la question se pose quant à savoir dans quelle mesure l'application de programmes de catégorisation à cette organisation relève de l'application d'une théorie.

Il s'agit en l'état non seulement de comprendre si théorie sous-jacente il y a et dans quelle mesure nous pouvons établir une filiation de la théorie vers le modèle, ou plus largement les conditions d'émergence d'une telle théorie.

1. Un Modèle Théorique ?

Modèle et Théorie

Comme stipulé ci-dessus, il ne nous semble pas prêter à discussion le fait que la représentation topologique du *dataset* organise les données d'apprentissage. Mais ce concept d'organisation, tel que mentionné par Nancy Cartwright et repris par Julie Jebeile, ne relève pas d'une disposition aléatoire, il doit répondre à certaines contraintes afin de réaliser une certaine finalité. Dans notre cas, il ne s'agit pas de disposer les données afin qu'elles soient simplement « rangées », lisibles, récupérables, elles sont organisées dans un espace, lui-même construit, avec une métrique donnée

⁴⁹⁵Ou encore Max Black

⁴⁹⁶Selon la formule reprise par Julie Jebeile (2019, p.33).

a priori, selon une axiomatique à partir de laquelle on peut appliquer une fonction de catégorisation donnée afin de prédire le diagnostic d'une nouvelle lésion.

Lorsque nous parlons d'axiomatique, nous entendons un des principes fondateurs des RNC qui met en correspondance la proximité topologique⁴⁹⁷ de deux images avec la similitude de leurs étiquettes associées, qui permet donc d'adapter les représentations les unes aux autres. En d'autres termes, selon ce principe, deux images topologiquement proches ont probablement le même diagnostic associé, ou encore font partie de la même classe nosologique. Il s'agit donc bien de la simulation topologique, numérique, d'une tâche relevant dans le réel de la sélection et de la reconnaissance de traits représentatifs d'une classe. Le choix de la fonction de catégorisation, toujours selon la métrique de l'espace cible est sans aucun doute un choix technique relevant du jugement exercé du *datascientist*, mais il constitue aussi le choix d'une modalité d'application de cet axiome, donc un choix de modèle, portant sur la relation computationnelle entre une position topologique et un diagnostic de mélanome.

On objectera qu'il s'agit d'un principe dont l'application préside en fait à l'apprentissage, afin d'organiser les éléments du *dataset*, et qu'il ne s'agit pas d'un principe du métier dermatologique portant sur la catégorisation la théorisation des lésions cutanées ; à juste titre puisque l'apprentissage-machine de n'importe quel type d'images étiquetées fonctionne sur ce même principe ; celui-ci peut donc être vu comme un opérateur logique d'organisation de données au sein d'un medium topologique. Il s'agit bien ici d'un principe général de calcul de catégorie appliqué à un espace topologique, propre à la reconnaissance d'images et non spécifique aux images cutanées. Il n'engage donc, en tant que tel, aucune conceptualisation dermatologique.

Ce principe est donc appliqué lors de l'apprentissage, et il est aussi appliqué lors de la phase de prédiction. Pourtant, à la différence de la théorie ABCD qui fait parler le réel ou l'image photographique du réel, il ne permet pas de dire quoique ce soit sur une image topologique en tant que telle. Il est un principe local de mise en correspondance, de comparaison avec d'autres images, qui dit un diagnostic uniquement en le mettant en corrélation avec d'autres diagnostics déjà établis. Ainsi, si l'espace cible est vide, le modèle est vide, aucune comparaison n'est possible. Pour être complet, le modèle suppose la description extensionnelle d'une catégorie, chaque élément de l'extension constituant alors un axiome du modèle dermatologique à partir duquel la prédiction devient alors possible.

D'un point de vue théorique, un diagnostic portant sur une nouvelle image devient le résultat

497Selon la métrique donnée

d'une phrase syntaxiquement logique mettant en jeu un nombre limité d'autres images, sur la base de l'axiomatique de correspondance similitude-proximité, et dont l'application numérique se réalise à travers les computations prenant place dans le programme de catégorisation. À notre sens, il y a donc bien un modèle numérique qui est interrogé en lieu et place du réel cutané pour obtenir une réponse portant sur le réel, mais l'éventuelle théorie dermatologique dont il est issue n'est pas explicite. Il semble difficile d'affirmer une quelconque filiation avec la théorie ABCD⁴⁹⁸, pourtant bien présente implicitement dans les étiquettes des images du *dataset*. D'une part, la théorie ABCD est intensionnelle, définit les caractéristiques du concept « mélanome », lorsque le modèle numérique est extensionnel, sans que les abstractions qui ont été réalisées lors de la représentation du *dataset* conduisent à une généralisation qui permette de définir un concept topologique correspondant. D'autre part, si nous imaginions que les éléments du *dataset* avaient été obtenus avant le développement de cette théorie⁴⁹⁹, le modèle numérique rendrait seulement compte du savoir-faire dermatologique sans filiation avec aucune théorie formelle. Quant à la théorie de correspondance similitude-proximité, elle constitue plutôt une méta-théorie de la reconnaissance d'image, ou un opérateur logique et non à proprement parler une théorie dermatologique. Il ne peut donc y avoir de traduction d'une théorie sémiologique dans une théorie topologique.

Que dire alors de l'existence éventuelle d'une théorie topologique du mélanome ? Postulons son existence. Alors, plutôt que d'être à l'origine du modèle qui en serait l'application, elle émergerait du modèle. Elle ne serait pas une théorie au sens de la théorie physique de Duhem (1908, p.24) pour lequel une théorie est « un système de propositions mathématiques [...] qui ont pour but de représenter [...] un ensemble de lois expérimentales »⁵⁰⁰. Ici, nous ne pouvons faire état d'aucune loi permettant d'abstraire un concept général de mélanome à partir des expériences topologiques, mais plutôt d'une « technique » computationnelle de corrélation avec une énumération d'exemples du concept. Dans l'état actuel des développements, cette hypothétique théorie topologique est une théorie technique, et implicite pour l'homme, puisque la complexité de ses déterminants calculatoires la lui rend inaccessible, à moins bien sûr de la considérer en relation avec le sujet artefactuel.

À notre sens, la seule façon d'envisager une théorie topologique du concept de mélanome serait d'envisager la possibilité que le concept de mélanome puisse être par exemple circonscrit à l'appartenance à un *cluster*, prenant la forme d'une structure géométrique. Dans ce cas, la définition des limites de cette structure reviendrait abstraitement à envisager la formalisation d'une

498Ou l'une de ses concurrentes

499Nous faisons aussi l'hypothèse que la valeur de vérité des diagnostics reste valide

500Cité par barberousse (2000, p.300)

connaissance théorique et intensionnelle sur les limites du concept de mélanome dans un espace topologique, quand bien même celui-ci serait constitué de 2048 dimensions⁵⁰¹.

Voir la structure

Le modèle dermatologique n'est donc en aucune façon explicite. À l'instar de Esteva (2017), on peut vouloir dévoiler une représentation topologique représentative de l'ensemble des éléments du *dataset*, on peut vouloir être en mesure de « montrer » une forme de résultat, de structure théorique qui semble se donner à voir.

Or, si un programme informatique est capable de procéder à des calculs sur un espace topologique à n dimensions -avec n très grand-, et d'une certaine façon l'homme aussi, il lui est impossible de conceptualiser un phénomène, une variété prenant place dans un espace de 300 dimensions par exemple. On peut sans doute considérer que c'est une limitation de la capacité psychique de l'homme à conceptualiser, mais prenons comme une contrainte le fait que la conceptualisation, l'interprétation d'un phénomène géométrique par l'homme doit prendre place dans un espace à deux dimensions.

Une projection d'un espace de dimension N vers un espace de dimension inférieure et en particulier 2 est une tâche bien connue dans la mesure où la perspective en dessin, ou encore cartographie en sont des archétypes anciens.

Pour ce qui est de la projection à partir de dimensions originelles supérieures, on définit la fonction de projection f de E vers F de la façon suivante :

si E est un espace de dimension N dans lequel sont définis n vecteurs : $E = \{X_i\}_{1 \leq i \leq n}$

si F est un espace de dimension M avec $M < N$

pour tout vecteur $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iN})$.

f est une fonction de E vers F telle que :

pour tout X_i de E , il existe un Y_i avec $Y_i = (Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{iM})$ et $f(X_i) = Y_i$

Dans le cas qui nous intéresse, $M = 2$.

501Ce qui est le cas de l'expérience de Esteva (2017)

Reprenons l'hypothèse d'une structure intrinsèque aux données. Faire cette hypothèse signifie faire l'hypothèse d'une structure dans la représentation topologique des éléments de ce *dataset*. Cela suppose donc ailleurs à la fois structuration locale des « similarités » : la proximité locale d'un vecteur avec un autre vecteur dont les signifiants possèdent la même étiquette. Et cela suppose aussi une structure globale, à savoir que les vecteurs regroupés autour d'une même étiquette doivent pouvoir -idéalement- appartenir à une variété topologique identifiable.

Nous venons de le voir, projeter ces topologies, c'est les re-présenter, les re-dessiner de façon à ce que les similarités et les dissimilarités soient préservées, et que les « clusters » supposés représenter les catégories à séparer soient bien séparés. Quant bien même le dispositif de projection est purement mécanique, et ses modalités décidées selon l'usage du « jugement exercé » du *datascientist*, il s'agit bien de constructions subjectives, dans lesquelles l'intention du « sujet » impose des choix techniques sur la base d'effets espérés. Pour autant, ces constructions sont les résultantes, les effets objectivement démontrables de dispositifs mécaniques.

Interrogeons nous sur le sens que peuvent revêtir de telles constructions, de telles présentations. D'un point de vue épistémique, la réalisation d'une projection présentant de façon claire des similarités préservées et des clusters parfaitement séparés et identifiables fait-elle preuve ? Quelle valeur de vérité engage-t-elle quant à l'éventuelle mise en évidence de structures ? Mais de quoi fait-elle preuve ? Quel(s) sens peuvent avoir ces éventuelles structures et quelle théorie engagent-elles ? Est-il possible d'inférer, à la fois en leur sein, ou sur leurs limites, leurs séparations, le vide qui les entoure ?

Sans nul doute, la mise en évidence, le dévoilement, par ce dispositif, de structures tant locales que globales donne de la substance à l'hypothèse structuraliste. « Voir », c'est donner une consistance, une existence, c'est aussi la *theôria*⁵⁰² grecque, comprendre ; ainsi, montrer « une » structure c'est aussi lui donner une existence et apporter les conditions de son acceptation par sa compréhension. C'est vouloir appuyer la démonstration sur une forme d'objectivité structurale montrant les caractères généraux⁵⁰³ :

« Pour autant, tous défendaient une version de l'objectivité (selon leur propre terme) non pas fondée sur des images mais sur des structures, seules capables de rompre avec le monde mental privé de subjectivité individuelle. La science, selon eux, ne valait que si elle était communicable à tous ; or seules les structures – à la différence des images,

502 Dans son acceptation étymologique, la *theôria* grecque est issue de *θέα*, *théa* (« la vue ») et *ὄραω*, *horáo* (« voir, regarder »).

503 L. Daston et P. Galison, *L'Objectivité*, Paris, Les Presses du réel, p.294

des intuitions et autres représentations mentales – pouvaient être partagées par tous les esprits indépendamment de l'espace et du temps ».

Pourtant, elles travestissent leur objet en construisant artificiellement et subjectivement -toujours selon les choix du *datascientist*- les conditions de son accessibilité à l'œil humain, voire de son interprétabilité intuitive par l'esprit humain. Nous pouvons donc légitimement nous interroger sur le sens et la valeur que revêt une telle construction ; une construction qui est contingente au dispositif technique et au paramétrage qui vont être utilisés.

Pour autant, le fait qu'un système technique particulier de références permette l'émergence d'une structure est au moins une réponse partielle à la question de l'existence d'une telle structure, tout du moins lorsqu'elle peut être exhibée. Encore faudrait-il être en mesure d'envisager des expériences qui permettent de falsifier cette hypothèse .

Ce qui est particulièrement intéressant de noter à cet endroit, c'est la validation que nous attendons venant de l'œil. L'œil avait été disqualifié pour la subjectivité et les a priori implicites qu'il supposait dans la reconnaissance d'images, il revient comme seul capable de voir, donc de comprendre ce qui se passe. N'en déplaise à Pierre Duhem (1906, p.108)⁵⁰⁴, l'épistémologie de l'œil revient au centre de l'identification des structures, il s'agit alors curieusement d'identifier une structure issue d'une construction hybride alliant naturel et artificiel, alliant nature objectivée mécaniquement, concaténée à théorie et heuristiques, tous représentés mécaniquement puis projetés subjectivement pour être accessibles à l'œil.

De la multiplicité de modèles tous comparables

Il est clair à cet endroit que de tels modèles « extensionnels » sont contingents de nombreux éléments d'apprentissage, certains explicites, d'autres implicites. Ici, la théorie émerge du modèle, la contingence du modèle engage donc la contingence de la théorie.

De fait, d'un point de vue formel, de l'adjonction ou la suppression d'un seul échantillon au *dataset* résulte un modèle différent. Du choix d'une métrique différente, d'un programme de catégorisation, de la sélection de paramètres différents, du choix d'une architecture différente résultent nécessairement des modèles différents, sans doute commensurables en ce qu'ils engagent des modalités épistémiques comparables, mais différents. D'un côté, il n'y a pas de théorie « vraie » mais des théories contingentes à l'expérience d'apprentissage dont elles sont le résultat.

504Selon lui, le recours à « une image visible et palpable » est le signe de « l'inaptitude aux idées abstraites et générales » des physiciens anglais.

De l'autre, cette comparabilité dans la pluralité provient de la thèse fondatrice de l'apprentissage par réseaux de neurones, chacun de ces modèles étant supposé être une approximation d'un modèle idéal. Il sont donc tous supposés être des approximations d'une même abstraction idéale.

Si on en reste à cet axiome fondateur des réseaux de neurones, cette contingence d'un modèle numérique de catégorisation au schème d'apprentissage n'est donc pas celle des modèles de Van Fraassen, en tant qu'interprétations possibles d'une théorie seule théorie, et ne relève pas non plus de la sous-détermination des théories par l'expérience envisagée par Willard Quine (1977) ; elle se rapproche d'une conception positiviste de la science à travers laquelle un apprentissage idéal devrait permettre d'atteindre la théorie « vraie ».

Fonctions du modèle

Selon l'épistémologie des modèles développée par Franck Varenne, un modèle peut avoir plusieurs fonctions. Cet apprentissage artefactuel simule la cognition humaine et produit un modèle qui engage un certain nombre de fonctions. Varenne (2013) mentionne cinq types principaux de fonction de facilitation pour un modèle. Il s'agit de la facilitation de l'expérience, de la facilitation d'une formulation intelligible, d'une théorisation, de la communication et co-construction des savoirs ou encore de la facilitation de la décision et de l'action. Le modèle qui nous intéresse engage très clairement des fonctions de facilitation de l'expérience diagnostique : facilitation de la mémorisation d'expériences diagnostiques, facilitation de la compression des données pour l'élaboration d'un modèle, et donc facilitation de l'élaboration d'un modèle phénoménologique pertinent pour la prédiction de futurs diagnostics. Si la théorisation avait été présente dans le modèle produit, il ne semble pas que le modèle pourrait en faciliter son explicitation, sa formulation intelligible ou encore sa communication.

Par ailleurs, sa fonction d'usage (*use proper function*) au sens de Kroes (2012) n'engage pas la communication et la compréhension du modèle produit vis à vis de son environnement d'utilisation. Pour autant, sa fonction systémique, c'est à dire la fonction qui lui serait donnée par son système d'implémentation dans un service de santé est spécifiquement une fonction de facilitation de la décision (diagnostique) et l'action qui doit en découler.

2. Vers une résurgence de l'instrumentalisme ?

Pour reprendre la définition qu'en donnent Barberousse et al (2000, p.283), l'instrumentalisme est « une thèse concernant la nature des théories scientifiques, qui en fait de simples instruments

permettant la prédiction des phénomènes ». Les théories scientifiques n'ont pas alors vocation à expliquer ou à faire comprendre l'essence des phénomènes mais à rendre compte de lois qui permettent de les prédire.

Selon cette définition, il nous faut, dans un premier temps, postuler l'existence d'une théorie ou d'une structure de théorisation du concept de mélanome. Ce point a déjà été soulevé dans le paragraphe précédent ; la question d'une théorie topologique du mélanome nous semblant discutable, nous nous contenterons d'une version faible de l'instrumentalisme basée sur un modèle numérique seul. Le réseau de neurones IA#1 duquel avait émergé le modèle extensionnel, devient l'objet IA#2, le sujet artefactuel qui interroge ce même modèle afin de prédire un diagnostic. Le modèle retourne une réponse à l'interrogation en diagnostic et n'a pas d'autre prétention que la vérité des prédictions qu'il réalise, des diagnostics qu'il infère. En tant que tel, ce modèle est bien un instrument de prédiction, et seulement un instrument de prédiction, qui n'apporte pas de compréhension ni d'explication quant à la réponse à la question portant sur le réel.

Mais en l'état, il ne s'agit pas d'un instrumentalisme au sens de Duhem, ou encore de Mach, pour lesquels les règles du calcul de la prédiction doivent être économes et rendre compte des régularités de façon simplificatrices et compréhensibles. Le système modélisateur déployé par les réseaux de neurones est au contraire particulièrement complexe, à la fois dans ses modalités calculatoires, et dans le déploiement des lois dont il rend compte. Cette façon de considérer tous les phénomènes enregistrés comme des axiomes du modèle à partir desquels engager le calcul permet de « sauver les phénomènes »⁵⁰⁵, au sens propre du terme, en minimisant les abstractions et idéalizations nécessaires à la théorisation. Et sans doute le processus d'apprentissage, d'ajustements pas à pas des paramètres neuronaux afin qu'ils rendent compte de la vérité des phénomènes du *dataset* est-il analogue au lent processus d'adaptation et de complexification de l'astronomie Ptoléméenne afin de rendre compte, au cours des siècles, de nouvelles observations de trajectoires de planètes. Ce que Duhem (1908) montre aussi, c'est qu'au-delà de la concurrence amenée par les hypothèses « révolutionnaires » de Copernic, celles-ci offraient l'avantage de simplifier le calcul des trajectoires tout en sauvant toujours les apparences. Les RNC, au contraire proposent une nouvelle modalité technique pour modéliser et, plus que sauver les phénomènes, coller aux phénomènes en décrivant chacun d'entre eux dans un espace topologique, comme somme complexe de fonctions neuronales, une modalité technique dont la complexité calculatoire est prise en charge par les ordinateurs contemporains ; mais une modalité qui ne préserve pas « l'ordre

505 Voir Duhem (1908)

et les principes »⁵⁰⁶ de la dermatologie, ou plus largement de l'imagerie médicale.

Par ailleurs, à la façon du système Ptoléméen qui s'est adapté pendant des siècles sans que ses hypothèses fondatrices soient remises en question, le modèle neuronal est robuste, adaptatif, en ce qu'il peut évoluer et s'adapter à la représentation complémentaire de nouveaux phénomènes. À ce titre, si nous disons que l'expérience d'apprentissage est aussi une expérience de modélisation des savoirs de détection de mélanomes, cette expérience ne peut jamais être clôturée, puisqu'il y aura toujours de nouveaux échantillons de phénomènes à apprendre et à intégrer dans un modèle à jamais incomplet.

3. Mise à distance de l'humain

Reprenons la définition de Minsky reprise plus haut. B est l'observateur, A l'objet et A* le modèle qui est interrogé en lieu et place de A par B.

En situation réelle agnostique, le clinicien (B) observe la lésion cutanée réelle (A).

En situation réelle modélisée, B observe les traits signifiants A* (selon ABCD) de A.

En utilisant des dermoscopies, B observe les traits signifiants A** de l'image de A

En utilisant un logiciel déterministe de DAO⁵⁰⁷, B observe les attributs numériques A*** du modèle informatique de l'image de A

Postulons maintenant que la représentation topologique qui est faite des lésions cutanées, à laquelle nous ajoutons des modalités de calcul de la proximité topologique, est bien un modèle de catégorisation des mélanomes. Considérons en sus notre thèse selon laquelle il est possible de considérer l'IA#2 comme sujet de la détection de mélanomes, comme sujet de l'observation de la représentation topologique. Dans ce cadre, il y a eu une transformation de la représentation de l'objet réel dans une image topologique, il y a eu transformation des modalités de l'interprétation de cette image topologique, mais en sus, il y a eu un changement d'observateur. L'opérateur humain, n'interroge plus le modèle, mais interroge le sujet artefactuel qui est devenu l'observateur du modèle topologique. L'ensemble des éléments constitutifs du modèle de Minsky a été modifié, l'humain a été mis à distance, il a même été exclus de la boucle épistémologique qui rend compte

506Duhem (1908, pp.43-44), faisant référence à Bacon au sujet des mathématiciens purs et de la Physique : « Les mathématiciens-physiciens, ceux qui suivent les voies de la Nature, s'efforcent sans doute, tout comme les mathématiciens purs, qui ignorent la Physique, de sauver les apparences ; mais ils s'efforcent en même temps de sauver l'ordre et les principes de la Physique ; au contraire les mathématiciens purs les détruisent ».

507voir partie II

de la catégorisation de la lésion.

La schématisation ci-dessus devient dès lors :

En utilisant un RNC, le clinicien B interroge le sujet B* (IA#2) qui observe l'image topologique A**** de l'image de A

Il ne s'agit pas seulement ici de l'aliénation de notre relation compréhensive au monde, en particulier par l'abstraction de la mesure, telle que décrite par Hannah Arendt (1983, p.319). Ce que cette dernière nomme une « mise à distance décisive entre l'Homme et la Terre » procède d'un double mouvement, à la fois un éloignement par la numérisation et l'abstraction computationnelle, et aussi la mise en place d'un observateur alternatif, d'un médiateur entre l'homme et le monde. L'homme a ici délégué sa position d'observateur du monde à un artefact qui d'une certaine façon le modélise, peut être interrogé à sa place.

Opacité, Interprétabilité, Confiance

La preuve pragmatiste, les V&V du réseau de neurones ne sont néanmoins pas suffisants pour rendre les RNC acceptables dans un contexte de sécurité sanitaire. Certes, à ce stade, le RNC de détection de mélanomes s'est vu attribuer une fonction épistémique de validation des valeurs de vérité de ses résultats et donc de la bonne réalisation de la fonction-type [de classification des lésions cutanées] qui lui a été attribuée par ses concepteurs. Mais cette fonction épistémique ne dit rien de plus qu'une valeur de vérité, qu'une légitimation de croire en des résultats. Pourtant, *in fine*, le RNC n'a pas pour finalité de réaliser sa fonction-type en vase clos, sans autre objectif que la divulgation d'un énoncé épistémique à un mur blanc ; lors de son implémentation, cette fonction-type doit se réaliser en relation à la fois avec un environnement social, et avec un environnement systémique. Cette véridiction a alors une fonction triple : d'une part une fonction-type, épistémique, de divulgation d'un résultat, et aussi une fonction sociale, relationnelle, entre artefact et médecin, ou entre sujet artefactuel et sujet humain, enfin, une fonction systémique.

Dés lors, accepter les prédictions du RNC telles qu'énoncées, comme issues de procédures faisant « surgir la vérité », consisterait à croire en des sortes de véridictions que Foucault (2012, p.47) nomme aléthurgies oraculaires ; ce serait alors faire entrer ces procédures de vérité dans une relation de savoir-pouvoir avec l'environnement au sein duquel le RNC doit justement s'intégrer, et en particulier avec le sujet humain, le dermatologue responsable de la prise en charge du patient. Dans ce cadre, à l'instar de Zhou (2018, p.vii) qui mentionnent “un manque de considération des aspects liés à l'utilisateur humain”, il nous semble que tant les conditions d'acceptabilité sociale que les conditions d'implémentation systémique de l'artefact sont inadaptées, à la fois à l'organisation du système, et à l'organisation locale du travail et de la prise en charge des patients.

Ainsi, si la seule fonction épistémique du RNC peut suffire à une expérience technoscientifique, son dépassement par l'assignation et la réalisation de véritables fonctions sociale et systémique acceptables est absolument nécessaire à son utilisation dans le cadre de la santé

publique, afin que l'artefact et les résultats qu'il produit prenne tout leur sens au sein de l'organisation. Il nous semble que le dépassement de ce statut d'opérateur « pythien » puisse alors être atteint de deux façons : soit en rendant -si ce n'est déjà le cas-, l'opérateur neuronal transparent, ou à tout le moins intelligible, laissant le loisir au sujet humain d'interpréter et/ou de comprendre son accès aux modalités de réalisation de la prédiction ; soit à travers une explication venant éclairer le « pourquoi » de cette prédiction, à destination, toujours, du sujet humain.

1. Opacité et intelligibilité

Julie Jebeile (2019, p.28) pose que la compréhension d'un phénomène par l'intermédiaire d'un modèle est rendue possible par la réalisation d'un « double réquisit d'acceptabilité et intelligibilité ».

Boîte noire

L'intelligence artificielle, et en particulier les réseaux de neurones, sont qualifiés de façon récurrente comme relevant de la boîte noire, à la fois dans la presse grand public⁵⁰⁸ et dans la littérature de recherche ainsi que le rapportent Escalante (2018, p.v), Durán (2021a et 2021b), ou encore Law (2019, p.196), de façon explicite ou implicite. Jebeile (2019, p.127) définit cette boîte noire comme étant une expérience dont « l'expérimentateur a la méconnaissance d'une partie ou de la totalité des processus à l'œuvre qui produisent le phénomène observé ». Ainsi que Jebeile le mentionne plus tard dans le cadre de programmes informatiques de simulation, les données de programmation sont néanmoins à tout moment accessibles au programmeur. Dans le cas d'un réseau de neurones, il est tout aussi possible de dévoiler les paramètres neuronaux qui produisent la représentation, ce que Burrell (2016, p.5) nomme, sous la forme d'un oxymore : « visualiser l'opacité dans un réseau de neurones ». Pourtant, à cause de capacités cognitives limitées, un tel dévoilement n'est porteur d'aucune signification pour un être humain, la formulation de millions de paramètres définissant la fonction de représentation n'étant pas signifiante pour le sujet-*datascientist* d'une part, et plus encore pour le sujet-médecin.

Opacités et intelligibilité

Burrell (2016), repris par Durán (2021a), propose, lui, que les boîtes noires relèvent de régimes d'opacité dont il propose une taxonomie : (1) d'une part une opacité « institutionnelle »,

508 Voir par exemple Georges Benoît, « Les boîtes noires du deep learning », *Les Echos*, du 27/08/2018 : <https://www.lesechos.fr/tech-medias/intelligence-artificielle/les-boites-noires-du-deep-learning-137363>, consulté le 01/04/2021

intentionnelle, servant en particulier à protéger⁵⁰⁹ les savoir-faire « maison » et plus généralement de ce qui engage la propriété industrielle⁵¹⁰ ; (2) une opacité de spécialiste provenant de la spécificité technique de la programmation informatique qui en rend la lecture « opaque » pour un néophyte ; (3) une opacité spécifique au machine learning, une impossible intelligibilité provenant du décalage existant entre la grande dimensionnalité qui lui est inhérente et les capacités cognitives limitées de l'humain. Durán reprend (3) et le scinde en deux sous-catégories, l'une, empruntée à Humphreys (2009, p.618), qu'il qualifie d'« épistémique », et qui exprime l'incapacité dans laquelle se trouve l'observateur humain à attribuer une assise épistémique à la fiabilité des RNC⁵¹¹ ; l'autre, qu'il qualifie de « méthodologique », provient de la complexité inhérente à la tâche de conception de l'architecture et de programmation d'un réseau de neurones, de la façon dont les idéalizations sont réalisées et programmées, de façon implicite, utilisant aussi nécessairement des « outils d'abstraction qui cachent, mais ne négligent pas, des détails qui sont essentiels à des processus de niveaux inférieur »⁵¹². Cette dernière opacité « méthodologique » s'adresse non seulement aux utilisateurs finaux des RNC, mais aussi aux *datascientists* dans leur action même de conception, lorsqu'ils utilisent des modules pré-programmés qui sont eux-mêmes des boîtes noires spécifiées par leurs *inputs* et leurs *outputs*⁵¹³. À cette catégorisation qui prend en charge la non-justification de la fiabilité d'un RNC, et qui relève de la mécanique informatique et

509Et donc à cacher

510Sans avoir à faire appel à une protection légale

511Notons que Humphreys (2009) distingue l'opacité épistémique de l'opacité épistémique essentielle dans laquelle l'accès de l'observateur à une structure signifiante est simplement impossible.

512Colburn et Shute (2007, p.176) : « without abstraction tools that hide, but do not neglect, details that are essential in a lower-level processing context », Traduction par l'auteur.

513C'est en particulier ce que montre l'étude des programmes de transfer learning proposés par Sasank Chilamkurthy (2021) ou encore par Zafar Takhirov (2021). Dans le cadre de ces programmes, comme de tout autre programme de RNC programmé en python, le premier bloc d'instruction consiste en l'importation de fonctions pré-existantes au sein de bibliothèques de programmes. Ainsi, Sasank Chilamkurthy, importe des bibliothèques telles 'torch', 'torchvision' ; 'torch' est une bibliothèque de briques de base pour la construction de couches neuronales ; 'torchvision' est une bibliothèque de *datasets* classiques, d'architectures de modèles, et de fonctions communes de transformation d'images pour la vision par ordinateur. Puis il importe des sous-bibliothèques telles que 'numpy', 'torchvision.models', 'matplotlib.pyplot' ; 'numpy' permet la manipulation de vecteurs et de matrices, et inclut des fonctions d'algèbre linéaire ; 'torchvision.models' est la sous-bibliothèque qui contient la définition de fonctions pré-existantes permettant de réaliser certaines tâches, en particulier la classification d'image, la segmentation sémantique basée sur une image pixellisée, la détection d'objet, la segmentation d'instances, la détection de personnes et classification de vidéos, 'models' inclut les modèles Alexnet, Inception et d'autres modèles de réseaux de neurones dont Convnet qu'il utilise dans son propre programme. Tous ces modules sont fonctionnels, ils permettent de réaliser des tâches génériques sur la base de paramètres d'entrée, ils facilitent le travail du *datascientist* qui n'a pas à les concevoir mais peut se contenter de les utiliser. Ainsi, lorsqu'il conçoit une architecture de RNC, le *datascientist* choisit implicitement les modules qu'il va utiliser, les articule les uns par rapport aux autres, les paramètre, dans une démarche subjective dont la validité est démontrée par l'efficacité finale du programme. Il est entendu que l'efficacité des modules choisis renvoie une forme de confiance issue d'un consensus au sein d'une communauté de pratique. Et il est aussi entendu que le *datascientist* qui intègre ces modules au sein de son RNC, en est un utilisateur qui n'a pas à connaître le code précis qui confère à chaque module son efficacité. À cet endroit, il y a donc une véritable opacité méthodologique qui est résolue par la seule confiance en la réalisation efficace de la fonction assignée à chaque module. Nous notons par ailleurs que cette opacité est sans doute plus profonde puisque chaque module fait lui-même appel à d'autres sous-modules dans un mouvement de régression.

de son accessibilité par le sujet-*datascientist*, nous ajouterons, pour notre part, une opacité « sémiologique » qui fait état de l'incapacité du sujet-médecin, de l'utilisateur final, à interpréter le modèle topologique.

Ainsi, ce sont bien ces opacités « méthodologique », « épistémique » et « sémiologique », qui empêchent les opérateurs humains d'examiner le réseau de neurones afin de déterminer les états internes qui déterminent un résultat, ni l'évolution de ses états internes qui ont conduit à ce résultat, pas plus que la représentation topologique permettant le calcul de proximité, dans la mesure où, en tant que boîte noire, le RNC ne suit pas de règles compréhensibles, dans la mesure où le représentation du modèle est inaccessible. Cette dernière catégorisation nous semble donc plus adéquate dans la mesure où elle apparaît comme un négatif de l'intelligibilité, et son traitement doit se traduire par la capacité du sujet-*datascientist* à rendre l'artefact qu'il développe lisible, et par la capacité du sujet humain à lire, ou interpréter, les modalités de réalisation de la prédiction.

Alors, si pour l'artefact, sujet de l'observation épistémique de l'objet-image, il n'y a nulle opacité épistémique, de par l'extrême complexité algorithmique, le sujet-médecin, qui est aussi sujet de la compréhension du diagnostic et de l'action thérapeutique n'a, lui, accès à aucune information signifiante autre que le résultat et sa valeur de vérité. Il est bien entendu que ces concepts d'opacité sont anthropocentrés, nous rappellent que l'homme a été déplacé de sa position initiale d'observateur du modèle et même de producteur de connaissances et que la résolution de ces opacités a pour objet de le maintenir dans une position *a minima* de compréhension et de possible gestion des connaissances produites.

Pour autant, il convient de remettre cet état de fait en perspective. Rappelons-nous que le diagnostic humain de détection de mélanomes relève le plus souvent de l'action d'un processus issu d'un système 1 (S1), intuitif, tacite, analogique, approximatif mais rapide, utilisant des raccourcis heuristiques et accédant à une mémoire à long terme tacite⁵¹⁴. À ce titre, S1 apparaît de façon tout à fait similaire comme une boîte noire, et les processus empruntant ce régime tacite comme épistémologiquement opaque pour un observateur extérieur. On peut donc s'interroger sur la légitimité des critiques de l'usage des réseaux de neurones qui disqualifient les réseaux de neurones à partir de ce concept de boîte noire et dont l'argumentaire invaliderait *de facto* la majeure partie des diagnostics humains. Mais c'est bien la capacité de l'homme à pouvoir aussi articuler rationnellement et communiquer un raisonnement et une explication qui le rend « intelligible » au sens de Jebeile, et qui le différencie de l'IA. Car si le raisonnement issu de S1 est

514 Pour rappel, voir partie I, paragraphe IV.4.2.

implicite, le sujet qui l'a produit peut, comme nous l'avons vu en partie I, re-construire un raisonnement explicatif justifiant son résultat. C'est donc bien à cet endroit que le réquisit d'intelligibilité est défaillant et qu'une fonction épistémique manque au RNC, fonction épistémique qui était bien présente dans le raisonnement humain.

2. Interprétabilité vs Explicabilité

Cette fonction épistémique rend compte d'une forme d'explication qui renvoie donc à une question en forme de « pourquoi ». Cette forme de question a déjà été évoquée lorsqu'il s'est agi de comprendre les modalités de raisonnement du médecin et de la nécessité d'une explication dans une relation à son patient qui se veut délibérative⁵¹⁵. Cette fonction épistémique de l'explication se double donc de façon immédiate d'une fonction sociale.

À qui est destinée l'explication ?

L'introduction d'un nouveau sujet artefactuel dans l'équation sociale de la transmission d'un résultat diagnostique ne modifie en rien le besoin d'une explication. Le système social est alors multi-agent, mais *in fine*, s'agissant de l'implémentation du RNC dans son environnement d'accueil, l'explication doit être en priorité destinée à son utilisateur, donc *a priori*⁵¹⁶ au médecin dermatologue qui la retraitera ensuite sémantiquement pour qu'elle prenne sens pour le patient, ce que Durán (2021b, p.9) développe en particulier dans sa *pragmatique* de l'explication.

Les récipiendaires de l'explication étant identifiés, la question reste de savoir qu'est ce qui est expliqué, et comment, voire qui explique.

Définitions

Dans un premier temps, entendons nous sur la terminologie et définissons les termes d'interprétabilité, d'explicabilité et d'explication. Il y a une forme d'ambiguïté entre auteurs sur la façon de définir et d'utiliser ces termes, pour certains de façon indifférenciée, et il convient d'en figer le sens, au moins pour que notre propos ne prête pas à confusion. Molnar (2019, p.15) relève par exemple une première version instrumentaliste de l'interprétabilité : « *Interpretability is the degree to which a human can consistently predict the model's result* » ; ou encore une version ambiguë qu'il emprunte à Miller (2017) : « *Interpretability is the degree to which a human can*

515 Voir Partie I

516 Il s'agit bien d'une hypothèse quant à l'organisation de l'implémentation, on pourrait imaginer de façon alternative que l'utilisateur soit une infirmière, un médecin généraliste,...

understand the cause of a decision ». Pour notre part, nous retiendrons la définition qu'en donnent Denis et Varenne (2019, p.61), à savoir que :

- (1) l'explicabilité porte sur l'explication de la structure du RNC et des processus algorithmiques qui permettent de rendre compte des résultats finaux.
- (2) l'interprétabilité met en jeu l'opérateur humain qui doit être en capacité de se représenter le modèle épistémique du RNC à travers des éléments qui font sens pour lui.

Cette différenciation nous semble pertinente en ce qu'elle permet de différencier ce qui relève du fond sémantique de ce qui relève de la forme technique et logique. Ce faisant, cette différenciation permet de considérer des concepts qui répondent directement respectivement aux problèmes d'opacité épistémique et méthodologique d'une part, et d'opacité sémiologique d'autre part. Il paraît évident que ces deux concepts sont disjoints et que la capacité à expliquer les processus techniques n'engage en rien la possibilité d'interpréter le modèle sémantique porté, et réciproquement.

Par ailleurs, à l'instar de Durán (2021b), nous réserverons le terme d'explication à l'explication d'un résultat singulier, local, sans qu'il soit nécessairement question d'une capacité générale.

2.1. Explicabilité

Cette dimension est nécessaire principalement à la justification technique des valeurs de vérité. Elle ne revêt donc pas un intérêt premier pour notre étude puisqu'elle dit une justification technique, informatique, des valeurs de vérité, qui est propre au monde des *datascientists* et non du monde des dermatologues. Cette explicabilité ne permet en rien de répondre à des « pourquoi » portant sur le réel cutané. Il s'agit d'ailleurs précisément de la partie boîte noire du raisonnement humain à laquelle nous ne fournissons pas d'explication.

Nous avons vu dans la partie précédente de quelle façon la vérification et validation sont opérées. Afin d'élargir le spectre de l'explicabilité, nous évoquerons ici en sus deux propositions relatives au traitement plus large de l'établissement de la croyance en la fiabilité technique d'un RNC.

« *Fiabilisme computationnel* »

Durán et Formanek (2018) proposent de traiter le problème de l'opacité épistémique grâce à ce

qu'ils nomment « fiabilisme computationnel »⁵¹⁷. Ils résument leur proposition de la façon suivante :

Si S croit que p résulte de m à un instant t, alors la croyance de S en p à t est justifiée.

Avec : S est un agent cognitif, p est une proposition à valeur de vérité résultant d'une simulation par ordinateur, t est un instant donné et m est une simulation par ordinateur fiable.

À travers cette proposition, Durán et Formanek renvoient donc curieusement le traitement de l'opacité épistémique aux limbes, la seule fiabilité du logiciel étant seule suffisamment garante de la fiabilité d'un résultat donné. Et on concédera volontiers que sur ce principe, si l'on considère qu'un tel logiciel est réputé fiable si il a été validé et vérifié, c'est à dire que jusqu'ici ses prédictions ont été vérifiées comme étant statistiquement suffisamment conformes, alors la prochaine prédiction le sera probablement. Il nous semble néanmoins que sans plus de fondements épistémiques, cette proposition inductive ne résout pas l'inévitable doute Humien, et ce possible doute nous pose problème puisque notre cas d'étude impose la sécurité sanitaire des patients.

Durán et Formanek, sans doute conscients de cette faiblesse, étayent leur proposition sur la base de quatre fondements complémentaires : la V&V, mais aussi la robustesse, un historique des implémentations (réussies ou non), le recours aux connaissances d'experts. Nous reviendrons sur la question de la robustesse, mais cette proposition reste pragmatiste en ce qu'elle réduit l'objet d'étude à l'ensemble de ses effets sur le monde, tout en gardant à l'esprit que cet ensemble n'est jamais complètement vérifié.

Robustesse

Jonah Schupbach (2016) développe un concept d'explicabilité sous la forme d'analyse de la robustesse. Cette robustesse est analysée en faisant varier les moyens de prédiction⁵¹⁸ lors d'expériences concurrentes. L'application de sa proposition pourrait prendre la forme du Symposium de l'ISIC⁵¹⁹, dont les solutions concurrentes font toutes appel aux mêmes hypothèses fondatrices, mais dont les idéalizations, les abstractions issues de conceptions et de programmations différentes divergent. Ce challenge est sans doute une démonstration logique de la robustesse⁵²⁰ du modèle de catégorisation d'images par des réseaux de neurones convolutifs. Mais pour que l'analyse soit complète, au-delà de la performance positive de ces RNC, il aurait sans

517« *computational reliabilism* »

518Ou de détection dans le cas de son article

519Voir Partie II

520Pour plus de précisions sur la logique de l'analyse de la robustesse, voir Schupbach (2016, pp.16-22)

doute fallu envisager quels phénomènes n'étaient pas pris en charge par quels modèles connexionnistes.

2.2. Interprétabilité

Si Holte (1993) ou Quinlan (1999)⁵²¹ sont des exemples d'un intérêt précoce pour la question de l'explication en contexte de *machine learning*, il apparaît donc que les recherches engagées sur cette thématique n'ont connu une forte accélération que très récemment⁵²².

Nous reprendrons ici la taxonomie réalisée par Arya et al (2019) concernant les types de solution d'interprétabilité d'un RNC⁵²³ :

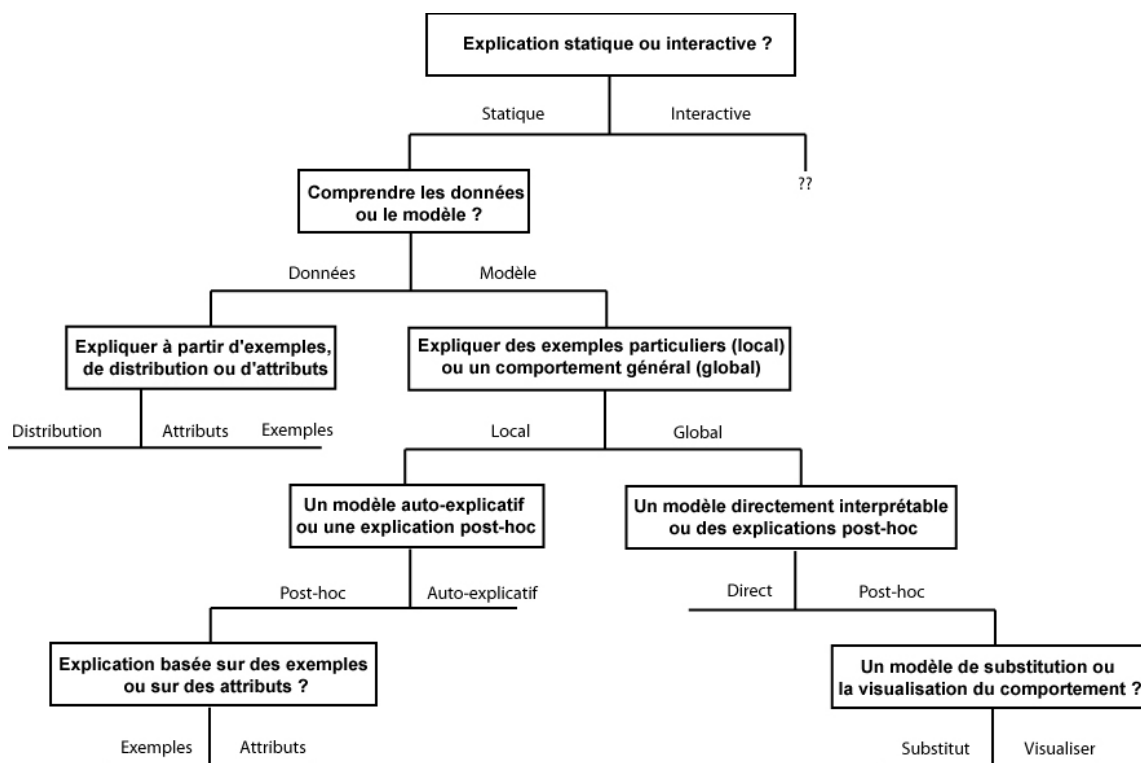


Figure 34 : Taxonomie des modules d'interprétabilité

Source : Arya et al (2019, p.3)

Cette taxonomie offre l'avantage d'envisager l'ensemble du spectre possible de l'interprétabilité, y compris dans une dimension prospective, à travers des solutions non encore conçues. Surtout elle

⁵²¹Cité par Freitas (2014)

⁵²²Seulement à partir du moment où les objections sur le caractère « boîte noire » des réseaux de neurones ont émergé ; tous les articles que nous avons référencés sont postérieurs à 2016

⁵²³À noter que cette taxonomie est réalisée dans le cadre des solutions proposées par le programme AI360 de la société IBM. Si la taxonomie nous est utile en tant que telle, les noms des solutions techniques mentionnées ne sont bien entendu pas les seuls possibles

permet de hiérarchiser les solutions existantes ou potentielles en fonction de certaines de leurs spécificités, ce qui revêt un intérêt certain dans la mesure où les nombreuses études qui ont trait à cette question s'attellent à l'intérêt d'une seule catégorie d'interprétabilité. Elle offre pour nous l'avantage supplémentaire d'être « orientée utilisateur », ayant été conçue pour qu'une navigation le long de son arborescence permette à un utilisateur-décideur de choisir le mode d'interprétabilité qui correspond au type d'explication recherchée.

Si nous restons dans l'idée que l'utilisateur est le médecin qui a besoin d'une explication justifiant localement un diagnostic pour un patient donné, l'accès à un modèle global n'est pas utile, le médecin a besoin d'une explication locale lui permettant de rendre acceptable un diagnostic singulier.

Un modèle global aurait été la présentation d'un espace de visualisation de la structure⁵²⁴ du modèle, mais qui néanmoins n'apporte aucune explication à un diagnostic singulier.

(0) Idéalement, l'utilisateur espère sans doute obtenir un diagnostic doublé d'une explication en langage naturel, voire dans un langage formalisé pour l'occasion, qui fasse écho à l'explication qu'un médecin humain serait capable de fournir. L'état actuel de la technique ne rend pas une telle explication techniquement réalisable.

Néanmoins, plusieurs méthodes sont disponibles afin de réaliser la fonction épistémique d'interprétabilité locale et ainsi tenter de rendre la relation au résultat de l'artefact acceptable.

(1) On peut envisager une solution qui apprenne et extraie les attributs de l'image à partir des données du *dataset*. Dans l'arborescence inspirée par Arya (2019), nous nous situons alors à l'emplacement *statique* → *données* → *attributs*. Cet apprentissage est donc endogène au RNC, permet de mettre en évidence les attributs appris dans le cas d'une lésion singulière d'un patient particulier. Pour autant, si cette tâche faisait partie des objectifs du Challenge organisé par l'ISIC en 2018, le problème constitué par sa réalisation n'est pas pour autant considéré comme résolu. La complexité des attributs à extraire est trop importante pour un nombre effectif d'échantillons trop faible. Dans ce cas où l'explication est endogène au RNC, et produite en même temps que le diagnostic, certaines recherches font par ailleurs état d'une nécessaire négociation entre précision des diagnostics et explication donnée⁵²⁵. Cette technique est néanmoins particulièrement

524 Voir II.2.

525 Darpa (2016, p.7) : « There is an inherent tension between machine learning performance (predictive accuracy) and explainability; often the highest performing methods (e.g., deep learning) are the least explainable, and the most explainable (e.g., decision trees) are less accurate. »

intéressante dans le cas de la dermatologie, puisqu'elle ne donne pas une explication au médecin, mais lui présente des attributs explicatifs, directement issus du modèle théorique humain⁵²⁶. Il nous semble que cette voie a des atouts certains en ce qu'elle est la seule qui permette, non pas de requérir un accès au modèle neuronal, mais de mettre en parallèle le diagnostic issu du modèle avec une identification des attributs du modèle humain, comme si elle rendait compte d'une relation isomorphique implicite entre les deux modèles. Cette présentation n'établit donc pas un lien direct avec le modèle artefactuel mais plutôt la construction parallèle d'éléments explicatifs qui vont permettre au médecin, dans un deuxième mouvement épistémique, de re-construire *a posteriori* une explication portant sur le résultat d'un raisonnement qu'il n'a pas produit. À ce titre, cette construction est analogue à la re-construction d'une explication par le système rationnel S2 du médecin. Même si les résultats n'ont pas été probants lors des Challenge passés, il nous semble donc que l'intérêt de cette méthode réside dans sa façon de montrer les éléments signifiants, de façon analogue à la métaphore de Peirce (1978, p.124) dans laquelle l'action de montrer du doigt un navire à l'horizon permet de faire apparaître ce qui était jusque là invisible. Dès lors, cette façon de faire apparaître les éléments signifiants engage la capacité du dermatologue à expliquer, et à critiquer la validité du diagnostic, à l'aune de ses propres connaissances.

(2) D'autres solutions d'interprétabilité post-hoc existent qui permettent d'apprendre des attributs explicatifs non préalablement spécifiés. On citera par exemple les programmes LIME (*Local Interpretable Model-agnostic Explanations*)⁵²⁷ ou encore SHAP (Shapley Additive Explanations)⁵²⁸. Dans l'arborescence de Arya (2019), nous nous situons alors à l'emplacement *statique* → *modèle* → *local* → *post-hoc* → *attributs*. Sur le principe, ces programmes sont exogènes au RNC, sont donc extérieurs et non contingents au modèle de représentation.

Intéressons nous par exemple à LIME. Cette solution consiste à faire varier le phénomène à catégoriser à son voisinage. Cette solution opère en deux temps : d'une part création d'un *dataset* de substitution autour d'une lésion cutanée déjà catégorisée (par défaut 5000 échantillons), calcul de la catégorisation pour chacun de ces échantillons en utilisant le RNC et étude comparative des *features* de ces échantillons en comparaison avec la lésion d'origine. Cette variabilité de la lésion à catégoriser permet d'une part de vérifier dans quelle mesure une petite perturbation de l'image engage une variation ou non dans la catégorisation et dans ce cas quels sont les éléments de l'image qui déterminent, et donc qui « expliquent » cette variabilité. Cette dernière « extraction

526Puisque ce sont bien ces attributs dont l'extraction a été spécifiée lors de la conception.

527Pour une introduction à Lime, on pourra consulter : <https://www.geeksforgoeks.org/introduction-to-explainable-ai-using-lime/>, consulté le 04/05/2021 ; pour plus de détails, on pourra aussi consulter Ribeiro et al (2016)

528Pour plus de détails, voir Lundberg (2017)

profonde de *features*⁵²⁹ » est réalisée par appel de la procédure *Lasso* qui, comme Lime fait partie de bibliothèques de programmes libres de droit. Il s'agit donc d'une forme d'analyse de la robustesse d'un résultat local qui répond aux critiques originelles de la reconnaissance d'image, lorsque l'ajout d'un « bruit blanc » à une image, invisible à l'œil humain, changeait la catégorisation par le réseau de neurones. Par ailleurs, cette extraction d'attributs post-hoc revêt un sens différent de celui précédemment vu, puisque celui-ci relève du modèle topologique et que les attributs signifiés, n'ayant pas été pré-définis par la théorie humaine, renvoient de fait à une visualisation de la variabilité locale du modèle topologique. Pour autant, ainsi que le mentionnent Ribeiro et al (2016, p.1140), la compréhension par l'opérateur des attributs ainsi exhibés renvoie une fois, encore de façon anthropomorphique, au modèle humain de mélanomes et des attributs qui y sont idéalisés. Ainsi, sans doute dans le prolongement mimétique de l'explication humaine, une telle extraction d'attributs du modèle topologique est évaluée à l'aune d'un modèle auquel elle n'est pas directement en relation.

(3) Une troisième possibilité d'interprétabilité locale consiste à expliquer le diagnostic d'une image singulière à partir de la visualisation des échantillons présents dans le *dataset* d'apprentissage qui se trouvent au voisinage de la représentation de cette image à catégoriser⁵³⁰, c'est à dire les représentations qui, par similarité, ont présidé au calcul de la catégorisation. Dans l'arborescence ci-dessus, nous nous situons alors à l'emplacement *statique* → *modèle* → *local* → *post-hoc* → *exemples*. Ces programmes sont encore une fois exogènes au RNC, sont donc extérieurs et non dépendants du modèle de représentation mais ils réussissent à rendre donc explicite le raisonnement artefactuel par proximité-similarité. On peut néanmoins objecter que mettre ainsi en évidence le voisinage topologique d'une représentation permet aussi d'exhiber le caractère illusoire de cette proximité symbolique, la représentation apprise la plus proche pouvant être en fait particulièrement éloignée et la similarité explicative qui l'accompagne symboliquement pas significative à l'œil humain.

D'autres méthodes sont disponibles mais pas nécessairement adaptée à un situation de diagnostic. Par exemple, certaines sont basées sur un examen contrefactuel de la représentation⁵³¹, ce qui n'est pas typiquement le type d'interprétation qui est attendue dans notre cas, remplaçant notre « pourquoi ? » en un « et si ? ».

Revenons aux dispositifs (2). À cette utilisation de solutions d'interprétabilité post-hoc, venant

529D'attributs

530Par exemple, la solution MMD-critic de Kim et. al (2016)

531 Voir Wachter et al (2018)

a posteriori de l'apprentissage et en surcouché du RNC, certaines objections ont vu le jour. C'est le cas en particulier de Cynthia Rudin (2019), qui dans une défense du dispositif (1), rejette l'assertion d'une tension entre précision et explication rendant nécessaire un choix épistémique et surtout disqualifie les dispositifs post-hoc comme n'étant pas fidèles aux modèles neuronaux qu'ils sont censés « expliquer », ou encore qu'ils ne permettent pas de comprendre les processus à l'œuvre dans la boîte noire. Ces objections ne nous semblent pas disqualifiantes pour autant, à moins encore une fois d'accepter de rejeter en même temps la validité de l'explication rationnelle du diagnostic intuitif d'un médecin.

On pourra sans doute aussi objecter que ces « explications », en n'expliquant que localement un résultat, ne s'appuient pas sur une compréhension globale du modèle neuronal. Cela étant, les modalités mêmes du calcul de similarités n'engagent qu'une exploration de voisinage ; nul besoin, en réalité, pour un dermatologue humain, de comparer une image de mélanome nodulaire avec celle d'un mélanome lentigineux, qui sont morphologiquement différents, de la même façon que il n'y a nul besoin pour un réseau de neurones de comparer leurs représentations topologiques qui seront très éloignées. Cette dernière objection ne nous semble donc, en l'état, pas suffisante pour disqualifier ce type de dispositif.

Pour autant, plus crucial, alors que ces solutions explicatives permettent aussi de lever certains biais qui peuvent être inhérents au RNC, elles peuvent, elles-mêmes, en tant que dispositifs exogènes, être porteuses de nouveaux biais, d'implicites, de subjectivités. Plus encore, Dylan Slack et al (2021), mettent en évidence la possibilité pour un *datascientist* de manipuler l'attribution de *features* par une solution post-hoc telle que LIME ou SHAP afin de cacher d'éventuels biais. Cette manipulation, dans l'esprit de ces auteurs, est d'ordre intentionnel, implicite en ce qu'elle n'est pas divulguée, et dans une volonté de tromper, de cacher ce qui devrait pouvoir être montré. En fait, l'article de Slack déplace la question de la manipulation du logiciel vers la manipulation de la confiance, en déplaçant le contexte d'implémentation dans un environnement d'adversité. Ils montrent que la manipulation est possible, pas qu'elle est nécessaire ; mais on pourrait sans doute conclure leur raisonnement par l'énoncé de la loi de Gabor⁵³²... dans la mesure où ils ne montrent pas de méthode qui permette de s'en prémunir.

Dans ce qui précède, nous avons mis en évidence une transformation du concept d'explication scientifique en un concept de produit explicatif, dont il faut sélectionner la méthode computationnelle, celle qui permet d'obtenir un résultat pragmatiquement acceptable par le

532« Tout ce qui est possible sera nécessairement réalisé »

destinataire humain. *In fine*, ce concept social de communication d'une réponse à la question humaine en forme de « pourquoi », est devenu un concept qu'il s'agit d'évaluer, non plus à l'aune d'une théorie de l'explication scientifique, d'une logique causale, d'un *Covering Law Model* de Hempel, mais qu'il s'agit d'évaluer à l'aune d'échelles de valeur pragmatistes. Pourtant, ainsi que le rappelait déjà Doshi-Velez et al en 2017⁵³³, il n'y a pas de consensus sur ce devrait être l'interprétabilité d'un réseau de neurones, ni sur la manière dont il faudrait évaluer celle-ci, tout en évoquant la nécessité d'élaborer des études comparatives⁵³⁴ des programmes d'interprétabilité, ce qui reviendrait à vouloir normer techniquement la tâche explicative en imposant un système axiologique objectif. C'est sans doute de cette déficience normative que ressort en partie l'intérêt de Arya et al (2019), dans cette proposition de l'adaptation du choix du « produit » explicatif au contexte d'utilisation, l'utilisateur restant seul décisionnaire pour de l'évaluation de l'explication offerte.

Pour conclure ce paragraphe en revenant à notre objet d'étude, nous ne pouvons que constater que, malgré les dispositifs d'interprétabilité disponibles, sans doute encore à l'état de recherche, la solution MoleAnalyzerPro[®], pour ne citer qu'elle, ne propose aucune explication à ses résultats. Ainsi que le propose Edgar Morin (1990, p.21)⁵³⁵, on peut envisager que, en tant que regard empirique sur la vérité objective du réel, cet esprit technique échappe lui-même à ce regard, devenant ainsi incapable de se penser et de s'expliquer : « ce qui est élucidant n'a pas besoin d'être élucidé ». Pour autant, ce logiciel n'a pas été conçu seulement pour refléter la vérité du réel, mais aussi pour la dévoiler, l'exposer dans un mi-lieu, un lieu partagé avec son utilisateur ; à cet égard, en empêchant l'homme de penser les savoirs de la machine, cette absence de la fonction explicative ne peut alors que restreindre les modalités de son utilisation, en restreignant les conditions de sa sociabilité au sein de son environnement d'implémentation.

On pourra aussi sans doute dresser un parallèle entre cette quête d'explication et Blaise Pascal (1645) dans sa volonté d'expliquer le fonctionnement de sa « machine arithmétique »⁵³⁶ et de la réalisation mécanique de calculs. Sans doute cette tâche explicative, qui répond à une défiance publique vis-à-vis d'une boîte noire qui simule le raisonnement humain, n'est-elle que temporaire, comme il ne nous viendrait pas à l'esprit, aujourd'hui, de vouloir expliquer le fonctionnement électronique d'une calculatrice.

533Et c'est toujours le cas

534Un *benchmark*

535En transposant sa proposition sur l'esprit scientifique à l'esprit technique constitutif de la *mimésis* opérée par les réseaux de neurones.

536Qui mimait déjà la cognition humaine

3. Explicabilité-Interprétabilité : un concept éthique

Nous avons développé à ce stade la dimension épistémique du concept d'explicabilité. Il paraît par ailleurs clair que l'explication est aussi un concept social dans la mesure où elle met en relation adaptative deux sujets aux déterminants socio-culturels non nécessairement identiques, en véhiculant une information importante qui doit permettre une délibération « éclairée ». À cette fonction sociale de l'explication, s'adjoit donc une fonction éthique en corrélation avec l'exercice d'une médecine éthique.

Cette fonction éthique est de fait à l'intersection entre Intelligence Artificielle et médecine. Initiant le projet de la Commission Européenne de « *7 Key Requirements for a Trustworthy AI* », Floridi et al. (2018, p.695) ont déterminé cinq catégories éthiques majeures applicables à l'IA⁵³⁷ : bienfaisance, non malfaisance, justice, autonomie, et explicabilité. Nous n'entrerons pas ici dans une discussion élargie des quatre premiers principes dont nous nous bornerons à constater qu'ils reprennent les propositions de Beauchamp et Childress (1979) dans le champ de l'éthique biomédicale et que seule l'explicabilité⁵³⁸ est ajoutée à ces principes dans le contexte de l'IA, ce qui revêt un intérêt particulier lorsque la solution d'intelligence artificielle que nous étudions porte sur une discipline médicale. Selon Floridi et al (p.696), cette explicabilité est entendue comme « intégrant à la fois intelligibilité et responsabilité », comme permettant de répondre aux questions de « pourquoi » ou a minima de « comment » un résultat, et de qui est responsable de la façon dont le diagnostic a été réalisé⁵³⁹. Plus encore, selon les auteurs, avec lesquels nous sommes en accord, le principe d'explicabilité est une condition première et nécessaire à la réalisation des quatre autres : une condition à la compréhension du bien et du mal que le logiciel peut induire, une condition à la justice d'un diagnostic dépourvu de biais, enfin une condition à une décision autonome parce qu'éclairée par la compréhension du pourquoi⁵⁴⁰.

Dans ce cadre, l'absence de fonction explicative au logiciel commercial étudié pose un problème majeur : le concepteur de ce logiciel, qui se situe pourtant à l'intersection entre intelligence artificielle et dermatologie, a décidé de le positionner à l'extérieur d'une axiomatique éthique qui recouvre l'intersection des deux disciplines. Par voie de conséquence, aucune des fonctions de l'explication, autant épistémique, sociale, qu'éthique n'est réalisée.

537 Sur la base de l'étude de 47 principes éthiques applicables à l'IA présents dans quatre rapports internationaux majeurs

538 Que nous entendons ici dans un sens large incluant l'interprétabilité

539 Dans notre cas d'étude

540 Pour plus de détails, on se reportera à Brault et Duchemann (2021)

De la Croyance à la Confiance

Russel Hardin (2006, p.17) :

« To say we trust you means we believe you have the right intentions toward us and that you are competent to do what we trust you to do »

1. De la prétention à la vérité à la confiance

Être vrai ou tenir pour vrai

Nous ferons ici une première distinction entre une proposition « vraie », ou plus simplement la vérité, et la perception qu'un observateur peut avoir de cette « vérité ». Ainsi, une proposition peut être vraie, ou non, la vérité relative à cette proposition peut avoir été formellement prouvée, ce qui rend alors cette proposition indiscutable en référence au système probatoire utilisé. D'un autre côté, un observateur peut croire en la vérité de cette proposition, peut la tenir pour vraie sans qu'une preuve formelle lui ait nécessairement été donnée à voir. Cet bref exposé établit donc une distinction entre la valeur de vérité attachée à la seule proposition et la qualité de la relation entre cette proposition et un observateur. Le premier concept est évidemment un concept épistémologique lorsque le second peut être d'ordre socio-culturel ou cognitif.

Si nous revenons à notre cas de figure où un RNC établit une proposition diagnostique, nous avons vu de quelle manière le RNC avait été vérifié et validé techniquement, de quelle manière sa performance générale dans l'établissement de diagnostics avait été démontrée d'un point de vue pragmatiste ; pour autant, nous avons vu aussi qu'aucune proposition particulière ne venait confirmer la validité d'un diagnostic singulier. Passer de l'un à l'autre, du général pragmatiste vers le particulier nécessite d'inférer la validité singulière de la validité générale, sans pour autant qu'il y ait une théorie ou un modèle explicite venant expliquer cette inférence implicite, sans pour autant qu'une explication particulière ne vienne étayer la prétention à la vérité de ce résultat. La

situation dans laquelle le diagnostic est délivré est donc une situation où l'incertitude n'est pas totalement levée, faisant apparaître la nécessité d'activer d'autres leviers, et en particulier celui de la confiance, afin de rendre la réception de ce diagnostic acceptable. La confiance était déjà, de fait, essentielle à la relation sociale entre deux agents et à leur collaboration, mais le rôle de l'explication était justement de fixer cette confiance dans une vérité singulière ; l'absence de cette dernière nous oblige à envisager d'autres conditions d'établissement de cette confiance.

« *Trust* » et « *Trustworthiness* »

Avant d'envisager ce concept, nous notons que la langue anglaise l'envisage de deux façons distinctes : « *trust* » et « *trustworthiness* ». L'utilisation de ces deux termes permet de dissoudre l'ambivalence présente en Français entre la relation de confiance établie entre deux agents dont l'un (le « *confiant* ») a foi en l'autre (le « *bénéficiaire* » de la confiance), laquelle relation est définie en anglais par « *trust* », et la propriété singulière attachée à celui qui est -ou qui se prétend- digne de confiance, qualifiée en anglais de « *trustworthiness* ».

Ainsi que le rappelle Russell Hardin (2006), l'analyse du concept de confiance s'est jusque là focalisée sur l'état du bénéficiaire potentiel, de celui qui veut être digne de confiance, ou lorsqu'il s'agit d'un agent artefactuel, de celui qu'un agent tiers veut montrer comme étant digne de confiance. On remarquera que c'est bien le concept de « *trustworthiness* » qui est systématiquement avancé pour légitimer l'importance des recherches sur l'explicabilité et l'interprétabilité⁵⁴¹ que nous avons évoquées dans le paragraphe précédent. Plutôt que de traiter la relation de confiance, qui est contingente à un contexte, à l'agent qui fait confiance, c'est le concept de « *trustworthiness* » qui est visé, en tant qu'attribut d'autorité épistémique attaché intrinsèquement au RNC.

Cette dernière propriété, si elle est effectivement attachée à l'artefact, participe de fait à l'établissement d'une relation de confiance entre l'artefact et son environnement d'utilisation au sens large du terme. Ce qui va dès lors nous intéresser, c'est d'une part de comprendre les conditions de la construction de cet attribut de confiance attaché, dans notre cas, à un RNC de détection de mélanomes. Et d'autre part de comprendre de quelle façon cet attribut peut permettre l'établissement d'une relation de confiance, avec un médecin, un patient, ou encore un acheteur de dispositifs médicaux dans la santé publique.

2. Attribut de confiance : valeur épistémique et réputation

⁵⁴¹Nous rappelons le titre du projet de la Commission Européenne : « *7 Key Requirements for a Trustworthy AI* »

Si cet attribut devait être le résultat d'un raisonnement rationnel et explicite, quelles sont les informations objectives et explicites mises à la disposition pour établir cet attribut ? Qu'est ce qui nous permet de penser, pour reprendre l'expression de Hardin ci-dessus, que le RNC a bien la compétence requise à la réalisation de cette tâche qui est l'objet de notre confiance ? Il y a donc un déplacement de la confiance en la bonne réalisation de la tâche, du diagnostic, vers la compétence à la réaliser et c'est alors le réseau de preuves, de vérifications, de validations, que nous avons étudiées précédemment qui nous informe si nous pouvons avoir confiance en celle-ci.

Ces preuves de compétence, si elles sont, de fait, attachées à l'objet, et donc objectives, ont été produites comme résultats de programmes de recherche et sont rendues accessibles à des experts, issus de la médecine ou des sciences de la donnée qui ont la compétence de pouvoir évaluer ces arguments de façon critique. L'assignation de cette confiance-attribut est donc réalisée dans une forme de dialogue critique entre la prétention à la compétence de la part de ceux qui ont produit les preuves et leur évaluation par des experts : les preuves fournies sont-elles valides, sont elles suffisantes, font-elles apparaître des biais ? Dans notre cas, les programmes de recherche de Haenssle et al (2018, 2021) ou encore Winkler (2021) ont pour vocation de prouver la compétence d'un RNC donné, et donc la confiance que l'on doit pouvoir avoir en cette compétence. Le Pr Luc Thomas fait une objection d'expert aux résultats de ces recherches⁵⁴² : celles-ci n'ont pas été élaborées selon les procédures de validation d'un artefact pharmaceutique⁵⁴³, c'est-à-dire selon une procédure randomisée en double aveugle, et n'ont donc pas non plus été réalisées en contexte réel ; et cette méthodologie, qu'il juge insuffisamment probatoire, ne peut justifier une confiance supérieure à celle que l'on pourrait avoir dans la compétence d'un dermatologue. Ce dialogue critique fait apparaître par ailleurs une forme de hiatus dans la mesure où cette confiance-attribut, qui devait initialement être attachée à l'objet, est finalement contingente à une relation avec les experts qui ont un pouvoir d'assignation de cette confiance épistémique. Nous soulignons par ailleurs que cette première manifestation de la confiance provient d'une évaluation rationnelle d'informations mises à disposition.

Parallèlement, cette prétention à la confiance de la part des producteurs de preuves, peut faire l'objet d'une communication à d'autres acteurs, médecins, *datascientists*, mais aussi patients, par la médiation de certifications⁵⁴⁴ qui sont rendues publiques, et bien entendu par la médiation de magazines grand public. C'est le cas lorsque le 29/05/2018, l'édition internet de Science et Avenir,

542Entretien du 06 Août 2021

543Un médicament

544Rappelons que Molealyzer-Pro[®] est, depuis 2020, la première solution de détection de mélanomes certifiées CE en tant que « Software as a Medical Device »

avec AFP, titrent « Une Intelligence artificielle capable de reconnaître le mélanome avec 95% d'efficacité », ou encore lorsque encore l'édition internet du quotidien LesEchos titre le 20/06/2019 « Nouvelle prouesse de l'IA dans le diagnostic du cancer du sein ».

Ceux-ci ne sont pas nécessairement aptes à poser un raisonnement critique sur cette prétention à la compétence. Pourtant, ces communications croisées, se renforçant les unes les autres, ces médiations, sont des dispositifs de construction d'une réputation, à partir de la narration - possiblement fictionnelle - d'expériences spectaculaires et de performances passées⁵⁴⁵, fixant la confiance en des performances futures. Ces communications engagent donc une rhétorique de persuasion d'un progrès technique. À ce titre, cette construction est étayée par une confiance plus générale en la machine, en tant qu'élément d'une modernité lui prêtant *a priori* une performance supérieure à celle de l'homme et lui conférant une forme d'autorité. Cette nouvelle confiance n'engage pas de raisonnement rationnel et objectif, elle est un dispositif de réduction subjective et intuitive de la complexité de l'objet au discours de ses accomplissements. Elle résulte d'une d'alliance de la technique et de la fiction, qui, « en ouvrant les possibles, [...] prépare les esprits à accueillir l'innovation qu'elle a déjà esquissée dan sa narration »⁵⁴⁶.

Pour reprendre Callon (1986) et Latour (2005), il s'agit aussi de la traduction et de la diffusion des intérêts des industriels qui ont conçu ces machines, grâce au recrutement de porte-paroles. Cette traduction fictionnelle participe alors à la construction d'une valeur de confiance, qui peut⁵⁴⁷ devenir collective, propriété mythique d'un objet narré.

3. Relation de confiance et intérêt

Nous avons vu plus haut que Russel Hardin (2006) engageait deux formes de confiance, d'une part une confiance en la compétence d'un agent à pouvoir réaliser une tâche, et aussi une confiance en les intentions de cet agent à la réaliser. Nous qualifierons cette seconde catégorie de confiance-intérêt. À l'instar de Alon Jacovi et al (2021, p.2), nous modulerons cette formulation par trop impérative à notre sens, par l'acceptation, par celui qui donne sa confiance, d'une possibilité de défaillance de l'autre agent.

Notons qu'il ne s'agit bien entendu pas pour nous d'attribuer des intérêts à un artefact, dans

545Voir Piotr Sztompka (1999, p.71)

546Voir Sfez (2002, p.233)

547L'intérêt des industriels est qu'elle le devienne

notre cas à un réseau de neurones, mais par transitivité de dire que les agents ayant participé à sa conception, à sa valorisation, à sa distribution commerciale, ont des intérêts, intérêts certes différents en fonction de la position de chacun, et dont chacun cherche le renforcement, mais intérêts qui convergent vers l'établissement du succès de l'artefact, succès économique en particulier.

Il y a dès lors plusieurs façons de considérer cette confiance-intérêt. On peut envisager, à l'instar de Hardin, une première version structurée autour d'un concept Kantien d'engagement moral qui soumet finalement l'intérêt individuel à un impératif catégorique ; cette version est donc de l'ordre de l'attribut assigné à l'agent et non d'une relation.

En tant que représentative de relations d'intérêts, la confiance peut tout d'abord être le résultat de la convergence d'intérêts, si à un instant t , il y a concomitance entre les miens (en tant que patient) - la réalisation d'un diagnostic qui soit vrai - et ceux liés au succès du RNC. Hardin (2002, 2006) propose une autre version de la confiance en tant « qu'intérêts encapsulés » : mes propres intérêts sont alors encapsulés dans ceux de l'autre agent, ou dans notre cas, le RNC, en d'autres termes, si, moi, en tant que patient, dois être en relation avec un RNC, je peux avoir confiance en ses résultats parce qu'il est de l'intérêt de ses concepteurs/distributeurs que le RNC réalise un diagnostic qui réponde à mon intérêt. Cet « encapsulement » de mes intérêts dans ceux du RNC, et de ceux des agents qu'il sous-tend, rend cette confiance systématique, non contingente à un contexte particulier, dans la mesure où il est de l'intérêt du destinataire de ma confiance de tout faire pour la préserver. Un cas radical d'une telle relation de confiance est constitué par la confiance contractuelle, lorsque mes intérêts sont protégés par un engagement formel.

Pour autant, raisonner la confiance en termes d'intérêts la renvoie à interroger sa propre valeur. Diego Gambetta (2008, p.213) s'interrogeait : « Pouvons nous avoir confiance en la confiance ? ». De fait, si nous pouvons avoir une confiance étayée en une compétence, comment avoir confiance dans la prise en compte de mes intérêts au sein d'intérêts autres, dans la mesure où les déterminants de ces derniers ne peuvent être perçus que de façon subjective. Ils peuvent être le résultat d'une narration, visant à établir une telle réputation, ou à la défaire. Cela peut d'ailleurs renvoyer à l'éventualité d'une manipulation de la confiance dont la possibilité technique a été mise en évidence par Slack et al (2021), en occultant intentionnellement des biais. La question semble en réalité indécidable, et pour reprendre les termes de Lucien Sfez (2002, p.27), une telle question appelle une réponse idéologique, appelle une autre fiction vrai-semblable, d'autant plus acceptable qu'elle paraît crédible.

De la performance à la confiance et Conclusion

Dans la première partie, nous avons évoqué les obstacles à l'organisation d'une détection efficace des mélanomes, et en particulier l'incertitude du diagnostic humain, et sa résistance à l'objectivation.

Nous avons vu, dans la partie précédente, comment les programmes de recherche portant sur les RNC de détection de mélanomes avaient été structurés autour d'expériences spectaculaires de validation d'une efficacité performative ; comment ces programmes de recherche pouvaient être considérés comme étant les signifiants d'une promesse d'un artefact capable de décisions performantes, détenteur d'une compétence portant sur la catégorisation objective du réel.

Pourtant, cette machine se révèle comme objet de connaissance opaque, comme reflet objectif du réel sur lequel aucune procédure endogène ou exogène ne vient porter un regard explicatif. Si, à notre sens, cette opacité n'est pas plus disqualifiante que celle à laquelle renvoie le raisonnement intuitif de l'homme, par contre, l'absence d'explication sur les modalités techniques ou théoriques de calcul de la représentation et de la catégorisation des lésions cutanées scelle l'impuissance de l'homme à penser les savoirs du RNC.

Cette absence constitue tout d'abord un manquement éthique, puisque, en empêchant la compréhension de ses résultats, elle manque à l'établissement des conditions explicites de l'autonomie et de la justice liées à l'utilisation de ce logiciel. Par ailleurs, elle constitue un défaut épistémique et social, qui, dans l'hypothèse d'une implémentation en contexte clinique, nécessite l'appel à un autre dispositif permettant de le résoudre.

Si la confiance est essentielle à la sociabilité des agents, à la possibilité même d'une collaboration, celle-ci aurait pu/du être fixée par un opérateur épistémique : la preuve, ou

l'explication. Nous avons vu que celle-ci pouvait aussi relever de déterminants fictionnels, vraisemblables, issus d'une narration, de déterminants crédibles et renvoyant à la croyance en la compétence de l'artefact et en la satisfaction de nos intérêts par l'usage de cet artefact. En l'absence d'explication singulière, elle peut sans doute être maintenue moyennant l'appel à la narration d'un « semblable au vrai », qui peut devenir un mythe lorsqu'il fait l'objet d'une appropriation collective. C'est donc bien par la constitution de relations de confiance que la résolution de l'absence d'explication peut se réaliser, en comblant le défaut d'un opérateur épistémique doté de fonctions éthique et sociale par un opérateur cognitif doté de fonctions sociale et de vérisimilitude⁵⁴⁸, cet opérateur permettant aussi une réduction de la complexité par l'action de raccourcis heuristiques. Et, *in fine*, l'établissement de cette confiance est un moyen pour maintenir la sociabilité et la collaboration de l'artefact avec les autres agents intervenant dans la tâche de diagnostic, y compris avec le patient, et plus globalement un moyen pour assurer les conditions même de son acceptabilité.

En quoi alors cette solution artefactuelle de détection de mélanomes peut-elle constituer une solution au problème de santé publique de détection des mélanomes ? À notre sens, la question n'est pas bien formulée en ce que l'élaboration du diagnostic n'est que la phase préparatoire de la décision thérapeutique. Ainsi, dans ce qui suit, notre objet d'étude n'étant à ce jour pas implémenté dans un contexte médical qui ne soit pas un contexte de recherche, nous allons proposer des hypothèses d'organisation de la décision thérapeutique ; nous allons ainsi pouvoir considérer, sur la base de ces cas particuliers, dans quelle mesure ces modalités d'implémentation de l'artefact dans une organisation locale ou systémique, permettent ou non de répondre au problème tel que nous l'avons mentionné, et quels obstacles peuvent ou non être dépassés⁵⁴⁹, ou *a minima* être contournés. À cette fin, nous nous appuyerons aussi sur l'expérience de l'implémentation d'innovations intelligentes qui sont intervenues dans les années 1980 à 1990 dans l'aéronautique civile pour répondre⁵⁵⁰ à l'expression d'un besoin d'amélioration de la sécurité. Cette expérience offre l'avantage de nous permettre d'aborder les enjeux du processus d'implémentation de telles innovations et de leur appropriation tant par les utilisateurs « de première ligne »⁵⁵¹, que par le système d'accueil.

548Vérisimilitude n'est pas à considérer dans le sens proposé par Popper, mais en tant que propriété vrai-semblable

549La preuve d'une plus grande justesse n'est d'ores et déjà pas formellement apportée

550Entre autres

551Les pilotes dans un cas, sans doute les médecins dans l'autre

Cinquième Partie

Possibles mises en œuvre et enjeux

Retour sur l'implémentation de technologies de rupture dans l'aéronautique civile

Ernst Mach (1908, p.227) :

« La similitude est une identité partielle : parmi les caractères des objets semblables, les uns sont identiques, et les autres différents.

L'analogie est un cas particulier de similitude. Sans qu'un seul caractère perceptible soit identique dans deux objets, il peut exister entre les caractères d'un objet des relations qui se retrouvent identiquement entre les caractères de l'autre objet. On peut dire que l'analogie est une similitude abstraite. »

La question sera pour nous d'envisager l'implémentation de réseaux de neurones en santé publique sous la forme d'une analogie avec celle de systèmes « intelligents » d'aides à la décision dans l'aéronautique civile. À l'instar de Ernst Mach, il ne s'agit pas de prétendre que les deux systèmes ou les deux processus sont équivalents, ni que différents caractères de ces deux systèmes le soient, mais que nous pouvons établir des relations similaires entre caractères d'un système et caractères de l'autre. Par exemple, dans leurs matérialités, l'erreur de pilotage a peu à voir avec l'erreur médicale, mais, ainsi que le démontrent Kohn et al (2000), mais les mécanismes systémiques d'émergence de ces deux types d'erreur peuvent procéder des mêmes types de déterminants.

1. Structuration en macro-système technique

Le 7 décembre 1944, la « Convention on International Civil Aviation » est signée à Chicago. Après une période transitoire, l'OACI est effectivement créée le 04 avril 1947, marquant la structuration d'une organisation internationale de l'aviation civile, qui est, de fait, mondiale, par son nombre d'adhérents, leurs origines géographiques et les liaisons aériennes qui se mettent en

place entre eux. L'OACI est soumise l'autorité de l'ONU.

À travers cette organisation, c'est un véritable macro-système technique de l'aéronautique civile (MSA) qui se met en place⁵⁵². Il s'agit d'un macro-système organisant les flux des objets techniques que sont les avions, et plus encore la sécurité des flux matériels entre pays membres. Ceux-ci, et plus largement le fonctionnement du système, sont eux-mêmes renseignés à travers des échanges d'informations, tant à l'intérieur des sous-systèmes qu'entre sous-systèmes, de façon à contrôler le maillage réticulaire constitutif du territoire aérien.

Dès l'origine, la mission de l'OACI d'organisation des échanges aériens, doit aussi permettre de promouvoir la paix et la collaboration entre nations⁵⁵³, particulièrement importantes au sortir d'une guerre mondiale. Son développement devient un moyen systémique à la réalisation cette mission « humanitaire ». Ce développement passe, d'une part, par un recrutement politique de nouveaux membres, permettant l'extension de son territoire d'intervention, de sa diffusion, et l'extension du réseau d'interdépendances qui lie tous les sous-systèmes nationaux entre eux. Il passe aussi par une croissance économique de l'économie que ce MSA représente, et cette croissance nécessite une exploitation sûre et économique des lignes aériennes.

Dans l'esprit de la Convention de Chicago, tant ce développement systémique que le fonctionnement sûr et efficace sont les conséquences de mécanismes normalisateurs décidés à partir de l'OACI qui est au sommet de la pyramide institutionnelle. C'est à cette organisation que revient la responsabilité d'initier les conditions du développement du système dont elle a la charge, ainsi que les modalités de régulation de la sécurité et donc d'établir les mécanismes et le réseau qui vont permettre de les codifier et de les implémenter.

552 Nous entendons la notion de macro-système technique au sens de Alain Gras (2010, p.75-76), cité par Caroline Moricot (2020, p.151) : « a. un système hétérogène ; b. composé de machines complexes et de structures physiques organisées sous forme de réseaux [...] en relation, par un ensemble d'interfaces, avec d'autres systèmes qui constituent son environnement [...] ; ce qui comporte un territoire interne fait de flux, où les flux matériels [...] sont gérés à distance tandis que le contrôle s'exerce au moyen d'un appareil de surveillance généralisé sur l'ensemble de ce territoire. »

553 Voir : *Convention on International Civil Aviation*, 07 décembre 1944, Préambule, p.2

« WHEREAS the future development of international civil aviation can greatly help to create and preserve friendship and understanding among the nations and peoples of the world, yet its abuse can become a threat to the general security; and

WHEREAS it is desirable to avoid friction and to promote that co-operation between nations and peoples upon which the peace of the world depends;

THEREFORE, the undersigned governments having agreed on certain principles and arrangements in order that international civil aviation may be developed in a safe and orderly manner and that international air transport services may be established on the basis of equality of opportunity and operated soundly and economically; »

2. Nécessaire établissement de la confiance des usagers et du public

Cette période de l'après-guerre est marquée à la fois par la création, puis l'expansion des institutions nationales et supra-nationales nécessaires à la définition du MSA, mais aussi par l'exploitation de nouveaux outils technologiques mis à la disposition de l'industrie civile grâce aux investissements militaires. L'aéronautique civile profite d'une certaine façon de « l'énergie cinétique » issue de la puissance technologique développée par l'armée⁵⁵⁴, ce qui lui permet, en tant que système technique d'atteindre ce *momentum* décrit par Thomas Hughes (1983, p.140) ou encore Alain Gras (1997, p.56), ce moment particulier et dangereux où de nombreuses innovations majeures sont disponibles⁵⁵⁵ et où il faut insérer la modernité de l'avion dans le monde social.

Le danger est représenté par le *reverse salient*, le problème critique que le MSA doit résoudre, la sécurité des vols qui doit être maîtrisée. La sécurité et l'efficacité sont les maîtres mots de la quête de développement et de croissance du système, leur règlement est donc nécessaire au succès de cette quête. Ainsi, passée la traduction des inventions de l'aviation militaire vers l'aéronautique civile, passé le temps de l'incertitude de la modernité, les différents avionneurs se doivent de positionner la fiabilité de leurs avions et la sécurité des vols comme priorités⁵⁵⁶⁵⁵⁷. L'insertion de l'avion dans son environnement social passe par la confiance du public en la fiabilité de la technologie proposée, par la perception, par ce dernier, de la sécurité aérienne.

3. Un moment de convergence d'intérêts

Ces années 1970 à 1980 sont de fait à l'intersection d'intérêts multiples d'acteurs du MSA :

- Nous venons de le voir, l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) a établi que la confiance du public en la sécurité aérienne était nécessaire à son expansion.
- Le développement économique de l'aéronautique civile demande aux compagnies aériennes

554Principalement américaine

555Entre autres : premiers avions à réaction, pressurisation des cabines

556Convention on International Civil Aviation, 07 décembre 1944, Article 44, items (a) et (h), p.23

557Si, à la fin des années 1960, Boeing est de fait l'acteur majeur de l'aéronautique civile, sa position dominante est à la fois assurée et contrainte par ce paradigme sécuritaire ; assurée car la réputation de Boeing s'est constituée aussi sur la garantie sécuritaire ; contrainte car cette position les oblige à une certaine continuité dans la conception de leurs nouveaux avions en empêchant des innovations trop marquées aux conséquences incertaines.

de pouvoir réduire les coûts d'exploitation, cela passe en particulier par la réduction du nombre de navigants dans le cockpit (élimination du mécanicien-navigant)

– Airbus Industries est un nouvel entrant dans une industrie aéronautique dominée par Boeing, et a besoin d'une innovation majeure afin de pouvoir rivaliser.

4. Un moment de convergence d'innovation techniques et organisationnelles

Innovations techniques de rupture : Glass-Cockpit et Fly-by-wire

Les années 1970 ont vu se multiplier nombre de systèmes d'aide au pilotage, à la navigation, d'alerte, donnant lieu chacun à des dispositifs d'affichage, de contrôle ou d'alarme. Finalement, au milieu de cette décennie, la complexité du cockpit prenait la forme de plus de cent dispositifs⁵⁵⁸ d'interfaçage permettant de visualiser et contrôler la situation de l'appareil, d'aider à la navigation, prévenir de dangers potentiels.

Airbus Industries propose dès le début des années 1980 deux innovations de rupture qui transforment la réalité individuelle et collective du pilotage :

– le « *Fly by wire* » consiste en l'interfaçage électrique et digital des commandes de vol⁵⁵⁹.

– le « *Glass cockpit* » simplifie le tableau de bord en remplaçant l'agencement complexe et difficile à exploiter des affichages analogiques par une interface simplifiée composée d'écrans multimodaux à affichage digital⁵⁶⁰. Il s'agit donc de faciliter l'accès à l'information, ainsi que la compréhension de la situation de l'avion dans l'espace local (*situational awareness*), dans son plan de vol, ou encore d'aider au pilotage, de façon à fluidifier les prises de décision et la mise en œuvre de stratégies de pilotage. En filigrane, le « *glass cockpit* » doit alléger la charge de travail des pilotes, rendant possible la disparition du troisième homme : le mécanicien navigant, mais transformant aussi *de facto* le collectif de travail.

558<https://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/Glasscockpit.html>, téléchargé le 03/05/2017 @ 09h57

559Dans un avion traditionnel, les commandes (de puissance, de gouverne, etc) du pilote étaient transmises aux organes (moteurs, ailerons, ...), d'une part par son action mécanique sur un levier puis par la transmission de cette action par l'intermédiaire de systèmes mécaniques (câbles) et hydrauliques. Ces systèmes sont par nature lourds, consommateurs d'espace et difficiles à rendre redondant de façon à prévoir une solution de « backup » en cas de panne. Dans le principe, la technologie « *fly by wire* » consiste à remplacer ces modes de transmission physique d'instructions par un dispositif de contrôle des organes par transmission d'impulsions électriques géré par ordinateur.

560Par écran multimodal, il faut entendre un écran qui peut afficher différentes informations selon le mode sélectionné par le pilote.

Innovation organisationnelle : Le facteur humain (ergonomie)

La défiance vis-à-vis du comportement des pilotes et de l'erreur humaine est mise en évidence très tôt, par le Commandant Mioche lors du Premier Congrès de Sécurité aérienne en 1930) :

« (...) C'est en outre la suppression absolue des fautes de pilotage et la solution magistrale du vol dans la nuit et dans le brouillard ; le pilotage sans visibilité dont personne aujourd'hui ne nie plus l'intérêt, n'est qu'un pilotage automatique imparfait, où les indications données par les instruments sont transformées en mouvements des gouvernes par le servo-moteur fantaisiste qu'est le pilote »⁵⁶¹

La seconde guerre mondiale constitue, peu après, un moment de recherche intensif sur le comportement des pilotes, en particulier, au Royaume Uni, sous l'égide du *Flying Personnel Research Committee*⁵⁶² de la Royal Air Force, mais aussi aux États-Unis et en Allemagne. Et ce sont ces travaux, ayant eu lieu en temps de guerre, qui forment le socle fondateur de l'institutionnalisation des facteurs humains (*Human Factors* ou HF⁵⁶³) à partir de 1949.

Elwyn Edwards (1988, p.9) définit ainsi les « facteurs humains » (« *Human factors* » ou HF) comme :

« Human factors (or ergonomics) may be defined as the technology concerned to optimize the relationships between people and their activities by the systematic application of the human sciences, integrated within the framework of system engineering ».

Il s'agit donc d'intégrer les sciences humaines à l'ingénierie afin d'organiser l'optimisation de la relation de l'homme à la réalisation de son activité, de son travail. Comme le mentionne Edwards plus loin, l'emploi de la notion d'ingénierie doit rappeler que les HF sont centrés sur la résolution pragmatique de problèmes et non sur leur théorisation scientifique.

Parallèlement, reprenant les statistiques de la guerre et considérant ainsi que les accidents étaient un facteur de dégradation de l'objectif de réussite des missions, la sécurité et la conservation du matériel volant deviennent des éléments centraux de la réussite des objectifs stratégiques. Ainsi, au début des années 1950, l'état-major américain crée des centres militaires de sécurité aéronautique⁵⁶⁴. C'est l'avènement du système-sécurité utilisé et développé tout d'abord par

561 Commandant Mioche, « Le Pilotage Automatique des Avions » cité par Gras, Moricot, Poirot-Delpech et Scardigli, *Face à l'Automate, le pilote, le contrôleur et l'ingénieur*, Publications de la Sorbonne, 1994, p.36, le soulignement est dans la version de Gras et al.

562 On se reportera par exemple à D. Russell Davis (1948)

563 Ou encore ergonomie

564 Voir C.O. Miller (1988, p.57)

l'armée et modélisé au début des années 1960.

L'objectif formel du management de ce système est la réalisation de la mission, laquelle est la résultante de la parfaite maîtrise singulière et interrelationnelle des facteurs technologiques, humains et environnementaux.

Pour ce qui est de l'aviation civile, l'objectif est toujours la bonne réalisation de missions, qui sont cette fois de nature civile. Le développement économique du système aéronautique se trouve donc structurellement lié à l'implémentation ou l'amélioration de technologies propres à lui assurer une sécurité accrue. La problématique est donc similaire à celle de l'aviation militaire et l'aviation civile va pouvoir exploiter les résultats des recherches entreprises.

Les années 1980 constituent un tournant. Cette décennie est marquée par une série de catastrophes industrielles sur des macro-systèmes techniques : Three Mile Island, Bophal, Tchernobyl,... et la mise en évidence d'une aversion généralisée vis-à-vis du danger « industriel ».

Il s'agit d'un tournant car ces catastrophes donnent lieu à des études approfondies sur leurs conditions d'émergence et plus largement les conditions d'émergence de catastrophes industrielles et les modalités systémiques de leur empêchement. L'humain est mis en système avec la technique dans la compréhension génétique de l'accident ; en particulier, selon James Reason⁵⁶⁵, l'opérateur humain doit être dégagé de sa position d'unique maillon faillible unique en le réintégrant au sein d'une chaîne de causalité débouchant sur un accident, en le réintégrant dans le système et l'organisation du travail auxquels il participe : Reason met en avant -à l'instar de Fiske et Taylor qu'il cite- le risque d'*erreur d'attribution fondamentale*⁵⁶⁶ commun à certains rapports d'enquête dans leur tendance à porter le blâme sur l'opérateur humain au lieu de considérer un ensemble de facteurs causaux à la fois humains mais aussi situationnels et organisationnels. Enfin, il réhabilite et re-positionne l'opérateur humain comme superviseur nécessaire dans les systèmes complexes, comme ayant une « capacité inégalée, basée sur leurs connaissances déclaratives, de procéder à des résolutions de problèmes, en temps réel, dans des situations nouvelles »⁵⁶⁷.

Les HF deviennent à ce moment un acteur majeur du système sécuritaire de l'aéronautique civile, l'OACI entérine, en 1989⁵⁶⁸, de façon officielle leur importance dans le développement de la sécurité aérienne, et les introduits auprès de l'ensemble des États membres qui eux-mêmes

565James Reason (1993)

566Ibid p.287

567Ibid p.250

568OACI, *Human Factors Digest n°1*, 1989

réglementent leur implémentation dans les procédures des compagnies nationales.

Convergence, normes et surveillance

En conséquence, la fin des années 1980 constitue pour le macro-système aéronautique un moment de convergence normative historique. Il y a d'une part un mouvement des institutions internationales cohérentes, portées par une quête de sécurité et d'efficacité nécessaires pour assurer le développement économique de leur macro-système. C'est par une action d'uniformisation dans un premier temps puis rationalisatrice et normalisatrice que ces institutions luttent contre l'incertitude dans la production des vols. Elles offrent et imposent un cadre institutionnel de formatage réflexif et normatif des outils d'amélioration du système. Dans une même temporalité, des innovations technologiques de rupture et en particulier l'informatisation « autonomisante » du cockpit sont porteuses, elles, de la promesse d'aider et de simplifier la tâche des pilotes.

Pourtant, ces nouvelles technologies ont d'une part induit de nouvelles techniques de pilotage et de comportements individuels et collectifs au sein de l'équipage, mais ont aussi construit de nouvelles normes de pilotage et d'interactions, réglées par de nouveaux types d'outils, de nouvelles checklists, de nouvelles interactions cybernétiques. Elles ont transformé à la fois les catégories fonctionnelles définissant le rôle des pilotes, d'une certaine façon en les déconstruisant et les ré-agençant dans de nouvelles normes d'interactions, non plus avec un outil au sens de Leroi-Gourhan, forme de prolongement prothétique du geste mais avec un être cybernétique possédant une forme d'autonomie vis-à-vis du pilote humain. L'autonomie de cet être cybernétique provient de ce que non seulement il sert d'interface entre le pilote et la réalité matérielle de l'avion, mais il a l'aptitude de transformer le geste du pilote, indépendamment de la sa volonté, selon des algorithmes pré-déterminés. La relation à la machine prend donc un aspect disciplinaire dans ce qu'elle implique une forme de contrôle des mouvements du pilote par la machine. Contrôle passif et normatif ou contrôle actif de correction de l'écart à la norme calculé mais contrôle qui est aussi commutatif dans le sens où le pilote gère aussi la machine dans ses décisions automatisées voire autonomes et évalue sa conformité au plan de vol et à la norme de l'enveloppe de vol.

Au même moment émergent les « human factors » qui entendent traiter de façon organisationnelle les problèmes de faillibilité humaine et proposer des normes de fonctionnement à la fois individuelles et relationnelles entre pilote humain, humain et chacun des composants du cockpit influant activement sur l'évolution de l'avion.

Les années 1980 sont donc un moment de convergence, convergence de techniques d'avionique

de rupture et de techniques de facteurs humains visant toutes deux l'amélioration des conditions sécuritaires de réalisation des liaisons aériennes. C'est bien dans l'articulation de ces deux techniques que se situe la transformation systémique de l'organisation de l'aéronautique civile. Ce sont bien les modalités de cette organisation novatrice qui nous intéressent au premier chef.

5. Organisations systémiques

Normalité, incidents et informations

En 1976, la FAA⁵⁶⁹ américaine lance une première innovation organisationnelle notable : le *Aviation Safety Reporting System* (ASRS). Il s'agit d'un système de collecte de rapports d'incidents basé sur la déclaration anonyme, et garantissant l'immunité des déclarants face à d'éventuelles fautes professionnelles. L'immunité sert bien entendu à favoriser le flux d'informations, mais elle symbolise aussi un changement profond dans la recherche de responsabilités dans l'émergence d'un incident, ou d'un accident : l'humain n'est déjà plus seul responsable au sein d'un système technique complexe. Il ne s'agit donc plus de savoir de pointer du doigt un agent responsable de la situation pathologique d'un vol, mais plutôt d'expliquer les conditions de l'émergence de cette situation.

Par ailleurs, il est intéressant de rappeler comment, dans la citation ci-dessus, Elwyn Edwards utilise indifféremment les termes d'HF et *d'ergonomics*. Les racines grecques du terme « ergonomie » sont « ergon » (le travail ou l'action) et « nomos » (la règle), qui sont porteurs d'un caractère normatif et réglant les conditions de l'activité.

À la fin des années 1980, ce moment de convergence d'innovations technologiques et ergonomiques conduit à l'élaboration d'un nouveau cadre normatif des vols : un cadre systémique, principalement dédié aux aviateurs, compagnies aériennes, contrôles aériens, organisant la conception et l'exploitation des aéronefs, ou encore la logistique informationnelle structurant l'exploitation des lignes aériennes, et un cadre s'intéressant plus spécifiquement à l'activité prenant place dans le cockpit de l'avion, en organisant la collaboration entre machines et pilotes.

Organisation à l'échelle du système

Cette nouvelle organisation procède effectivement de façon normative par l'intermédiaire des

⁵⁶⁹Federal Aviation Administration

SARP⁵⁷⁰ (*Standards and Recommended Practices* – « Normes et pratiques recommandées ») et des PANS (*Procedures for Air Navigation Services*, « Procédures pour les services de la navigation aérienne »).

Les SARP constituent une forme de principes fondamentaux, de spécifications générales pouvant porter sur l'ensemble des caractéristiques physiques, la configuration, le matériel, les performances, le personnel et les procédures, dont l'application uniforme est reconnue nécessaire à la sécurité ou à la régularité de la navigation aérienne. Les PANS sont eux un développement procédural et disciplinaire de règlements spécifiant précisément les modalités d'application des SARP. En 2014, le maillage intriqué de normes était constitué d'environ 12 000 SARP catégorisées au sein de 19 annexes de la Convention⁵⁷¹.

Même si l'application des SARP et des PANS n'est pas techniquement disciplinaire dans le fait que l'institution ne possède aucun pouvoir coercitif direct, il n'en reste pas moins que la conformité aux normes et procédures de l'OACI revêt un caractère obligatoire et que le cadre même du réseau d'interrelations permettant l'exploitation aérienne internationale interdit à tout État de s'en désolidariser unilatéralement, au risque d'empêcher sa propre flotte aérienne dans l'exploitation de lignes internationales avec d'autres pays membres.

Il s'agit donc bien d'une organisation contraignante au niveau mondial qui, à travers un tissu étroit de normes et procédures garants d'une normalité vis-à-vis du système, « (...) construit une culture commune aux aviateurs, homogénéise les rapports qu'entretiennent les divers peuples avec la technique, standardise les comportements des acteurs, synthétise la manière de voir l'évolution du transport aérien et centralise les conditions de son développement »⁵⁷².

En même temps, ces institutions du macro-système de l'aéronautique civile et leurs cadres sous-jacents, constituent aussi une clef de lecture des rapports entre les acteurs et des modalités de normatisation du système en fonction d'intérêts collectifs, et en premier lieu son propre développement, lequel a toujours été associé de façon forte à la nécessaire, démontrable et vérifiée sécurité (dans le sens de « *safety* »).

Organisation et surveillance à l'échelle du cockpit

570Convention on International Civil Aviation, 07 décembre 1944, Chapitre VI, Articles 37-42, pp.19-22

571http://www.icao.int/secretariat/PostalHistory/standards_and_recommended_practices.htm, consulté le 20/04/2017 à 19h04

572Gras, Moricot, Poirot-Delpech et Scardigli, *Face à l'Automate, le pilote, le contrôleur et l'ingénieur*, Publications de la Sorbonne, 1994, p.42

Les ASRS ont donc permis de produire un savoir expérimental singulier sur l'activité de pilotage, en basant leur efficacité sur l'immunité garantie aux déclarants. Cette immunité est porteuse de sens pour celui-ci ; il peut -pour le bien collectif- être amené à divulguer un retour d'expérience, et donc possiblement rapporter un écart à la norme, une erreur. Ce dispositif peut être aussi vu comme un dispositif de dénonciation basé sur la surveillance de tous par tous. La surveillance ne prend plus la forme du Panopticon où surveillants et surveillés sont distingués à la fois dans leur fonction et dans leur position géographique au sein de l'architecture définie par Bentham. Dans le cockpit, chacun devient à la fois surveillant et surveillé.

Ces modalités de surveillance sont par ailleurs amplifiées par l'apport technologique des communications ACARS (*Aircraft Communication Addressing and Reporting System*) qui permettent l'émission régulière de nombre de paramètres statiques et dynamiques de vol. Plus encore que le radar⁵⁷³, les ACARS permettent, *a posteriori*, aux compagnies aériennes d'analyser et d'évaluer l'adéquation de la réalisation d'un vol à la norme du plan de vol prévu et aux conditions environnementales rencontrées. Comme Foucault a pu le développer⁵⁷⁴ dans sa description du contrôle de l'activité, il s'agit donc bien de quadriller l'espace et la temporalité de l'évolution de l'avion et à travers lui de surveiller et contraindre les corps des pilotes dans d'éventuels écarts aux normes attendues de la conduite générale de l'avion, qu'il s'agisse de conduite de la sécurité ou de l'efficacité.

Au-delà de cette fonction de surveillance, les ASRS ont permis de développer des savoirs expérimentaux sur les comportements normaux dans un cockpit, ce qui leur a permis d'inférer les points de vulnérabilité dans les attitudes individuelles et/ou relationnelles ainsi que de préconiser les « bonnes pratiques » dans un but d'amélioration de l'activité globale et de la performance au sein du cockpit.

Ces préconisations visent à modéliser, à idéaliser le processus de pilotage, et leur implémentation a une fonction normative, contraignant la maîtrise de l'action qui prend place dans le cockpit. Elles se sont traduites en particulier par l'implémentation des CRM (« *Crew resource Management* »), sorte de liste des bonnes pratiques individuelles et collectives au sein de l'équipage d'un avion. L'introduction des formations CRM est initiée par des études de la NASA consécutives à la collision de deux Boeing 747 à Tenerife de 1977, puis aux préconisations de la NTSB (*National Transport Safety Board*) consécutives au crash du vol United Airlines 173 en

573Alain Gras et al (1994) fait déjà référence au *Panopticon* de Bentham repris par Michel Foucault pour stigmatiser la surveillance des avions et plus globalement de l'espace aérien, déployée par la technologie des radars après guerre.

574Michel Foucault, *Surveiller et Punir*, Paris, Gallimard 1975, p.175

1978. Elles sont mises en place à United Airlines en 1981 et à Air France, plus tardivement, dans les années 1990.

Ces bonnes pratiques ne sont pas une série de gestes, de vérifications, de procédures figées à réaliser toujours dans un ordre précis. Il s'agit plutôt de principes généraux touchant aux comportements des acteurs humains. Ces principes ne sont pas imposés de façon disciplinaire et coercitive telles les *checklists*, véritables injonctions scandées pour déclencher le comportement voulu⁵⁷⁵. Ils sont des plutôt des dispositifs sécuritaires « d'amélioration » qualitative des acteurs humains dans un but d'optimisation de l'efficacité collective et de la sécurité.

Le Manuel CRM est bien destiné à l'homme et non pas à l'homme-machine. Il s'adresse à l'homme dans la complexité de son comportement en contexte social. Par exemple, le Manuel CRM à l'usage des PNT⁵⁷⁶ d'Air France⁵⁷⁷ est composé de fiches-concept ; la fiche CRM s'autodéfinit en reprenant la définition de l'OACI, comme « l'utilisation effective de toutes les ressources disponibles, c'est-à-dire de l'équipement, des procédures et des personnes, en vue d'assurer la sécurité et l'efficacité des vols ». Les fiches du manuel reprennent donc l'ensemble des ressources disponibles en explicitant les façons optimales de les exploiter, afin de les faire interagir et collaborer au mieux.

Le caractère normatif se retrouve dans la définition des « bons » comportements. Par exemple, y est fait mention de quatre typologies de « cockpits », dans le sens d'équipage technique. Il y aurait des cockpit « autocratique », « laissez-faire », « égocentré » ou encore « synergique » en fonction de la personnalité du « leader » et des pilotes de l'équipage. Une norme axiologique *a priori* est définie montrant clairement le comportement social attendu.

Appropriation des technologies de rupture à court terme et dynamique des savoirs à plus long terme

Les nouveaux avions, avec les nouvelles technologies qu'ils embarquent, déployés à partir de la fin des années 1980 dans les flottes existantes, ont été conçus par des ingénieurs, lesquels leur ont assigné ce que Kroes (2012, p.112) nomme des fonctions-type⁵⁷⁸. Celles-ci sont en particulier des

⁵⁷⁵Michel Foucault, *Surveiller et Punir*, Paris, Gallimard 1975, p.195

⁵⁷⁶Personnel navigant technique

⁵⁷⁷Air France, *Manuel CRM à l'usage des PNT, Dictionnaire abrégé de concepts*, 1993

⁵⁷⁸Celui-ci définit les fonctions-type (les « *kind-proper functions* ») comme étant « assignées par des agents au cours de la construction d'une première instance d'une nouvelle catégories d'artefacts ou au cours de la construction de nouvelles instances d'une catégorie déjà existante ». Une fonction-type représente l'intention fonctionnelle du concepteur dès l'origine du projet. Mais la fonction est réellement initiée parce qu'un artefact a été créé et que les acteurs tant concepteurs qu'utilisateurs, croient en son efficacité en tant que matérialisation de l'intention, croient qu'il y a bien là une cause matérielle et formelle à la fonction.

fonctions de pilotage automatique, ou encore de présentation des données de vol formatées, ou encore de présentation de préconisations de pilotage. Ce sont ces nouvelles fonctions qui définissent les modalités techniques de la médiation – par la machine - du réel de l'espace de déplacement de l'avion.

Selon la catégorisation des fonctions par Kroes, nous pouvons envisager par ailleurs les fonctions systémiques⁵⁷⁹ et les fonctions d'usage. Cette dernière considère que l'utilisateur, dans notre cas le pilote, bénéficie d'un degré d'autonomie, et que dans le cadre opératoire de l'objet technique, il lui est loisible d'utiliser l'artefact d'une façon qui n'est pas prévue par la fonction-type. Il lui est ainsi possible de s'approprier l'objet dans l'utilisation particulière qu'il en fait et ainsi, au sein d'une communauté de pratique, de lui assigner une autre fonction, de lui donner un autre sens, une autre valeur. Cette utilisation particulière est le résultat de la sélection d'une *affordance*, d'une potentialité d'action attachée à cet objet, constitutive d'un degré d'indétermination relatif à l'utilisation de cet objet.

Ainsi, si l'intention des concepteurs de ces nouveaux avions a bien été de faire collaborer les pilotes avec de nouveaux artefacts « intelligents » dans la réalisation des vols, Alain Gras et al (1994, p.253) ont bien mis en évidence la tension que cette implémentation a introduite entre une fonction-type issue d'une logique du sol⁵⁸⁰, et la logique de l'air propre à la culture des pilotes. Cette tension normative entre deux logiques du pilotage différentes issues de deux cultures différentes, qui est aussi une tension entre des savoirs théoriques et des savoirs d'action⁵⁸¹, s'est résolue⁵⁸² par l'appropriation qu'ont pu en faire les pilotes, par la sélection d'*affordances* présentes dans l'espace d'incertitude qui subsistait alors entre usage et conception, dans ce que Caroline Moricot (2007) renvoie à la marge d'indétermination et de progression dans les usages de l'objet technique⁵⁸³. Ainsi, les pilotes concernés ont dû composer entre deux cultures rivales. En attribuant à la technique des fonctions d'usage non prévues par les concepteurs ou par les compagnies aériennes, ils ont négocié le maintien de leur logique de l'air avec le respect des impératifs de la norme technique, puis de la norme organisationnelle. Cette période de l'appropriation, parfaitement décrite par l'équipe d'Alain Gras, ne rend néanmoins compte que de la phase transitoire de l'implémentation. Elle fait référence à un moment de collaboration-

579La fonction de l'objet se définit alors par rapport au référentiel d'ordre supérieur constitué par le système technique dans lequel l'objet est implémenté.

580La logique mise en œuvre par les ingénieurs concepteurs pour modéliser la situation d'un avion dans son espace de déplacement.

581Voir Barbier (2011)

582Au moins dans un premier temps

583Elle fait là référence à Gilbert Simondon (2012)

confrontation d'une technologie avec des pilotes qui avaient préalablement une culture autre, d'un pilotage avec le corps.

Prolongeons la référence de Caroline Moricot à Gilbert Simondon. La marge d'incertitude à laquelle elle fait référence était aussi une marge de progression, inévitablement présente à un moment historique d'implémentation et indiquant les premiers éléments d'une dynamique de la relation de l'homme à la machine, de l'homme à ses savoir-faire. Une autre métaphore est proposée par Simondon (2012, p.23), qui renvoie la genèse d'un moteur à un processus progressif de « concrétisation », c'est à dire à travers « l'examen intérieur des régimes de causalité et des formes en tant qu'elles sont adaptées à ces régimes de causalité ». Ainsi le moteur moderne, concret, sera celui dans lequel « chaque pièce importante est tellement rattachée aux autres par des échanges réciproques d'énergie qu'elle ne peut être autre qu'elle n'est ». Si nous considérons maintenant non plus le pilote seul en relation avec la machine, mais le système-avion dans son entièreté, le système-avion moderne⁵⁸⁴, donc concret sera celui dont les organes entrant en jeu dans le processus de réalisation d'un vol interagissent en s'adaptant, de façon à minimiser les incertitudes, de façon à ce que le risque soit minimisé, de façon à ce que la fonction systémique soit réalisée au mieux⁵⁸⁵. En ce sens, le système-avion moderne minimise les jeux fonctionnels entre organes, et en particulier entre pilotes et automatismes, et minimise donc l'autonomie des agents. « Les pilotes semblent avoir en partie renoncé à l'intelligence pratique qui les définissait [précédemment] en tant qu'acteurs centraux du système »⁵⁸⁶, ils sont renvoyés à leur nouvelle position fonctionnelle de gestionnaire du système et gestionnaire de la réalisation du vol, imposant une médiation de leur relation perceptuelle au réel et une délégation de leur agir au monde, de leur « piloter ». Ainsi, si, dans l'ancien paradigme de pilotage, l'acte de piloter relevait d'une double fonctionnalité, explicite dans la réalisation d'une liaison aérienne, et implicite dans l'apprentissage continu d'un savoir-piloter, cette seconde fonction semble être disqualifiée dans le processus de concrétisation du système-avion, par la nécessaire délégation du pilotage à l'automate. Cette concrétisation se traduit donc par une transformation des modalités d'apprentissage par l'action ; et cette transformation s'est vue accentuée, sur un temps plus long, par le remplacement des anciens pilotes par de nouvelles générations, formées dès le début à gérer des machines « intelligentes », selon des normes de pilotage fixant plus encore l'organisation du cockpit, dans une dynamique de dégradation des savoirs d'action issus de la logique de l'air.

Ainsi, l'organisation, à la fois à l'échelle du MSA et à l'échelle du système avion, a été l'élément

584Et non plus seulement l'avion

585Pour plus de détails sur cette concrétisation du système-avion, se référer à Benoît Duchemann (2022)

586Dubey (1998, p.6)

structurant d'une plus grande efficacité sécuritaire du système-avion, les chiffres de l'accidentologie aérienne le démontrent⁵⁸⁷. Cependant, dans la durée, cette organisation a aussi engagé des transformations plus profondes, touchant en particulier la structure même de la formation des pilotes, fondée sur l'attente de nouveaux savoir-faire portant sur la gestion collaborative du système de pilotage et en creux induisant la dégradation des anciens « savoir-piloter ». Benoît Duchemann (2017) a montré de quelle façon ce déplacement fonctionnel, la dégradation des savoir-piloter issus de la logique de l'air, doublée d'un déficit d'autonomie, et d'un accroissement de la confiance-compétence en la fiabilité technique des automates de l'avion, avaient pu participer à la réalisation du crash de l'AF447. L'excès de confiance tant décrié par l'ancienne logique de l'air, mais aussi l'incapacité de l'homme à comprendre finement les modalités d'action des automatismes de l'avion, à leur donner du sens, et, quand nécessaire, à reprendre la main, deviennent, de fait, des causes latentes d'erreur⁵⁸⁸ et d'accident, faisant apparaître un problème critique de sécurité.

Conclusion

Au sein d'un MSA organisant parfaitement les flux d'informations entre acteurs, nous avons vu de quelle façon l'implémentation de technologies innovantes d'ingénierie s'était accompagnée de technologies organisationnelles, mais aussi quels stratagèmes les pilotes-usagers avaient utilisés, dans un premier temps, afin de contourner les nouvelles normes de pilotages issues de la logique du sol et ainsi maintenir leur logique de l'air. Cette phase transitoire d'appropriation a été suivie d'une phase d'expansion pendant laquelle les personnels concernés ont été directement formés à ces technologies de rupture, pendant laquelle les agents humains et mécaniques du système-avion se sont adaptés les uns aux autres, réduisant le jeu fonctionnel et optimisant la production statistiquement sûre et économique de liaisons aériennes. Néanmoins, cette expansion, cette optimisation fonctionnelle du système, ont transformé les régimes de savoirs et d'autonomie au sein du cockpit, rendant possible l'émergence de vulnérabilités dans le système sécurité. L'implémentation d'une innovation interroge donc la position que celle-ci au sein de l'articulation des savoirs et savoir-faire, la façon dont celle-ci interagit, norme, contraint et transforme dynamiquement ces savoirs, tant du point de vue théorique que du point de vue de l'action.

L'analogie que nous envisageons entre systèmes de santé et aéronautique civile est renforcée

587Aux États-Unis, le taux d'accidents aériens est passé de 7,985 accidents par 100 millions de miles parcourus en 1960 à 0,3 en 2013. Source :

https://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov/bts/files/publications/national_transportation_statistics/html/table_02_09.html consulté le 21/05/2017 @ 17h00

588Se reporter à James Reason (1993, p.239)

par des passerelles déjà existantes. Nous notons avec intérêt certains aspects organisationnels que les systèmes de santé français et américain, ont pu emprunter au système aéronautique. Un équivalent des ASRS⁵⁸⁹ a été expérimenté en 2009-2010⁵⁹⁰, par l'Institut de veille sanitaire (InVS)⁵⁹¹. Cette expérimentation a donné lieu à un décret⁵⁹² de 2016 rendant obligatoire la déclaration des EIAS (Événements Indésirables Associés aux Soins). Concernant l'expérimentation prévue à partir de 2004, Amalberti et al (2007) mettent cependant en avant le défaut d'immunité pour les déclarants, alors qu'une loi fédérale américaine de 2005 interdit déjà que « les signalements volontaires puissent faire l'objet d'actions en justice ; nous avons vu que les ASRS garantissaient déjà une telle protection en 1976. Ce manque participe sans doute à un flux de signalements restreint. De façon similaire, des modules de formation aux CRM⁵⁹³, directement inspirés de l'aéronautique ont été, eux-aussi, organisés afin d'optimiser l'efficacité des équipes de soignants.

Même si restreintes⁵⁹⁴, ces passerelles existent donc d'ores et déjà et, à l'instar de l'organisation de la sécurité prônée aux États-Unis par Kohn et al (2000), l'organisation de la santé publique française s'appuie déjà, au moins partiellement, sur celle de l'aéronautique civile en matière de sécurité du patient⁵⁹⁵, nous autorisant sans doute à raisonner par analogie entre les deux systèmes. Dans le sens de l'analogie choisie, un réseau de neurones relève d'une logique des données, d'une monorationalité qui ne peut s'intégrer de façon immédiate tant au contexte socio-culturel de la médecine qu'au contexte techno-politique de la santé publique. Si, ainsi que le rappelle Lucien Sfez (2002, p.250), « l'État a pour tâche d'assurer l'ordre et les grands équilibres, et ne peut se permettre d'être soumis à une monorationalité linéaire », c'est aussi le cas des institutions publiques et en particulier de celle qui a en charge la Santé Publique. Cette logique des données nécessite donc d'être adaptée au sein d'une organisation qui lui conserve un statut d'instrument efficace au service d'une intention, et non pas d'instrument instituant, asservissant. Les études existantes portent prioritairement sur l'artefact et son efficacité, sa capacité à réaliser sa fonction, mais cette efficacité n'est rien sans l'organisation au sein de laquelle elle est implémentée et qui lui donne son sens, sa fonction systémique. Dans ce qui suit, nous allons envisager différentes

589Il s'agissait de tester la déclaration obligatoire des événements indésirables graves (EIG)

590Sur la base de la loi n°2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique

591Cette expérimentation a donné lieu à un rapport de l'InVS en Janvier 2012

592Décret du 24 août 2016 relatif aux événements sanitaires indésirables

593Voir HAS (Mai 2018)

594Elles sont particulièrement concentrées sur l'organisation de l'hôpital

595Pour un lien plus étayé entre aéronautique civile et santé publique en matière de sécurité, on se reportera à Bрами et Amalberti (2010). On notera au passage que René Amalberti est une figure centrale de cet transfert de compétences, dans la mesure où il a été, dans les années 1990, directeur des facteurs humains et de la sécurité aérienne auprès de l'AESA (Agence Européenne de la Sécurité Aérienne) avant de devenir chargé de mission à la HAS.

modalités d'implémentation de réseaux de neurones de détection de mélanomes, et essayer de comprendre dans quelle mesure ces propositions d'organisations permettent d'optimiser la sécurité individuelle du patient, et/ou le risque sécuritaire du système de santé. Dans la continuité de cette analogie, nous essaierons d'appréhender les appropriations, les contournements possibles de ces organisations et les problèmes critiques qui pourraient émerger à leur suite.

Bien entendu, comme nous l'avions mentionné en introduction, raisonner par analogie n'est pas raisonner par similitude ; les systèmes de santé et de l'aéronautique civile ne sont pas structurellement équivalents, certaines de leurs dimensions opérationnelles, humaines, ou encore éthiques en sont notablement différentes. Il sera donc impératif pour nous de bien prendre en compte ces écarts pour que l'analogie reste concluante.

Propositions d'implémentation

Dans leur état de l'art de l'implémentation opérationnelle de systèmes d'aide à la décision dans le domaine médical et sanitaire, Desmoulin-Canselier et Le Métayer (2020, pp.24-30) évoquent en priorité des logiciels permettant un meilleur accès à l'information médicale (*Vidal Hoptimal*), de gestion des dossiers informatisés (*Mediboard*), ou d'analyse de prévision systémique d'épidémie de grippe (*Google Flu*), d'évaluation de la pertinence de l'hospitalisation à domicile. Pour ce qui est des logiciels d'aide au diagnostic (qui ne sont pas des logiciels de décision thérapeutique), ils prennent les exemples de solutions qui sont encore à l'état de recherche, et pas encore implémentée dans un environnement opérationnel, ils mentionnent aussi le cas de la division Watson Health de IBM, et là aussi, les solutions proposées en oncologie par Watson sont utilisées dans des cas terminaux et en sont encore à un stade probatoire, sans que cette division de IBM n'ait encore réussi, à cet instant, à imposer sa technologie dans le monde médical⁵⁹⁶, au sein d'un environnement opérationnel.

La question qui se pose pour nous est justement d'envisager différentes modalités d'implémentation d'un logiciel d'aide au diagnostic et d'en évaluer la pertinence. Pour cela, nous nous baserons sur ce que nous avons étudié précédemment : les savoirs théoriques issus de la logique des données, les savoirs théoriques et les savoirs d'action issus de la logique dermatologique, ce que ceux-ci disent ou ne disent pas sur le réel, et le rôle de la confiance dans la structuration de la collaboration Homme-Machine (H-M). Dans cette expérience de pensée, une implémentation sera réputée réussie lorsque le schéma opérationnel faisant collaborer homme et machine au sein d'un système est performant, dans le respect des règles éthiques et d'une relation délibérative avec le patient.

⁵⁹⁶<https://www.blog-nouvelles-technologies.fr/196335/ibm-pourrait-vouloir-vendre-son-ibm-watson-health/>

1. Collaboration Homme-machine et performance

Dans leur méta-analyse sur les systèmes computationnels d'aide à la décision médicale, Garg et al (2005) relèvent que l'issue de cette collaboration pour le patient reste, à ce moment, insuffisamment étudiée. Garg et al relaient donc aussi un besoin nouveau d'étudier cette question, qui fait écho à la commercialisation de solutions computationnelles novatrices. Dans ce cadre, la collaboration H-M constitue sans doute une alternative immédiate au fantasme mortifère du remplacement⁵⁹⁷ par la machine de médecins devenus obsolètes⁵⁹⁸.

En ce qui concerne les mammographies, Fenton (2007) fait une analyse *a posteriori*, portant sur la performance de la détection de tumeurs cancéreuses, avec et sans l'aide d'assistance computationnelle, sur une période allant de 1998 à 2002. Certes, cette étude ne nous parle pas de dermatologie, la technologie utilisée n'utilise pas non plus un réseau de neurones et n'est pas peut-être pas aussi performante, mais elle nous semble particulièrement pertinente dans la mesure où elle étudie des performances en situation réelle d'implémentation dans des services de cancérologie. Elle fait état de résultats mitigés, avec une détection supérieure de vrais positifs, qui est toutefois contrebalancée par un nombre supérieur de faux positifs. Fenton relève que cette beaucoup moins bonne spécificité, donc ces nombreux sur-diagnosics, engageaient dans ce cas une sur-consommation de mammographies de l'ordre de 18%⁵⁹⁹, voire des opérations chirurgicales superflues, sans que l'impact psychologique voire traumatique sur le patient soit évalué dans cette seule évaluation de la performance. Cela étant, nous relevons que si les modalités organisationnelles de ces implémentations ne sont malheureusement pas précisées ; les résultats démontrent par ailleurs l'importance du *monitoring* des indicateurs relatifs à la précision des diagnostics, dans chaque centre, avant et après l'implémentation, afin d'être en mesure de générer de nouveaux savoirs sur les conséquences de l'implémentation de tels artefacts d'aide à la décision.

Depuis 2019 et la commercialisation de nouveaux artefacts de machine learning de reconnaissance visuelle de tumeurs conformes⁶⁰⁰ au nouveau cadre légal⁶⁰¹ sur les *Logiciels en tant*

597 Nous n'évoquerons pas ici cette éventualité, qui relève à notre sens d'une fiction narrative renvoyant à une peur irrationnelle, à un prolongement de l'histoire des Luddites. Dans notre cas précis de la dermatologie, ainsi que le rappelle Susan Swetter (2020), la machine ne peut en aucune façon remplacer l'homme, en particulier dans ses interactions avec le patient.

598 Au sujet de l'obsolescence de l'homme, voir Günther Anders (2002)

599 Soit 550 millions de US\$ en extrapolant l'implémentation de ces solutions informatiques à l'ensemble des centres de mammographies du territoire états-unis.

600 Le premier logiciel de ce type validé par la FDA américaine en 2018 était le programme IDx-DR de reconnaissance de rétinopathie diabétique à partir d'images de rétine

601 Le règlement de l'Union Européenne du 5 Avril 2017, paru au Journal Officiel du 05 Mai 2017 fait état dans son article (19) de l'intégration des logiciels (opérés à distance ou en cabinet) dont l'objet est intentionnellement médical dans la classe des « *medical device* », matériel médical, qui plus est un matériel actif. On se reportera à Software as

que *Dispositifs Médicaux* (SaMD⁶⁰²), un nombre significatif d'études ont pris pour thème la collaboration H-M. Certaines étudient plus particulièrement la détection des mélanomes ou plus largement la catégorisation des lésions cutanées. Deux méthodologies principales sont proposées pour rendre compte d'une forme de collaboration. Ainsi Hekler et al (2019) envisagent de considérer les résultats de l'homme et de la machine de façon séparée et de concevoir un nouveau système computationnel de catégorisation permettant de calculer un diagnostic « collaboratif » sur la base des résultats de chacun des deux agents, associés à leurs degrés de certitudes ; tandis que Tschandl et al (2020) envisagent de mettre le dermatologue directement en relation avec les résultats de la machine en différenciant les modalités d'interaction proposées par l'artefact.

La proposition de Hekler et al est certainement intéressante puisqu'elle offre une nouvelle définition, distanciée et calculée de la collaboration, une nouvelle forme de mesure d'un concept qualitatif et social dans le contexte particulier d'élaboration d'un diagnostic. Cette étude propose qui plus est, des éléments à une alternative novatrice d'organisation autour de diagnostics posés séparément par un médecin humain et par un RNC.

Tschandl et al envisagent une forme plus classique de la collaboration en mettant le médecin humain face à la machine ou un résultat collectif en différenciant les modes d'interaction possibles : (1) catégorisation artefactuelle multi-classe et probabilités associées à chaque classe, (2) catégorisation artefactuelle binaire de malignité ou non malignité, et probabilité associée, (3) pas de catégorisation explicite mais CBIR⁶⁰³, (4) de façon alternative, catégorisation issue d'un collectif humain, multi-classe et probabilités associées à chaque classe. On regrettera sans doute que la collaboration avec un RNC doté ou non d'un système d'interprétabilité des résultats n'ait pas pu être étudiée.

De ces études, il ressort donc que la collaboration, sociale ou calculée, est souhaitable, donnant lieu à des résultats généralement meilleurs à la fois que ceux que le médecin seul ou la machine seule aurait pu délivrer. À la suite des études qui portaient sur une évaluation comparative de lu dermatologue et de la machine que nous avons évoquées en partie III, nous notons, une fois encore, le caractère artificiel de ces études. D'une part, elles évaluent la valeur de vérité d'un diagnostic et non d'une décision thérapeutique, et une fois encore cette valeur de vérité est basée sur la seule analyse d'images de lésions, dans un contexte qui ne correspond pas au réel clinique, sans que l'on sache les modalités de la sélection d'une lésion particulière sur une surface cutanée.

a Medical Device Working Group (2017) pour plus de détails.

602 *Software as Medical Device*

603 *Content-based image retrieval* : des images de lésions similaires – avec le même diagnostic associé – sont extraites de la base de donnée et proposées au médecin pour comparaison.

D'autre part, malgré l'évidente orientation prescriptive de ces études, prônant une collaboration entre homme et machine, ou plutôt entre homme et cobot, ces propositions de collaboration sont toutes des photos instantanées, basées sur une vision statique à la fois de la relation H-M, dans laquelle la confiance affichée en la machine est issue d'une réputation à l'instant de l'étude, et enfin dans laquelle les savoir-faire, les savoir-diagnostiquer-une-lésion par le dermatologue sont eux aussi ceux du panel de dermatologues sélectionné à un moment donné, donc contingents à une structure de formation et d'apprentissage donnée. Dans la mesure où ces études n'envisagent pas la transformation dynamique des savoir-faire, ni la transformation de l'autonomie du médecin dans le cadre d'une organisation fixe de la collaboration, il y a, *de facto* une limite, aux conditions de leur validité à un contexte socio-historique.

2. Du diagnostic à la décision : implémentation en cabinet médical

2.1. Du diagnostic à la décision

Nous avons vu en première partie que la réalisation du diagnostic ne correspondait pas directement à la décision thérapeutique. Dans la première partie de cette étude, nous avons vu de que l'étude de Julie Gachon et al (2005) permettait de montrer qu'une partie significative des décisions d'exérèse n'étaient pas consécutives à un diagnostic de lésion suspecte ou de précurseur d'un mélanome, mais rendaient compte d'une situation d'incertitude dans laquelle le clinicien choisissait de gérer le risque « mélanome », par aversion implicite au risque, ou de répondre aux attentes d'un patient en mal de ré-assurance ou encore de répondre à une intention esthétique plutôt que thérapeutique⁶⁰⁴. Si l'on se réfère au schéma traditionnel de la décision tel que proposé par Lucien Sfez (1994, p.3), celui-ci se structure en trois étapes de préparation, d'élaboration et d'exécution, le diagnostic faisant donc partie de la préparation. La décision thérapeutique relève dès lors d'une négociation entre la connaissance du diagnostic, le schème de valeurs du dermatologue, qui inclue son appréhension du risque⁶⁰⁵, et la prise en compte d'attentes et du système de valeurs du patient ; ces derniers ne relèvent pas nécessairement de l'explicite, de l'objectif ou encore du rationnel. On pourra sans doute objecter qu'un tel processus est par nature source de sur-diagnostic, c'est-à-dire d'un nombre d'exérèses supérieur à ce qui devrait être

604 Voir Partie I, Paragraphe 5.7

605 Le plus souvent un biais d'aversion au risque

nécessaire, c'est indéniable, mais Gachon et al (2005) nous a montré qu'il permettait aussi de détecter des mélanomes non diagnostiqués.

Dans un contexte clinique, la décision a par ailleurs une double fonction⁶⁰⁶ : d'une part, elle permet au médecin d'agir, d'autre part, elle permet à celui que Lucien Sfez nomme « l'agi », ici le patient, de supporter la décision thérapeutique, et cette seconde dimension, d'ordre psychologique, est à relier avec la nécessaire intégration du patient dans la délibération.

Dans le cas de l'aéronautique, le pilote devait collaborer avec la machine à l'intérieur du cockpit afin de réaliser la tâche de conduite de l'avion. Par analogie, faisons maintenant l'hypothèse de l'introduction d'un nouvel agent dans l'environnement clinique (le « cockpit clinique ») au sein duquel doit prendre place la décision. La question se pose de la position occupée par l'innovation vis-à-vis des savoirs mis en œuvre dans l'élaboration de la décision, à partir de diagnostics qui d'origine tant humaine qu'artefactuelle, en essayant encore une fois de prendre en compte les éléments subjectifs issus de la relation au patient, ainsi que les éléments subjectifs et objectifs permettant de gérer, le plus souvent intuitivement, le risque. Cette question engage donc une réponse quant à la collaboration entre artefact, médecin et patient, et *in fine* à une organisation des interactions entre ces trois agents, que nous simplifierons dans certains cas à une organisation du travail entre artefact et médecin. Bien entendu, cette question peut se décliner en fonction de la complexité des cas cliniques présentés, et en fonction du degré de certitude attaché aux diagnostics des cliniciens et artefacts.

2.2. Collaboration et confiance

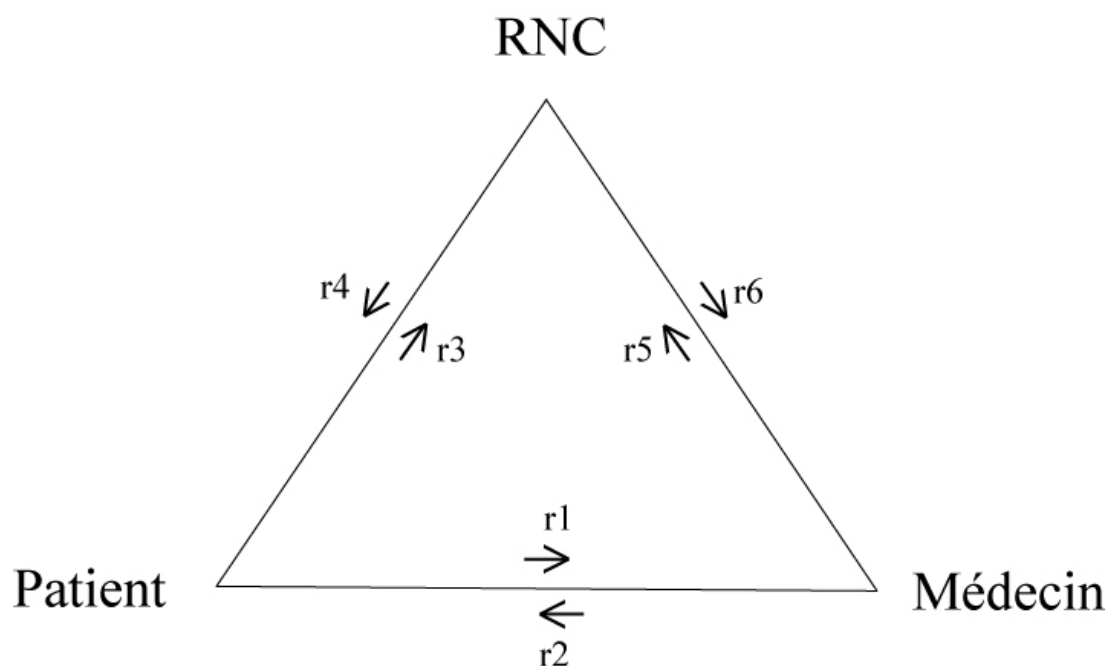
Dans un premier temps, nous notons que la mise en place d'un nouvel agent apportant un diagnostic complémentaire ne lève pas la situation d'incertitude dans laquelle la décision devait être prise. Le diagnostic du RNC n'est pas certain et, en l'état, il constitue une information complémentaire qui complexifie *de facto* le processus décisionnel. À cet égard, il y a possible tension entre deux vérités incertaines, qui doit être levée par la collaboration entre agents. Ainsi que le relève Hardin (2002, p.10), la confiance qui relie deux agents détermine, au moins pour partie, la façon dont ils vont pouvoir coopérer dans l'accomplissement d'une tâche, à ce titre elle constitue un moyen permettant d'organiser une telle collaboration. Celle-ci offre par ailleurs l'avantage de pouvoir être considérée comme un dispositif de réduction de la complexité⁶⁰⁷ ; un dispositif qui peut être d'ordre épistémique lorsqu'il est justifié par une connaissance, par exemple

606 Voir Sfez (1994, pp.5-6) simplifié pour notre cas précis

607 Voir Niklas Luhmann (2006, p.25)

par une explication, ou un dispositif de simplification qui peut être d'ordre cognitif lorsqu'il fait appel à des raccourcis implicites et subjectifs, à des heuristiques, fondés sur des fictions. Plus encore, si nous relevons la définition, proposée par Gambetta (2008, p.217)⁶⁰⁸, qui associe confiance et « probabilité subjective », la confiance devient un instrument de gestion subjective du risque, mais un instrument au résultat incertain.

Dans la pratique potentielle⁶⁰⁹ d'un clinicien faisant appel à l'assistance d'un RNC de détection de mélanomes, il y a donc une interaction triangulaire faisant intervenir des relations de confiance qui peuvent être figurées selon le schéma triadique ci-dessous :



Schématisation des relations de confiance

Figure 35 : Schématisation des relations de confiance

r1 : Le patient a confiance en la compétence du médecin à prendre la décision qui convienne le mieux à son état et à ses intérêts sur la base de :

r2 : la réputation du médecin relative à sa compétence, qui lui a été attribuée de façon informelle, subjective, éventuellement irrationnelle, mais qui peut correspondre aussi à un statut officiel d'expert, de chef de service de dermatologie.

⁶⁰⁸ "Trust is the subjective probability by which an individual, A, expects that another individual, B, performs a given action on which its welfare depends.", cité par Liu et al (2015, p.3)

⁶⁰⁹ Il n'y a pas de tel cas en France à ce jour

r3 : Le patient a confiance en la fiction de la compétence du RNC à poser un diagnostic qui respecte ses intérêts sur la base de :

r4 : la réputation du RNC construite autour de discours instituant un mythe de compétence. Ce discours peut être de deux ordres, un discours relatif à un RNC particulier, ou plus largement à l'intelligence artificielle. Cette réputation peut d'ailleurs dépasser le cadre d'une confiance spécifique si elle correspond à des propriétés de fiabilité et de précision associées plus largement à une modernité computationnelle. Le résultat d'une telle relation peut dès lors relever d'une forme de biais d'autorité, qui est implicite et même irrationnel. Nous notons que ce biais d'autorité est bien mis en évidence par Tschandl et al (2020, p.1232) lorsqu'ils montrent que la présentation intentionnelle d'une erreur de diagnostic du réseau RNC conduit le plus souvent à un diagnostic collaboratif erroné.

La confiance du patient vis-à-vis du RNC peut aussi être la conséquence implicite, par transitivité, de la confiance présumée du médecin, voire de l'hôpital, en ce même RNC qu'ils ont intégrés à leur processus de prise en charge.

r5 : Le médecin a confiance en la compétence du RNC à poser un diagnostic qui soit en conformité avec la réalité sur la base de :

r6 : la réputation épistémique du RNC, qui lui a été attribuée par la vérification et la validation du logiciel, et par des expériences cliniques de vérification justifiant de résultats probants. Cette réputation épistémique générale n'est dans notre cas pas étayée par l'explication d'un diagnostic local. Par contre elle est confirmée par la certification CE en tant que dispositif médical qui constitue une autorisation de mise sur le marché. Elle peut être aussi confortée par d'éventuels rapports favorables issus d'institutions telles que la HAS, la SFD ou encore le SNDV dans le cas où le médecin est un dermatologue.

Ainsi que nous l'avons vu dans la partie précédente, l'émergence de la confiance en la compétence d'un agent nécessite des conditions préalables qui peuvent être constituées par une preuve objective, ou par une réputation qui peut être issue de la narration d'expériences performatives, ou de la fiction de l'efficacité attachée à une modernité technique, ces conditions préalables peuvent enfin être réalisées au sein d'un cadre institutionnel mettant un agent humain ou artefactuel dans une position d'autorité épistémique. Cette confiance en la compétence d'un agent peut être complétée par la confiance en les intentions de cet agent à réaliser une tâche en accord avec nos intérêts.

Ainsi, si un patient vient consulter un médecin donné, nous pouvons, sans trop nous tromper, faire l'hypothèse qu'il a confiance en la compétence de ce dernier, soit par son statut général attaché aux médecins, soit par la réputation de ce médecin particulier. Si un médecin a intégré à sa pratique un assistant computationnel de détection de mélanomes, nous pouvons une fois encore faire l'hypothèse qu'il a confiance, au moins dans le fait que l'utilisation de l'artefact est conforme à ses intérêts, et dans la capacité de celui-ci à délivrer des diagnostics pertinents. Cette confiance *a priori* peut relever de l'étude d'articles de recherche validant « objectivement » une compétence, de la narration de cette efficacité communiquée par des médias grand public, ou par un discours marketing. Le patient peut ne pas avoir confiance en l'artefact, auquel cas le praticien devra ne pas faire état de son éventuelle utilisation afin de préserver la collaboration avec le patient qui est nécessaire à la délibération. Il peut aussi avoir confiance *a priori* en l'artefact, soit pour les mêmes raisons que le praticien, soit encore par transitivité de la relation de confiance. Dans cette éventualité, un cas particulier est celui de l'instrumentalisation du RNC par le clinicien afin d'étayer la communication d'un diagnostic et de la proposition de décision. Le Pr Luc Thomas⁶¹⁰ évoque cette utilisation particulière qui exploite le biais d'autorité possiblement présent dans la relation entre la machine et la patient : en exhibant le score chiffré porteur implicitement d'une forme de certitude, le médecin propose une mesure quantifiée de la malignité de la lésion qui vient conforter la légitimité de son propre diagnostic. Mais ce cas particulier est celui de l'utilisation de la machine comme outil rhétorique de persuasion, voire de soumission du patient à une vérité indiscutable, et non pas d'amélioration du diagnostic et de l'élaboration de la décision thérapeutique, il ne fait donc pas apparaître un intérêt organisationnel provenant de l'implémentation de la machine.

2.3. Collaboration et « confiance distribuée »

Par ailleurs, au-delà de la confiance à partir de laquelle structurer une coopération entre deux agents, Hutchins (1995) décrit l'organisation de la distribution de la cognition au sein d'un équipage de navire. Nous ne rentrerons pas dans les détails de cette description, pour autant, nous notons qu'il met en balance trois types d'équipages en fonction de la répartition des savoirs en leur sein⁶¹¹. Dans le premier cas, les savoirs sont distribués de façon à ce qu'il n'y ait pas d'intersection entre membres d'équipage pris deux à deux, dans le second, il y a une zone de recouvrement,

610Entretien du 06 Août 2021, dans l'utilisation qu'il fait de la solution Moleanalyzer-Pro® en contexte de recherche.

611Hutchins (1995, pp264-266)

certaines savoirs sont partagés, et dans le troisième, chaque agent sait ce que les autres savent, le recouvrement est donc total. La première distribution est une version idéale, théorique, de l'organisation, mais irréaliste, la troisième est trop coûteuse en formation pour qu'elle soit maintenable, lorsque la seconde permet à chaque membre de l'équipage de réaliser sa tâche, transmettre ses résultats en leur donnant le sens qui en est attendu, leur destinataire étant lui-même capable d'en appréhender la signification et les limites.

Cette autre relation de confiance, que nous qualifierons de « distribuée », que nous n'avions pas évoquée, impose que les agents qui sont en relation aient des savoirs en commun afin de pouvoir collaborer et partager des informations. Celle-ci dit la nécessaire compétence de chaque agent, elle dit en particulier la nécessité pour un dermatologue travaillant avec un RNC, non seulement d'avoir une compétence en sémiologie cutanée, mais d'avoir eu aussi une formation préalable lui permettant de comprendre le mode de fonctionnement et d'apprentissage d'un RNC, la façon dont un diagnostic computationnel a été calculé.

2.4. Propositions d'organisation en contexte clinique

Quelle forme pourrait alors prendre une collaboration locale à trois agents qui permette d'optimiser les conditions d'élaboration de la décision en contexte clinique tout en maintenant le respect de la délibération et des attentes du patient ?

Cette relation collaborative en contexte clinique peut prendre plusieurs formes :

- (1) Le médecin réalise son diagnostic et peut accéder à l'assistance computationnelle pour obtenir une validation en forme de second avis de la part d'un pair plus expérimenté.
- (2) Le médecin réalise son diagnostic, le confronte à celui de l'assistant et réalise ainsi un diagnostic conclusif à partir des deux diagnostics disponibles.
- (3) Le RNC réalise un diagnostic qui devra être validé par le médecin.
- (4) Le RNC réalise un diagnostic et le médecin se trouve dans une position de gestionnaire de processus, et aussi de soumission vis-à-vis de l'agir du diagnostic.

La première organisation peut revêtir un certain intérêt lorsque le praticien a peu d'expérience, elle permet d'étayer la valeur de vérité de son raisonnement, tout en gérant le risque statistique,

voire sa responsabilité légale vis-à-vis d'une erreur de diagnostic⁶¹². Ni sa relation à son patient, ni sa façon de prendre en compte les attentes de celui-ci ne sont modifiées. Le médecin-novice « agit » son diagnostic en fonction de ses savoirs, la fonction d'apprentissage attachée à son action est maintenue par une sorte d'expérience « tutorée », dans laquelle le tuteur émet des seconds avis néanmoins non expliqués.

La seconde concourt à l'augmentation de la complexité épistémique. Du fait de l'absence de modalités explicatives du score du RNC, la résolution de cette confrontation ne peut se réaliser selon des modalités d'évaluation épistémiques. Le médecin peut réduire la complexité de la situation à partir de la confiance qu'il a dans les résultats du RNC, en estimant comme Gambetta nous le propose, la « probabilité subjective » de validité d'un résultat donné, et de la mettre face à la certitude ou l'incertitude de son propre raisonnement intuitif ou rationnel ; néanmoins la confiance à laquelle fait appel Gambetta nous semble devoir être « distribuée », nécessitant un partage de savoirs sur les conditions d'établissement du diagnostic artefactuel. Il paraît clair qu'une telle organisation ne participe pas à faciliter la pratique clinique mais au contraire à la complexifier. Néanmoins, c'est bien cette option qui est étudiée prioritairement, en particulier par Philipp Tschandl et al (2020) ; alors que, à l'instar de ce qui a pu se passer au moment de l'implémentation des *glass cockpit* dans les cockpits modernes d'avions, cette confrontation peut apparaître comme un rapport de pouvoir entre deux systèmes de valeurs et de savoirs, entre une logique des données, normative, et une logique dermatologique, dans un moment où les savoirs ne sont pas distribués entre agents, et ne permettent pas une communication compréhensive.

Dans ces deux premiers cas, le clinicien est resté en prise directe avec le réel, il agit, et donc préserve, son savoir-diagnostiquer tout en étant capable de distance critique vis-à-vis des résultats du RNC.

L'organisation (3) peut apparaître comme une version édulcorée de la version (2), pour autant, il ne s'agit plus ici d'une confrontation mais plutôt d'un déplacement du rôle du clinicien vers une position de contrôleur ou encore de gestionnaire du processus diagnostique et de sa validation, avant sa prise en compte dans la préparation de la décision. Le clinicien n'agit donc plus directement son savoir-diagnostiquer, mais l'emploie en tant que dispositif de validation.

Quant à l'organisation (4), associée à un biais d'autorité, elle est sans doute plus radicale, car si le médecin peut toujours être potentiellement en situation de gestionnaire de la décision

⁶¹²Cette question de responsabilité reste hypothétique à ce jour, la responsabilité légale associée au comportement d'un assistant computationnel n'étant pas établie.

thérapeutique, la tâche de diagnostic devient un dispositif automatisé intégralement délégué à l'assistant-artefact. Dans ce contexte, le subjectif est exclu du diagnostic, mais, en rendant un diagnostic objectif et donc indiscutable, le RNC est remis dans une position d'oracle « pythien », et les aléthurgies issues de cet oracle participent dès lors à une relation de savoir-pouvoir avec le médecin, et aussi avec le patient, rendant dès lors la décision délibérative impossible. La confiance à l'oeuvre est une confiance-dépendance dans laquelle le patient, et dans une certaine mesure le médecin, se retrouvent soumis au diagnostic oraculaire émis par l'artefact⁶¹³. Le défaut d'explicabilité que nous avons montré dans la partie précédente rend donc cette configuration inenvisageable, tout du moins dans l'intentionnalité exprimée dans une organisation explicite.

En passant de l'item (1) à l'item (4), il y a donc eu un glissement fonctionnel d'un statut d'agent mettant en œuvre ses savoirs d'action à un agent gestionnaire d'un processus délégué, en même temps qu'il y a un amoindrissement de la fonction d'apprentissage de ces mêmes savoirs d'action. Néanmoins, comme cela a pu être le cas dans l'aéronautique, un tel glissement peut être le fait de normes organisationnelles imposées par une extériorité institutionnelle, ou encore par l'adaptation des agents humains à la machine.

L'organisation peut évoluer, tout d'abord, en même temps que les cliniciens s'approprient la machine, en même temps qu'une confiance en la compétence de l'artefact, se structure autour de l'expérience de son usage. C'est sur la base de cette appropriation, de cette confiance que se construit une fonction d'usage, une organisation non normative issue d'une habitude de comportement de la part du RNC, d'une habitude, vécue par l'utilisateur, de résultats valides ou non, selon quelles circonstances. Cette dernière organisation consiste alors en une première adaptation des agents les uns aux autres, à travers la marge d'indétermination et la latitude de progression qui leur est laissée.

Une forme de concrétisation autonome du système de prise de décision peut avoir lieu dans un second temps, lorsque le jeu fonctionnel entre agents se réduit, et oblige le comportement de chaque agent, dans une visée d'efficacité fonctionnelle. On peut sans doute estimer que la recherche de l'efficacité dans l'organisation (3) l'oriente vers une concrétisation, automatisant la décision tout en maintenant la supervision de l'agent humain. Pour autant, comme nous l'a montré l'exemple du pilotage, la confiance peut aussi constituer un opérateur de réduction du jeu fonctionnel, de l'incertitude relationnelle entre agents, en imposant implicitement un biais

⁶¹³Voir McKnight and Chervany (1996): "Trust is the extent to which one party is willing to depend on something or somebody in a given situation with a feeling of relative security, even though negative consequences are possible."
Cité par Liu et al (2015, p.3)

d'automatisation, non plus en tant qu'instrument de persuasion à destination du patient, mais en tant qu'instrument oraculaire de délivrance d'un diagnostic à destination du médecin. Une telle configuration de délégation du diagnostic pourrait alors avoir l'inconvénient de disqualifier la fonction d'apprentissage du clinicien présente dans « l'agir » du diagnostic, et de créer ainsi les conditions d'un mouvement de dégradation du savoir-diagnostiquer. Nous avons ainsi glissé vers l'item (4) sans qu'il ait été imposé par une organisation normative, alors même que cet item nous paraissait constituer un empêchement éthique à une délibération autonome et éclairée entre médecin et patient.

Ainsi, nous avons envisagé différentes organisations possibles de la décision lors de l'implémentation d'un RNC de détection de mélanomes en contexte clinique. La transformation de telles organisations, en ne respectant pas le pré-requis de l'explicabilité des diagnostics du RNC, peut avoir des effets contre-productifs sur la valeur de vérité des diagnostics, sur la validité des décisions thérapeutiques et enfin sur la sécurité des patients. Dans le cadre du MSA, la réponse à cette tendance avait consisté en une correction du système de formation, tant initiale que continue, et en particulier une augmentation du nombre d'heures de simulateur afin de maintenir les savoir-faire nécessaires à ce que le pilote soit capable de distance critique vis-à-vis du système et d'une reprise en main si nécessaire. Dans notre cas de l'implémentation d'un RNC dans un « cockpit clinique », c'est là aussi le système pédagogique, pris dans son ensemble, qui doit avoir pour fonction d'empêcher l'émergence de la situation organisationnelle (4), d'une part en préservant la « logique dermatologique », en préservant les savoir-faire interprétatifs du réel cutané, d'autre part en ne permettant pas au médecin d'être soumis à la décision artefactuelle.

2.5. Dynamique de la confiance, dynamique de l'autorité

Dans le paragraphe précédent, nous avons fait l'hypothèse de la structuration de relations de confiance entre agents, et en particulier du médecin vers le RNC. Nous avons vu de quelle façon une telle relation pouvait s'établir, préalablement à la mise en relation effective des agents, sur la base de preuves formelles, ou plus vraisemblablement sur la base d'une réputation de compétence.

Néanmoins, une telle relation n'est pas statique et constitue au contraire un élément dynamique qui peut évoluer en fonction de l'expérience que les acteurs ont de la collaboration avec les autres acteurs du système. Dans le mouvement que nous avons décrit, la confiance nécessite d'être maintenue, pendant la transformation de la relation fonctionnelle entre agents, cette confiance

participant à la détermination des modalités de l'appropriation de la technologie de rupture puis de l'adaptation fonctionnelle de l'utilisateur.

Dans l'organisation initiale, l'utilisateur a un statut d'agent autonome. Il a une confiance préalable dans le RNC, laquelle est issue d'une réputation et non de l'usage particulier qu'il a pu faire de l'artefact. Il ne lui est demandée aucune obéissance. Dans ce cadre, comme nous l'avons vu, la confiance peut avoir une fonction de réduction de la complexité par l'affectation d'une « probabilité subjective » au résultat de l'artefact. Cette probabilité subjective, dont parle Gambetta, n'est pas à entendre dans une acceptation formelle de calcul de probabilité, ou bayésienne d'un calcul d'utilité, mais, ainsi que le propose De Morgan (1847, p.172), comme la perception subjective d'un degré de croyance, de façon générale en la compétence du RNC, et de façon particulière en la validité du prochain résultat de ce RNC. Cette confiance en l'autorité du RNC se maintient voire s'accroît dans la mesure où la légitimité épistémique de celui-ci est confirmée par l'expérience. Stanley Milgram (2017, p.225) mentionnait la nécessité de la « récurrence de l'action exigée par le sujet » pour créer les forces de maintenance de l'autorité. De façon analogue, il nous semble que la récurrence de l'expérience -par l'utilisateur- de diagnostics artefactuels valides assoit dynamiquement la légitimité de son autorité, et participe à l'adaptation implicite de l'utilisateur au RNC dans un mouvement de concrétisation. Chaque expérience d'un diagnostic valide vient confirmer la compétence de l'artefact, dans un mouvement subjectif d'interprétation inductive locale. Dès lors, cette compétence est un élément de *trustworthiness*⁶¹⁴, elle devient un attribut d'autorité épistémique attaché à l'artefact qui renforce le degré de croyance en la validité de ses résultats futurs.

Ainsi, la dynamique de la confiance devient dynamique de l'autorité épistémique de l'artefact et la relation de confiance entre agents peut aussi être envisagée en tant que rapport d'autorité épistémique. Le mouvement de concrétisation faisant passer de l'organisation (1) à l'organisation (4) peut ainsi être considéré, pour l'utilisateur, comme son passage d'un état autonome vers ce que Milgram (2017) nomme un état « agentique », ou encore systématique, propice aux actes d'obéissance. C'est ce que nous avons vu dans l'organisation (4), dans la formulation de ce rapport d'autorité dans une soumission implicite de l'utilisateur à un oracle pythien, dans une forme d'abdication de l'autorité épistémique qui lui est propre. Rappelons que dans le cadre de l'aéronautique civile, le pilote avait changé de fonction pour devenir gestionnaire du système-avion, à ce titre, il y a ici une tension entre cette position de gestionnaire, et plus encore de décisionnaire, au sein d'un système adaptatif et une hiérarchie épistémique implicite soumettant ce

614Déjà évoqué en Partie IV, Chapitre IV.1

même opérateur à des rapports d'autorité.

2.6. Autorité, vigilance et responsabilité

La question qui se pose alors est de comprendre ce qui est nécessaire à l'opérateur humain pour prendre une décision qui vienne contredire un résultat issu de l'autorité épistémique de l'artefact. En d'autres termes, si la décision de l'opérateur, dans notre cas le médecin, est soumise à un biais d'autorité, quelles sont les conditions de son dépassement ?

Ainsi que le rappelle James Reason (2013, p.263), cette question est centrale dans le cadre de la conception sécuritaire de la fonction de gestionnaire d'un système intelligent. Ainsi que nous l'avons vu dans le cas du crash de l'AF447, l'homme doit être en mesure de « reprendre la main » dans des situations d'urgence non prévues lors de la conception, il doit être en mesure de dépasser la confiance qu'il peut avoir en la machine, de « désobéir », en quelque sorte, à son autorité implicite.

Bien entendu, un prérequis est d'être toujours lui-même en capacité épistémique d'exercer cette autorité. L'opérateur doit donc toujours être détenteur des savoirs et savoirs d'action qui sont nécessaires à cet exercice et dont l'usage en a été délégué à la machine, ce qui disqualifie *de facto*, dans le cadre de la clinique, l'usage d'un RNC d'aide au diagnostic par un non-dermatologue. Au-delà de cette condition *a minima*, l'opérateur doit pouvoir rester sur une ligne de crête entre états autonome et agentique ; il doit non pas simplement s'adapter au système en se conformant à la performance des résultats de la machine, mais aussi préserver son autonomie qui seule lui permet d'agir de façon critique. Il s'agit bien pour lui de maintenir un équilibre dual, en étant intégré au système concret de réalisation du processus tout en y étant extérieur et capable d'initiative ; en gérant le système tout en maintenant son attention en éveil ; renvoyant à la nécessité, pour l'opérateur, d'une « vigilance sans repos » mise en évidence par Caroline Moricot (2020).

Ce biais d'autorité renvoie aussi à une question de responsabilité. Toujours dans le cadre du pilotage, Moricot (2020, p.13) indiquait que « c'est au pilote que continue d'être confiée la responsabilité de la manœuvre ». De fait, à ce jour, dans le cas de l'implémentation de systèmes d'aide à la décision, c'est encore la responsabilité de l'opérateur humain qui est engagée⁶¹⁵. D'un point de vue juridique, Sonia Desmoulin Canselier et Daniel le Métayer (2020, p.152) nous

⁶¹⁵C'est le cas par exemples dans l'aéronautique civile, dans le cadre des véhicules autonomes, plus loin nous verrons que c'est le cas dans les aides à la décision judiciaire

rappellent d'ailleurs que « en l'état actuel du droit français, le principe de responsabilité conduit [...] à affirmer que la personne (morale ou physique) qui prend l'initiative d'utiliser un [Système d'aide à la Décision] pour profiter du service ainsi rendu doit réparer les dommages qui pourraient résulter de cette utilisation ». Néanmoins, le concept de responsabilité n'est pas limité à son interprétation juridique, il renvoie aussi à une dimension subjective, à la capacité d'un sujet de se sentir moralement responsable au sein d'un ordre social. À cet égard, Milgram (2017, p. 220) rapporte une corrélation entre soumission à l'autorité et perte de la capacité à assigner une signification à son action systématique et *in fine*, de la perte du sens de la responsabilité vis-à-vis de cette action. Nous notons que cette perte du sens de la responsabilité ne peut qu'être amplifiée par la mise à distance du sujet-médecin vis-à-vis du réel cutané.

Dans cette analyse, l'analogie avec le système-avion rencontre sans doute certaines limites, en ce que l'étude de Milgram (2017, p.173) suppose un système d'autorité fondé « sur l'agencement soigneusement calculé à l'intérieur d'une hiérarchie ». L'appel au concept d'autorité développé par Milgram semble à propos en ce qui concerne le cockpit d'un avion civil, au sein duquel les standards et procédures règlent explicitement les relations fonctionnelles et hiérarchiques entre agents, y compris agents artefactuels. À moins de l'institutionnalisation d'un cockpit clinique autour d'une structure réglementaire et hiérarchique, le cadre de la relation entre un médecin et un RNC, et de l'autorité épistémique qui y est exercée par la machine, semble devoir relever d'un régime d'autorité implicite, auquel Milgram ne fait pas directement référence. De fait, il ne s'agit plus d'un « système d'autorité » organisé formellement, mais il s'agit pourtant bien, à notre sens, d'une organisation sociale, construite par l'opérateur humain lui-même, et dans laquelle une position d'autorité a été implicitement attribuée à la machine dans une visée d'efficacité systémique. Par ailleurs, les conséquences « indésirables » relatives au biais d'autorité, que nous venons d'analyser, nous semblent suffisamment sérieuses d'un point de vue de l'éthique médicale, pour que les conditions de son dépassement soient mises en œuvre.

3. Télémédecine entre professionnels de santé : « Easily » et évolutions

3.1. Easily

L'expérience « Easily » portée par le Professeur Luc Thomas⁶¹⁶ au CHU de Lyon se situe à un autre niveau systémique, impliquant d'autres interactions et une autre organisation de la détection des cancers de la peau. Il s'agit d'une expérience de télé-diagnostic collaboratif dans laquelle un médecin peut demander un second avis de la part d'un confrère plus exercé. Les mises en relation sont de type 2 lorsqu'un généraliste demande un avis de dermatologue et de type 3 lorsqu'un dermatologue demande un avis d'expert. Ce réseau, structuré autour des Hôpitaux Civils de Lyon, vise donc à permettre à tous ses acteurs volontaires, médecins de ville ou hospitaliers, généralistes ou dermatologues, novices ou experts, à l'intérieur de la région Rhône Alpes ou hors de France, de réaliser des diagnostics plus précis dans des cas perçus comme incertains. Dans cette mise en relation, une image est envoyée par le demandeur [M] à l'expert [E] auquel l'avis est demandé. Il est bien entendu que [M] a accès au réel cutané du patient dans sa globalité, ce qui signifie d'une part que l'avis qu'il requiert est consécutif à la perception de sa propre incertitude, et, d'autre part, que cette incertitude porte sur une lésion particulière qu'il a identifiée, et qu'il est aussi capable d'accompagner sa demande d'un discours permettant de mettre en perspective la lésion dans la continuité du territoire cutané.

Fin 2014, il y avait 396 acteurs participant à ce réseau, ce qui a permis de donner 2551 seconds avis dans l'année. En 2020, le nombre d'avis est passé à un peu moins de 10 000 pour le niveau 3 et près de 12 000 pour le niveau 2⁶¹⁷. Ces seconds avis ont été émis, dans leur grande majorité, par 5 à 6 dermatologues. Le maillage généré par ce réseau ne relie donc pas chaque acteur à tous les autres, mais chaque acteur à un centre névralgique de quelques experts qui se répartissent la tâche.

Techniquement, il y a donc bien une hiérarchisation des acteurs selon leur statut, et une hiérarchisation des demandes, et l'organisation n'est pas pyramidale mais en étoile, centrée sur les experts qui émettent un second avis. Pour autant, il n'y a aucun système normatif⁶¹⁸, aucun standard ni procédure de surveillance, ce réseau participe à une mise en relation responsable des uns, qui sont en prise avec le réel cutané, avec les autres, qui sont à distance mais qui sont dépositaires d'un savoir-faire d'expert. L'objectif est bien d'aider à lever les incertitudes du diagnostic, en mettant en commun des savoir-faire, à la façon du communalisme scientifique de Merton.

Bien entendu, cette initiative, ne mettant en réseau que des acteurs volontaires, ne peut être que

616 Voir Luc Thomas (2020)

617 Chiffres fournis par le Pr Thomas.

618 Informations fournies par le Pr Thomas : signature d'une charte et d'un contrat de télé-médecine (sans engagement), par la suite les formulaires sont nominatifs pour la traçabilité et intégrables en cas de besoin au dossier médical.
Échange mail du 24/08/2021

vertueuse, ne serait-ce que pour l'amélioration de la qualité générale du système de détection des cancers de la peau, et donc le bénéfice que peuvent en tirer les patients concernés, mais son expansion potentielle reste limitée, ne serait-ce que par les ressources humaines à disposition pour répondre aux demandes et l'organisation qui est principalement de la responsabilité des experts ; elle n'a pas non plus le caractère de dispositif systémique de réponse à un problème de santé publique, mais plutôt celui de dispositif de réponse locale au problème médical d'un praticien face à un patient.

En quoi l'implémentation d'un RNC de détection de mélanomes, ou de catégorisation des cancers cutanés serait-elle envisageable au sein d'un tel réseau de télémédecine fonctionnant entre pairs ? Serait-elle même souhaitable ? Faudrait-il maintenir les valeurs et les objectifs d'origine et quelle serait alors une organisation possible du travail ?

Il nous semble que la question peut trouver une réponse à plusieurs niveaux :

Tout d'abord selon la forme de l'organisation :

- (o1) amélioration de l'organisation existante par l'utilisation d'un RNC sans autre visée que l'amélioration qualitative et quantitative de la performance du réseau.
- (o2) institutionnalisation de l'existant de façon à mailler, à quadriller le territoire de manière systématique, à mettre chaque généraliste voire chaque dermatologue en relation avec un référent, selon une organisation dotée de standards et de procédures normatives, permettant de gérer les flux d'informations et la performance du système, en objectivant et en maîtrisant les savoirs mis en œuvre.

En second lieu selon la fonction du RNC :

- (f1) fonction de second avis : elle a pour objet de délivrer un diagnostic aussi certain que possible (orienté précision).
- (f2) fonction de triage : elle a pour objet (f2.1) de trier les demandes afin de déterminer un ordre de priorité, par exemple en fonction d'une probabilité de malignité. La fonction de triage peut aussi consister (f2.2) en une fonction d'inclusion/exclusion automatisée, excluant les demandes dont la probabilité mesurée de la malignité est en-dessous d'un seuil et ne conservant que celles qui sont potentiellement cancéreuses, en jouant sur la valeur seuil du score de malignité de façon à ne manquer qu'un minimum de lésions cancéreuses (orienté sensibilité).

3.2. Easily (o1)

Quel intérêt l'intégration d'un RNC revêt-elle dans le cas (o1) d'un maintien de l'organisation existante de Easily ? Ce réseau est en croissance, en nombre d'adhérents et en nombre de seconds diagnostics posés, et le fait que toutes les relations et tous les flux soient non standardisés, qui plus est transmis en langage naturel, et en étoile directement entre l'extérieur et le centre, est un frein à cette croissance et nécessite des ressources humaines importantes qui pourraient se retrouver saturées lors d'un afflux trop important de demandes. Ce réseau a donc des limites structurelles relatives à sa capacité à traiter les demandes. Un tel RNC pourrait peut-être représenter une réponse à ces ressources humaines limitées, sans en changer la structure. Cependant, la nature même des informations échangées⁶¹⁹ dans le réseau, leur caractère hétérogène et non normalisé, nécessitent un traitement humain, impossible à déléguer à un RNC. Une telle implémentation requerrait dès lors un formatage des images⁶²⁰, une standardisation plus générale des informations échangées dans laquelle la raison d'être du réseau Easily serait dévoyée : il ne serait alors plus question de traiter les cas difficiles, ou différents, mais au contraire de se plier à un formalisme permettant d'automatiser le traitement d'un plus grand nombre de demandes. Qui plus est, pour ce plus grand nombre de cas, le RNC ne serait pas éthiquement en mesure de donner un véritable diagnostic sans interprétabilité. Quant à la mise en œuvre de la fonction de triage, sur la base toujours de dossiers standardisés, elle devrait répondre à un afflux particulièrement important de données à traiter de façon à ce que le RNC permette de déterminer un ordre de priorité dans le traitement des demandes ou encore d'éliminer du cadre du traitement humain les cas les plus certains, ce qui ne semble pas correspondre ici non plus aux objectifs de ce réseau professionnel de télémédecine.

3.3. Easily (o2)

Dans le cas (o2), conservons cette idée de mettre les médecins en relation à travers un dispositif de télémédecine, selon des relations de type 2 et de type 3. Sur cette base, nous allons envisager une transformation tant des objectifs poursuivis que de la structure réticulaire.

L'objectif de cette nouvelle organisation ne serait alors pas seulement d'ordre médical mais aussi d'ordre systémique, afin de répondre à un problème de santé publique. Il s'agirait donc ici de

⁶¹⁹Éléments fournis par le Pr Thomas : « Chaque demande contient une histoire clinique, des documents (photos, photodermoscopies, CR anapat, radios etc) et des questions. Pas de standardisation des photos ni des dermoscopies mais possibilité de rejeter une demande dans laquelle les photos seraient de mauvaise qualité »

⁶²⁰Et donc un investissement complémentaire de la part du médecin

soumettre cette organisation à la gouvernance systémique de la stratégie de détection précoce des mélanomes. À cette fin, elle devrait permettre d'objectiver, rationaliser et maîtriser les savoirs et les processus à mettre en œuvre afin de minimiser le risque de « rater » un patient atteint de mélanome - ou plus largement de cancer cutané - qui se présenterait à une consultation chez un médecin, généraliste ou dermatologue. Il s'agit donc d'être en capacité de gérer ce risque, de disposer des savoirs nécessaires à la gestion de ce risque et de mettre en place les mécanismes à la fois technologiques et organisationnels permettant la gestion objective et rationnelle de ce risque, dans le respect des valeurs éthiques de la relation médecin-patient.

Dans ce cadre, l'implémentation de RNC de détection de mélanomes constitue, à notre sens, une base technologique permet de fonder un processus d'objectivation et de rationalisation de la tâche de détection de mélanomes. On objectera à juste titre que les solutions commerciales certifiées en tant que SaMD en Europe sont peu nombreuses et présentent des lacunes à la fois en terme d'explicabilité et en terme de validation dans un véritable contexte clinique, les soumettant sans doute à des biais qui n'ont pas été évaluée lors des essais cliniques. Nous en tiendrons compte dans l'exposé qui suit, en notant que ces savoirs font effectivement défaut, mais qu'il est peut-être possible d'envisager une maîtrise des processus de décision qui permette de contourner ces lacunes.

Reconsidérons le parcours de santé préconisé dans le système de santé français. Nous partons du principe que, si il y a un manque patent de dermatologues en France, et particulièrement dans certaines régions, si une prise de rendez-vous chez l'un d'entre eux peut donner lieu à une consultation très éloignée dans le temps, chacun a un accès raisonnablement simple à un médecin généraliste, qu'il s'agisse de son médecin de ville référent ou d'un médecin hospitalier. Un médecin généraliste peut avoir, comme ne pas avoir, d'expérience particulière dans l'interprétation sémiologique fine des mélanomes, il en a néanmoins la connaissance théorique. Un patient peut venir consulter son généraliste pour une lésion cutanée comme pour d'autres symptômes, dans la mesure où certaines lésions peuvent ne pas inquiéter, paraître bénignes à l'œil subjectif et inexercé d'un patient, ou simplement ne pas être accessible du regard. La situation d'une consultation peut donc avant tout se révéler comme porteuse d'incertitudes, à la fois dans la capacité du patient à révéler un symptôme qui ne lui paraît pas en être un et dans la capacité du médecin à l'interpréter et à poser un diagnostic, ou *a minima* dans sa capacité à poser un pré-diagnostic de triage, excluant de façon certaine une lésion bénigne, et capable d'évaluer un degré de priorité, d'urgence à une consultation de confirmation chez un dermatologue expérimenté. Il ne s'agit donc pas d'organiser une campagne de dépistage mais bien d'organiser une détection efficace de mélanomes lorsqu'un

patient se présente en consultation.

(i1) La première incertitude à lever est celle de l'existence d'une lésion qui pourrait être suspecte aux yeux du praticien. Celle-ci ne peut être levée, par le médecin, que dans le cadre de la systématisation d'un questionnement relatif à une altération de la peau, voire à une inspection cutanée, en particulier de zones cutanées qui ne se donnent pas à voir directement par le patient.

(i2) La seconde incertitude est celle qui est relative à l'expérience du praticien et la sensibilité de ses interprétations sémiologiques. Celle-ci peut être levée, si nécessaire, par l'aide apportée par un service de télémedecine dédié. Dans le cadre d'une procédure systématique, il est bien entendu qu'un tel service de télémedecine nécessiterait des ressources humaines importantes, nécessiterait en particulier un dispositif de « triage ».

Dés lors, comment concevoir un système de triage opérationnel sur la base des technologies que les RNC nous mettent à disposition ? Plusieurs options sont à notre disposition en fonction de l'organisation du dispositif de télémedecine au niveau 2, si le praticien est un généraliste, ou au niveau 3, et du service rendu.

(t1) Celui-ci peut ne fonctionner que sur la base d'un RNC, sans ressources humaines complémentaires. La présentation des résultats du RNC peut revêtir la forme d'une probabilité de malignité, de l'évaluation d'un risque, ce qui n'est donc pas un diagnostic en tant que tel, de façon à ce que le praticien puisse orienter ou non le patient vers un dermatologue et avec quel degré d'urgence. Dans ce cadre, il est loisible à l'institution en charge de la maîtrise du processus, de décider de la valeur seuil qui permet objectivement de rationaliser l'orientation du patient vers la suite de son parcours dermatologique. L'établissement de cette valeur doit permettre de minimiser le risque de mélanome « raté », tout en minimisant le coût des sur-diagnostics. Dans ce cadre, le RNC ne fournit pas un diagnostic mais une information logistique relative au parcours de soin du patient, ce changement de statut du résultat du RNC peut le rendre acceptable malgré l'absence d'explication ; le généraliste, sans explication autre qu'une mesure de risque, gère le système, il valide l'information, oriente son patient, il devient l'agent de formalisation d'un parcours de santé, à travers le dossier médical dédié recensant les informations à transmettre au dermatologue.

(t2) Dans le cas de relations de niveau 3, un dermatologue sera en attente d'un second avis, qui nécessite l'explication de celui qui pose le diagnostic. Cette mise en relation peut fonctionner sur la base d'un RNC dans la fonction de triage déployée ci-dessus, à laquelle est adjointe des ressources humaines. Le triage est complété par un véritable second diagnostic, réalisé par un dermatologue

humain, sur le mode du réseau Easily actuel, mais en se concentrant sur les relations de niveau 3 ou encore sur les scores de triage à la probabilité incertaine.

Reprenons maintenant le cadre macro-systémique qui permettait de définir les standards et procédures du MSA. Dans le cas présent, faisons l'hypothèse qu'existe un sous-système de la santé publique chargé de la mission de détection précoce des mélanomes et/ou des cancers cutanés, et que celui-ci est structuré en tant que macro-système que nous nommerons par facilité le MSDM⁶²¹. Celui-ci est alors doté d'un organe institutionnel qui définit les normes d'action, qui gère les modalités d'échange des informations, qui centralise les informations et vérifie la conformité des actions, décisions et flux d'informations, qui maîtrise le système. Dans l'ensemble des cas que nous avons évoqués, cela implique qu'existent des flux d'informations entre les différents acteurs du système, lesquels sont standardisés, normés, et dont l'évaluation permet la maîtrise systémique de la détection. Ainsi, le généraliste échange avec le service de télémedecine, envoie le dossier médical au dermatologue qui le complète en fonction de son propre diagnostic, de sa décision, des résultats éventuels de l'anatomo-pathologie. Le dossier médical, rendant compte du parcours, est bien entendu rendu accessible à l'institution chargée de la maîtrise du processus et qui peut évaluer sa conformité. Au-delà de la situation médicale particulière d'un patient, au-delà du jugement exercé des médecins intervenant dans son parcours, son dossier médical est objectivé par l'intervention de l'artefact, rationalisé de façon à ce que le processus même de détection puisse être évalué et contrôlé, lorsque précédemment, la décision thérapeutique du médecin se dérobaient devant son objectivation. Et c'est bien cette rationalisation qui rend possible la maîtrise nouvelle des savoirs d'action, le contrôle de la décision thérapeutique aidée par la machine, à travers l'émergence de nouveaux savoirs techniques portant sur son incertitude. C'est aussi elle qui rend finalement possible la mise en risque du processus de détection du mélanome.

Observons maintenant l'organisation locale que nous venons de décrire, et observons en particulier ce qui se peut se passer dans le « cockpit clinique ». Nous avons évoqué deux possibilités, les relations de type 2 et les relations de type 3, selon que le demandeur était un généraliste ou un dermatologue. Si nous nous référons à ce qui s'est passé dans les cockpits au début des années 1990, nous pouvons envisager un phénomène d'appropriation à court terme et une transformation de la relation aux savoirs d'action à plus long terme. À la différence de ce qui se passait dans un cockpit d'avion, l'injonction normative à l'utilisation d'un tel réseau ne paraît pas ici certaine. Pour autant, comme dans le MSA, la transformation des modalités de formation peut participer à normaliser son usage par les jeunes médecins. Dès lors, si l'appropriation ne nécessite

621 Macro-système de détection des mélanomes

pas les stratagèmes qui ont pu être élaborés dans l'aéronautique, le médecin étant libre de ne considérer le résultat artefactuel que comme un indicateur systémique, dans un temps long, son usage peut générer un *habitus* facilitant la procédure d'inspection cutanée en considérant finalement cet indicateur de parcours de santé comme un diagnostic. À partir d'une situation sans diagnostic, le diagnostic peut devenir le résultat de la soumission implicite au résultat de la machine à travers un biais d'automatisation. Cette situation hypothétique revêt sans doute des analogies avec l'excès de confiance et le manque de vigilance affichés par les pilotes de l'AF447 ; sans doute aussi avec la façon dont le résultat d'un logiciel de calcul de risque de récurrence a pu être utilisé par un juge du Wisconsin, dans une habitude implicite d'utilisation confiante des résultats de la machine qui facilite sa propre activité⁶²². Il nous semble qu'un des enjeux de l'implémentation d'un RNC de détection de mélanomes est aussi celui de la transformation possible des habitudes de travail qu'elle provoque implicitement, la confiance en l'artefact étant suivie d'une dégradation de la vigilance, et finalement d'une dégradation des savoirs d'action.

Dans le cas de l'affaire Loomis, le logiciel avait été mis en œuvre afin d'aider à désengorger le système judiciaire. Par la suite la société Northpointe avait été dédouanée dans la mesure où son manuel spécifiait que le score affiché ne devait être en aucune façon considéré que comme seul élément pour former une décision d'incarcération. Dans le jugement rendu dans Loomis vs Wisconsin, sans statuer sur le fond, c'est à dire sur l'existence de biais, et plus généralement sur les conditions de validité et d'explicabilité des résultats du logiciel en cause, le juge Bradley a néanmoins défini les conditions d'utilisation de ces scores de risques, la façon dont ils pouvaient être présentés dans les cours de justice, et dont ils ne pouvaient pas être utilisés pour « déterminer si un délinquant devait être incarcéré » ou « déterminer la sévérité de sa peine »⁶²³. Ainsi, ce jugement rend compte de ce qu'un mésusage d'un artefact, devenu habitude, peut potentiellement donner lieu à des erreurs, des biais, sans que l'utilisateur, devenu gestionnaire d'un système, fasse montre de vigilance et de distance critique vis-à-vis de ses résultats. Il offre aussi une réponse à ce problème par la définition d'un cadre normatif, qui doit être garant du maintien de l'agir des juges et de leur savoir-juger. HLR (2017) semble douter de la pertinence de cette réponse. Il y a, de fait un hiatus quant à la responsabilité de l'opérateur, juge, pilote ou encore médecin. La machine, quelle qu'elle soit, spécifie toujours que la décision relève uniquement de la responsabilité de l'utilisateur, c'était d'ailleurs parfaitement stipulé⁶²⁴ dans les screenshots de la figure 32. Pourtant,

622Affaire Loomis contre Wisconsin concernant l'utilisation du logiciel Compas de la société Northpointe, voir Desmoulin-Canselier et Le Métayer (2020, p.81), voir Larson et al (2016)

623Voir HLR (2017)

624La mention exacte est : « Les résultats sont fondés sur des statistiques. Le diagnostic est la responsabilité du médecin »

comment l'opérateur peut-il être considéré comme responsable de l'établissement d'une décision dont certains éléments épistémiques ne lui sont pas intelligibles ? Sauf à continuer à être en capacité de réaliser ledit raisonnement sans l'aide du résultat machinique.

Dans le cas de l'aéronautique civile, l'analyse du phénomène AF447 a donné lieu, en particulier chez Air France, à une modification de certaines procédures de pilotage et surtout à une amélioration des modalités de formation, en particulier avec des séances complémentaires dédiées à l'apprentissage par simulateur de vol. Cette amélioration de la formation visait à maintenir les savoirs d'action des pilotes dans les conditions de vol dans lesquelles le pilote automatique était habituellement en charge du pilotage.

4. Pharmabest

Nous avons évoqué précédemment l'expérience Pharmabest⁶²⁵. En 2018, ce groupement de pharmacies⁶²⁶ lançait un premier service de télémedecine dédié aux cancers cutanés. Leur dossier de presse affirme réaliser « le premier service d'e-santé en pharmacie appliqué à la prévention du mélanome », en précisant que ce dispositif fait l'objet d'un partenariat avec le Syndicat national des dermatologues-vénéréologues (SNDV), de la société de maintien et de services de soins à domicile Alcura (groupe Alliance Healthcare France) et de la société norvégienne de dépistage ScreenCancer.

« La technologie et le protocole de traitement des images sont fournis par Alliance Healthcare France, qui dépend du groupe américain de distribution pharmaceutique Walgreens Boots Alliance. Il propose depuis plusieurs années le service de dépistage avec ScreenCancer dans d'autres pays européens comme le Royaume-Uni, l'Irlande et la Norvège », expose le groupement dans son dossier de presse.

Il s'agit ici d'un contrat de confiance entre un donneur d'ordre qui a pris le soin de choisir une technologie et un système organisationnel ayant déjà fait ses preuves. La validation passe par ailleurs par le concours de professionnels-experts nationaux (à travers la SNDV) auxquels l'interprétation des dermoscopies sera confiée.

L'écosystème local se trouve une fois de plus transformé, même si l'individu n'a plus autant une position centrale, le pharmacien fait office de facilitateur, de médiateur entre les experts médicaux,

625 Voir Partie I, Chapitre 3, Paragraphe 3.2

626 <https://www.silvereco.fr/pharmabest-lance-le-1er-service-de-prevention-du-cancer-du-melanome-en-pharmacie/3199115>

l'un interprétant les clichés et l'autre en bout de chaîne, accueillant l'individu devenu patient.

Le pré-diagnostic revêt la légitimité dont le pharmacien bénéficie, il y a une forme de déplacement de la confiance de l'individu vers le pharmacien puis vers le système de détection. Autant l'individu est en prise avec sa santé dans son souci de se faire dépister, facilité par la médiation d'un pharmacien, autant il subit le pré-diagnostic qui lui parvient de façon distanciée, par mail ou sms, voire par téléphone, et qui marque pourtant son changement de statut d'individu à patient. Il est de fait entré dans un pré-parcours de soin parfaitement formalisé, une forme d'extension systémique du parcours de soin traditionnel.

Par ailleurs, malgré le soutien des dermatologues de la SNDV, cette expérience rencontre dès son lancement l'hostilité de la SFD⁶²⁷, de la FFFCEDV⁶²⁸ et le CEDEF⁶²⁹, qui se prévalent des « règles élémentaires d'une politique de santé publique efficace et fiable » et non mercantile, et souhaitent remettre les généralistes au centre du dispositif de détection, comme seuls capables de réaliser un examen complet du corps entier⁶³⁰. Il ne s'agit pas pour nous de résoudre cette tension entre sociétés savantes, tension incluant par ailleurs un groupement commercial. Force est de constater qu'un tel dispositif est sans doute envisageable, au moins dans d'autres contextes socio-culturels, puisqu'il est opérationnel au Royaume-Uni, mais nous notons que l'expérience de télémédecine par Pharmabest a été arrêtée en France.

5. Solutions mobiles de télémédecine à destination du public

Kassianos et al (2015) et Ngoo et al (2018) avaient évoqué les nombreuses applications⁶³¹ de détection de mélanomes disponibles sur smartphone⁶³² et le degré d'acceptabilité que ces applications engageaient alors chez les usagers. De façon plus contemporaine, nous noterons l'existence de l'application néerlandaise SkinVision, certifiée CE en tant que dispositif médical de Classe I⁶³³ et qui se prévalait de près de 1,2 millions d'utilisateurs dans le monde en 2020. Nous

627Société Française de Dermatologie

628Fédération Française de Formation continue en Dermato-vénérologie

629Collège des Enseignants en Dermatologie de France

630https://document.dermato-info.fr/communiqu%c3%a9/2018-06-26_SFD-FFFCEDV-CEDEF_position-t%c3%a9l%c3%a9dermatologie.pdf

631Ces états des lieux sont antérieurs à la nouvelle législation sur les SaMD. Ngoo et al font état d'applications téléchargées entre 100 000 et 500 000 fois, ce qui nous semble dénoter une acceptabilité certaine.

632Voir Partie I, Paragraphe III.3.2

633Enregistré dans la base Eudamed sous le numéro de fabricant NL-MF-000006052. Curieusement, la classe I concerne les dispositifs dont la fonction d'information concerne des états bénins ou sérieux mais pas critiques ; il nous aurait semblé pertinent de considérer que l'information de la détection d'un mélanome nécessitant une

n'envisagerons néanmoins ici ces possibilités que sur un mode hypothétique, dans la mesure où elles s'éloignent par trop d'un cadre institutionnel et d'un consensus au sein des professions de santé. Une telle application relèverait d'une solution de télémédecine à destination du public, ce qui n'est à ce jour pas légalement possible en France, tout du moins sans que le « téléconsultant » soit lui-même un médecin humain⁶³⁴.

Certes, l'utilisation d'un tel logiciel renvoie à la responsabilisation du patient vis-à-vis de sa propre santé, telle que prônée par la conférence d'Alma-Ata en 1978⁶³⁵. Il s'agirait dès lors d'une auto-prise en charge de sa santé cutanée par l'intermédiaire d'un artefact. Cette auto-prise en charge consisterait alors en un processus de sélection d'un nævus, de sa photographie, de la transmission des informations à une plateforme de calcul délocalisée, extérieure au smartphone, puis du retour de l'information relative au diagnostic⁶³⁶. Mais l'objection faite au projet de Pharmabest tient toujours : d'une part, l'individu n'a accès qu'à la partie du corps qui lui est visible ; il peut aussi faire appel à un tiers pour avoir accès à d'autres zones cutanées. La question se pose alors des modalités de sélection de la ou des lésion(s) cutanée(s) à prendre en photo, ce choix, pourtant crucial n'est pas élaboré à partir de savoirs et de savoir-faire qualifiés. Qui plus est, l'individu n'est pas en capacité d'évaluer techniquement l'ensemble de sa surface cutanée, ou encore de définir un « vilain petit canard ». De ce point de vue, il est de fait soumis à la fois à son incapacité à se représenter son propre corps, qui ne se donne pas à examiner aisément à lui-même, et à sa non-expertise dermatologique.

À l'instar de l'expérience Pharmabest, une telle auto-prise en charge est aussi une façon de faire-sans le médecin, une façon pour le patient de s'approprier sa santé dans une forme d'autonomie, d'être en prise avec son statut sanitaire par la médiation de la technique seule. L'appropriation faite d'une telle application médicale renvoie sans doute à celles dédiées plus largement à la santé, utilisant des objets connectés dédiés ou non, qui renvoient des indicateurs de mesure de l'individu et de son activité : poids, rythme cardiaque, tension artérielle, nombre de pas, distance parcourue, dénivelé positif,... À ce titre, elle l'intègre à un ensemble plus large de dispositifs de mesure de soi, il ne s'agit dès lors plus d'un acte médical en tant que tel mais d'un acte de mesure, qui plus est ludique, mettant par là-même le soi-sujet qui mesure à distance de son

intervention urgente était de l'ordre critique. Il y a par ailleurs une controverse sur la qualité des études cliniques réalisées pour valider cette application, et d'autres, voir à ce sujet Freeman et al (2020), versus Urdea et al (2019) qui a été néanmoins financée par Skinvision.

634 Voir avenant n°6 à la convention nationale organisant les rapports entre les médecins libéraux et l'assurance maladie (validé par l'Arrêté du 01er Août 2018).

635 Voir partie I, paragraphe III.3.1

636 C'est la terminologie l'évaluation du risque (*risk assessment*) qui est utilisée dans le cas de *Skinvision*

autre soi-objet qui est mesuré, et lui permettant sans doute aussi d'être l'acteur de son changement éventuel de statut d'individu à patient dans un mouvement où sujet et objet se superposent à nouveau.

L'acteur est aussi un nœud du réseau, générant un flux d'informations lors de la prise de photo et recevant en retour une information-diagnostic par la médiation d'une application qui devient son point d'accès au réseau, à sa mesure et à l'information sur sa santé. Il y a dès lors une forme de soumission à la fois à cette appartenance à un réseau et au langage indiscutable que les machines de ce réseau ont adopté, un langage qui formate la présentation de l'information, qui mesure la santé ou la pathologie sans avoir à l'expliquer⁶³⁷, car la mesure est infaillible⁶³⁸, elle fait loi.

D'un point de vue organisationnel, ce réseau devrait, idéalement, être interconnecté dans la mesure où lorsque l'évaluation du risque de l'individu le rend patient, il devrait pouvoir être mis en relation avec un dermatologue pour obtenir ce qui serait donc un premier avis humain, mais néanmoins un second avis. Lors de ce « second avis », nous nous retrouvons alors dans une configuration de pratique interactive de la clinique telle que nous l'avions évoquée précédemment, le clinicien ayant à sa disposition la mesure du risque réalisée par l'application, sans qu'elle transmette d'autre savoir que cette mesure, associée à une réputation, à une valeur de vérité subjective. Le type d'interaction que le clinicien choisira d'avoir avec le pré-diagnostic dépendra sans doute en partie du statut de ce pré-diagnostic et de la confiance qu'il peut lui attribuer. Si l'on prend en référence la controverse qui a suivi les débuts de l'expérience Pharmabest, on peut conjecturer que si la confiance en une application de détection de mélanomes est possible chez certains dermatologues, elle n'est certainement pas partagée⁶³⁹ par l'ensemble de la profession. Alors, en se référant aux pratiques interactives de la clinique envisagées précédemment : lorsque la confiance est établie, le dermatologue pourra être dans une démarche de confirmation du pré-diagnostic, avec un possible biais d'automatisation, lorsque dans le cas inverse, il réalisera un diagnostic *de novo* et devra le confronter à celui réalisé par la machine.

Comme nous l'avons vu précédemment dans le cas de « Easily », nous pouvons envisager deux formes de fonctions pour ce RNC, l'une d'avis diagnostic⁶⁴⁰ et l'autre de triage.

Dans le premier cas, la croyance en la modernité artefactuelle soumet l'individu à un biais

637Mais quelle mode explicatif pour le patient ? Dans quel langage ?

638D'autant que, par exemple, la promesse marketing de Skinvision est de détecter 95% des cancers de la peau, voir : <https://www.skinvision.com/?s=Medical+Device+Regulation&lang=en>, consulté le 25/08/2021

639Ce point mériterait sans aucun doute une étude terrain quantitative

640Dans ce cas, un premier avis

d'automatisation. Et à partir de ce biais, de la confiance associée à l'artefact, celui-ci peut être porté à sous-estimer la probabilité de malignité affichée, à minimiser la possibilité d'erreur et de biais, enfin à rendre superflu une prise de rendez-vous dermatologique. *In fine*, cette auto-prise en charge pourrait être contre-productive, en étant la source d'erreurs latentes, de vulnérabilités sécuritaires conduisant possiblement à la non-détection précoce de mélanomes.

Dans le second cas de paramétrage du RNC, visant à éviter les faux négatifs, Haenssle et al (2018, 2020), Winkler et al (2020), Tschandl et al (2020) ont montré que la spécificité du dispositif était amoindrie, faisant augmenter le nombre de faux positifs. Pour autant, ce qui ne serait qu'un pré-diagnostic d'orientation parviendrait à l'individu, ou plutôt à son point d'accès au réseau, de façon automatisée et distanciée, sans explication, sans que son statut de patient soit encore clairement établi, mais en le laissant pourtant dans l'incertitude de la possibilité d'un cancer. Certes, cette seconde organisation permettrait de gérer le risque de « rater » un cas de mélanome (ou d'un autre cancer cutané). Mais d'une part, l'inquiétude générée par un tel dispositif conduirait sans nul doute à des sur-diagnostics, au moins de ré-assurance, de la part des médecins venant confirmer l'avis de l'application. D'autre part, la position de l'humain dans l'organisation de ce réseau nous semble être en contradiction avec une vision justement humaniste et empathique de la médecine. Une telle instrumentalisation de l'incertitude contreviendrait à l'éthique même de la médecine : si elle semble bien répondre aux principes d'autonomie, cette position de nœud d'un réseau qu'il convient de trier et catégoriser sans explication nous semble en contradiction avec la non-malfaisance, avec le *primum non nocere* Hippocratique. *In fine*, le faire-sans le médecin, donc sans la relation empathique au médecin, et donc le non accompagnement dans le dévoilement d'un diagnostic déshumanisé nous semble poser question, quand bien même celui-ci n'est qu'un pré-diagnostic de triage. Ce changement de statut, associé à une pathologie potentiellement grave, doit pouvoir être accompagné.

Revenons sur la nécessaire interconnexion de l'application vers la mise en relation avec un dermatologue. Dans quelle mesure celle-ci est-elle réalisable à travers les modalités existantes de prise de rendez-vous chez un dermatologue ? Il est aujourd'hui possible de prendre des rendez-vous soit par téléphone, soit par la médiation d'un smartphone ou d'un ordinateur en utilisant certains portails sur internet⁶⁴¹, mais cette dernière modalité propose néanmoins avec difficulté des rendez vous d'urgence. En cas d'urgence, voire d'urgence relative, ne reste que le téléphone. Dans quelle mesure une mesure d'urgence établie par une application est-elle constitutive d'une urgence au sens d'un cabinet de dermatologie ? On le comprend aisément, l'implémentation d'un tel artefact

641Par exemple *Doctolib*

impose donc de donner une valeur systémique de confiance en ses résultats, ne serait-ce que pour que l'assistant(e) médical(e) en charge des rendez-vous soit en mesure d'intégrer objectivement un rendez-vous dans l'organisation du planning du dermatologue en fonction de l'urgence établie ; faute de quoi les problèmes relatifs au manque de dermatologues dans certaines régions, à des rendez-vous lointains, rendront inutile l'appel à une telle application.

Quels seraient alors les potentiels bénéfiques systémiques à l'implémentation d'une telle application ? De façon assez immédiate, l'appel à un tel système technique permettrait de responsabiliser aisément les individus face à leur santé cutanée. Cela permettrait aussi une surveillance de l'évolution des nævi pris en photos et l'établissement en temps réel de savoirs objectifs sur ceux-ci. Il y a toujours cette notion d'objectivation des savoirs déployés mais aussi et surtout une notion de temporalité, d'enregistrement d'une évolution sur un temps long en même temps que les savoirs sont dévoilés dans une temporalité courte. Pour autant, ces bénéfiques, qui semblent objectifs sont à relativiser par certaines limites : limites dans l'accès à un réel qui a du sens puisque l'individu non-sachant n'a qu'un accès limité à un réel qu'il ne sait pas interpréter ; limites systémiques dans la difficulté à interconnecter un tel système de pré-diagnostic avec les modalités existantes de mise en relation avec un dermatologue, dans le respect de la mesure de risque par l'application. Il y a enfin des limites sociologiques dans le déploiement d'une telle application qui ne s'adresse finalement, à ce jour, et dans les pays dans lesquels une telle solution est déployée, qu'à une minorité d'individus, soucieux de leur santé et de sa mesure, habitués à manier un smartphone et à ses fonctionnalités d'interface mobile d'accès aux réseaux, ou encore à ceux qui sont des sujets à risque en ce qui concerne les cancers cutanés ; elle ne s'adresse donc pas aux autres, moins soucieux de se mesurer en temps réel, moins connectés, et sans doute aussi à tous ceux qui ne sont pas catégorisés comme étant à risque, et cette dernière catégorie, de personnes qui ne sont pas à risque, qui ne s'inquiètent pas de l'apparition d'une lésion cutanée pourtant suspecte, constitue une proportion non négligeable de mélanomes non détectés de façon précoce, et qui ne le seront sans doute pas plus avec ce type d'application.

Dans ce cadre, quelle analogie entre l'implémentation d'un tel système au sein du système de santé et le MSA. Ce nouveau système apparaît, dans son état de développement actuel hors France⁶⁴², comme une excroissance indépendante du système de santé, entre lesquels il s'agit néanmoins de construire des passerelles. Dans les environnements libéraux actuels d'implémentation, les systèmes nationaux de santé n'exercent pas de contrôle⁶⁴³ ou de surveillance,

642Skinvision est particulièrement présente en Australie par exemple

643Autre qu'une certification technique du dispositif médical

il n'y a donc pas de maîtrise d'un juste⁶⁴⁴ déploiement de ce type d'application. En l'état, il nous semble difficile la fois de procéder une analogie avec le MSA, et de prétendre que ce type d'application puisse constituer un levier exploitable en réponse à un problème de santé publique français, sans maîtrise, ni des modalités techniques de son déploiement, ni de son utilisation par des non-professionnels. Pour autant, à l'instar du MSA qui a structuré une innovation organisationnelle en même temps que des innovations technologiques bouleversaient l'organisation locale du pilotage, peut-être est-il possible pour nous de concevoir une organisation complémentaire, permettant d'adapter le nouvel artefact aux objectifs sécuritaires.

Procédons une fois encore par analogie. Un avion doit être mené à bon port, c'est l'objectif du pilote, en relation avec le pilote automatique mais aussi en relation avec le contrôle aérien, avec les balises qui sont sur le chemin, et sous le méta-contrôle de la compagnie aérienne, de l'avionneur ou encore des institutions du système. Le processus de réalisation d'un vol est fait à partir d'un système d'information, qui définit quelles informations sont échangées entre agents et leur format, et selon des procédures normées qui définissent les décisions et actions de chacun. De la même façon, nous pouvons considérer que le corps de l'individu est l'objet de la décision thérapeutique qu'il convient de mener à bon port, c'est-à-dire de l'amener à consulter un dermatologue dans un certain délai si il est porteur d'une lésion cancéreuse, lequel dermatologue devra avoir toutes les informations nécessaires à la décision et à l'action.

Dans un premier temps, dans l'hypothèse où nous convenons de cette analogie, nous considérerons à nouveau qu'existe le sous-système MSDM⁶⁴⁵. Une application de smartphone est un dispositif qui, par définition, génère, enregistre et transmet des informations. Dans le cas où une telle application devait être implémentée dans le MSDM, il faudrait donc qu'elle soit en relation avec l'ensemble du système, capable de communiquer et d'échanger des informations avec tous les autres acteurs du système, selon un format normé. Selon le schéma opérationnel, l'individu-sujet (ou le pilote) est en relation avec l'application (ou le pilote automatique), il est en relation avec son dermatologue (le contrôle aérien), l'application renvoie des informations au site de son constructeur, mais il doit aussi y avoir des échanges d'informations entre les autres acteurs du système. Cette communication concerne en particulier l'ensemble des données relatives à un patient pré-diagnostiqué comme étant « à risque », images, scores du pré-diagnostic, historique si il y en a un, qui devraient être transmises au dermatologue en charge de l'examen clinique, selon

644En ce qui concerne la dimension éthique, la justice d'un éventuel remboursement par la sécurité sociale pose question, dans la mesure où l'utilisation de l'application coûte 49,99 euros par an. Voir : <https://www.skinvision.com/getting-started/#pricingplans>, consulté le 25/08/2021

645Macro-système de détection des mélanomes, tel que nous l'avons déjà défini en paragraphe II.3.3.

un format pré-défini et imposé par le MSDM⁶⁴⁶. Ce n'est finalement pas plus que les données médicales qu'un médecin généraliste communiquerait à un confrère dermatologue auquel il enverrait un patient suspecté d'être porteur d'une lésion cancéreuse. Mais cette communication doit aussi être réalisée selon un maillage dont l'application, et le site de son constructeur, ne sont pas le centre. La maîtrise doit revenir à l'organe de contrôle et ceux-ci doivent aussi lui communiquer les données la lui permettant. Il est bien entendu, que s'agissant de données médicales, un autre problème qui se pose est celui de la protection des données, de la conformité non seulement aux RGPD mais aussi à la législation française concernant l'accès aux données médicales.

Après avoir exposé les limites de l'implémentation d'un tel artefact, et tenté de les résoudre par l'organisation d'un système d'information analogue à celui de l'aéronautique civile, il nous semble donc que l'implémentation libérale telle qu'elle peut être envisagée ailleurs, ne permet de résoudre le problème de détection précoce de mélanomes, ni en tant que problème médical, ni en tant que problème de santé publique, dans la mesure où il s'agirait d'une délégation de la gestion systémique de la réponse au problème, de sa maîtrise, des savoirs associés à sa maîtrise. De façon hypothétique, seule le système de santé publique pourrait envisager un tel projet, en développant ou en faisant développer une application-proprétaire ; pour peu que la législation sur la télémédecine change et en s'attirant très probablement l'ire des sociétés savantes de dermatologie.

6. Intégration de cabines de télémédecine intelligentes

⁶⁴⁶En aéronautique la standardisation des formats d'échange de données permet à des avions issue de constructeurs différents d'être tous capables de communiquer avec par exemple le contrôle au sol.



Figure 36 : Vectra® WB360

© Reproduit avec l'autorisation de de Canfield Scientific, Inc.

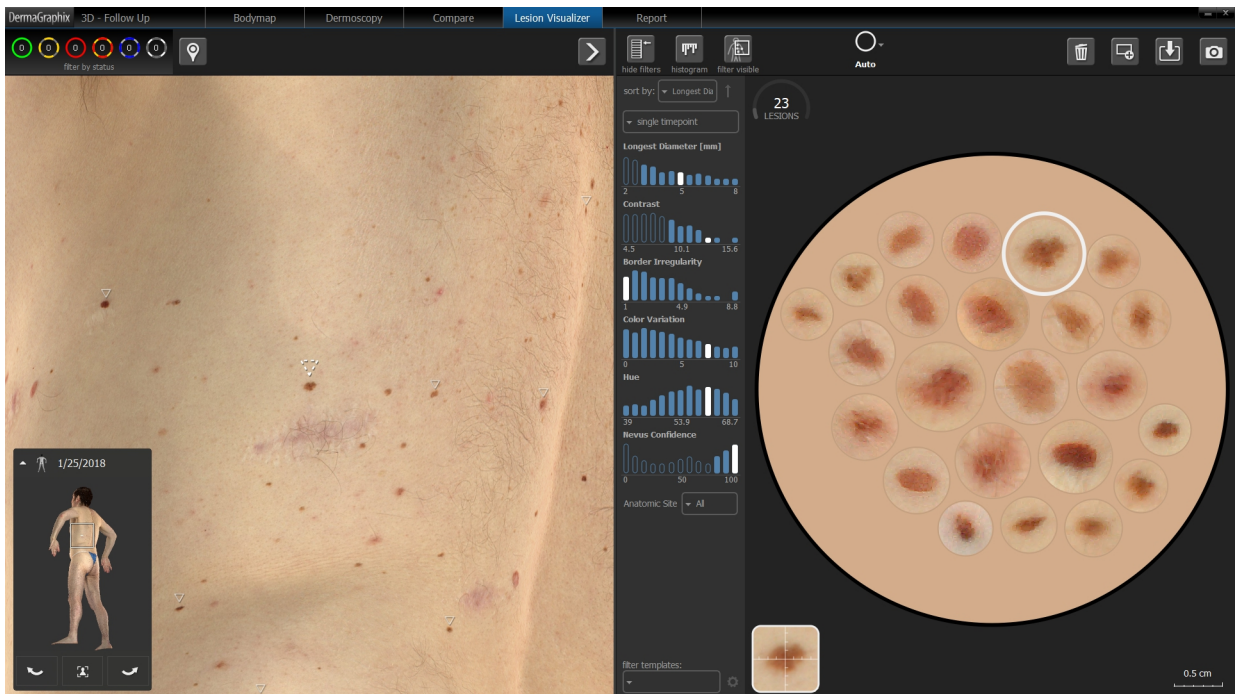


Figure 37 : DermaGraphix® Écran de visualisation des lésions

© Reproduit avec l'autorisation de de Canfield Scientific, Inc.

Nous avons vu jusque là que le développement commercial de systèmes intelligents de détection de mélanomes ou plus généralement de cancers cutanés avait fait une alliance objective avec le développement des solutions d'imagerie dermoscopique.

En la matière, et ce n'est sans doute pas anodin, les nouveaux artefacts en forme de cabines qui sont testés aujourd'hui⁶⁴⁷ envisagent des solutions de TBS⁶⁴⁸ digital ou plutôt de WBI⁶⁴⁹, automatisant et systématisant la méthode de « charts » prônée par Friedman (1985). Un flux d'information en sortie d'un tel artefact peut engager plusieurs types de savoirs descriptifs : tout d'abord la modélisation continue en trois dimensions de la surface cutanée du corps, l'ensemble discret d'images des *nævi* présents sur cette surface, enfin l'historique des paramètres enregistrés permettant d'inférer leur évolution. La peau n'est donc plus seulement considérée comme une somme d'états discontinus, ces états (les *nævi*) étant alors positionnés dans un continuum au sein duquel ils peuvent être évalués de façon individuelle et en corrélation les uns avec les autres. La discontinuité est présente dans la temporalité, chaque enregistrement étant attaché à un moment singulier, le suivant permettant d'évaluer les transformations et altérations qui ont pu avoir lieu entre deux instantanés.

Un tel dispositif est à ce jour une potentialité, et une potentialité qui démultiplie le flux d'informations à traiter et qui, par son mode opératoire, rend nécessaire l'IA qui permet de diagnostiquer toutes les lésions présentes dans une temporalité courte, en particulier chez un patient à risque dont la peau est constellée de *nævi* mais dont seuls quelques uns posent question. On conçoit assez bien les ressorts stratégiques d'une telle invention, dans l'alliance d'un dispositif d'imagerie avec un dispositif de détection intelligente, dans la nécessité que l'un a de l'autre.

Par ailleurs, les dermatologues ont depuis longtemps prôné le TBS lors d'un examen cutané⁶⁵⁰ ; ce dispositif d'imagerie est donc une forme de réponse technique et systématique à un examen fastidieux, et, considérant la quantité de données générées, un algorithme intelligent est seul en capacité ces données dans un temps raisonnable⁶⁵¹. Ces cabines sont donc à la convergence de la demande historique des dermatologues et de la modernité de l'intelligence artificielle alliée à la dermoscopie.

En créant un tel artefact, les industriels de l'imagerie dermoscopique semblent proposer, de prime abord, une transformation radicale de leur éco-système. Jusque là, hormis des systèmes

647En particulier le modèle Vectra® ci-dessus

648*Total Body Screening*

649*Whole Body Imaging*

650On se référera en particulier à Friedman (1985), déjà cité.

651Le système MoleMax™ de Derma Medical, existe depuis 1996, et se targue d'être le premier système incluant la dermoscopie à l'imagerie macroscopique de la peau. Un des avantages concurrentiels du modèle de Vectra est bien l'adjonction d'un système de détection intelligent, donc le traitement simplifié des données.

complexes du type de MoleMax^{TM652}, la plupart des dermoscopes étaient accessibles aux dermatologues dans la pratique courante de leur clinique, ils étaient matériellement petits, manipulables (voir photo ci-dessous), de telle sorte que, hormis un coût pas toujours jugé nécessaire par les cliniciens, tout dermatologue pouvait, en principe les utiliser. Cela n'est, de toute évidence, plus le cas avec ces nouvelles cabines.

Dans ce nouveau cadre, l'acte médical de TBS est délégué à une machine manipulée par des techniciens d'imagerie médicale spécialisés, l'acte est délocalisé dans un centre d'imagerie médicale dédié. Il y a donc une forme de segmentation de la tâche du dermatologue, une division du travail, qui alloue la sous-tâche d'examen de la totalité de la surface de la peau (TBS) à la machine. Il y a donc une transformation de l'éco-système de l'imagerie dermatologique en ce qu'il y a création d'une nouvelle discipline technique associée à de nouveaux spécialistes, de nouveaux lieux.

Pour autant, il ne faut pas se cacher que cet artefact correspond à un marché de niche. Un tel artefact permettant un WBI, revêt sans aucun doute un intérêt réel, mais nous rappelons que le système MoleMaxTM, qui offre depuis près de 25 ans une solution de micro-dermoscopies, de visualisation des lésions sur l'ensemble du corps d'enregistrement d'un historique, n'a attiré que près de 3000 clients⁶⁵³ dans le monde. De fait, aujourd'hui, les patients pris en charge par une telle solution sont des patients à haut risque de développer un cancer cutané ; et si le modèle de cabine de Vectra® a un avantage concurrentiel, particulièrement par l'adjonction d'un système intelligent de détection, il ne semble pas que sa destination en sera différente.

Sur le principe, il s'agit donc, certes, d'une rupture : rupture avec la culture dermatologique qui rend l'œil du dermatologue seul capable d'interpréter la surface cutanée ; rupture par le basculement d'un examen visuel vers un examen d'imagerie médicale impliquant une délégation, une délocalisation ; mais une rupture à la marge du système, qui ne constitue en rien une modalité systémique structurant la détection précoce des mélanomes, en tout cas pas de façon économiquement envisageable. Cela étant, même en considérant qu'un tel objet technique n'est pas la réponse à notre problème, ne représente pas, en tant que tel, la rupture socio-technique dans le domaine de la détection de mélanomes, il peut néanmoins représenter un premier mode d'implémentation d'une IA commerciale de catégorisation des lésions cutanées dans le monde de la dermatologie clinique, ou plutôt de l'imagerie dermatologique, ce qui constituerait une première commerciale, en forme de cheval de Troie.

652Dont le Vectra® peut sans doute être considéré comme une amélioration

653Voir <https://www.dermamedicalsystems.com/index.htm#welcome>, consulté le 25/05/2021

Conclusion

Cette étude a d'abord été un voyage au fil d'une histoire dermatologique. Tout d'abord un voyage épistémique qui nous a permis d'appréhender la discipline dermatologique, la façon dont elle s'est constituée, dès l'Antiquité autour de méthodologies de compréhension et d'interprétation du réel cutané, la façon dont elle s'est constituée en tant que discipline au sein d'une institution de santé publique elle-même en construction, finalement la façon dont elle s'est constituée autour d'une « culture dermatologique »⁶⁵⁴ permettant de penser la relation à cet organe particulier qu'est la peau, frontière du corps avec son environnement. Elle a été aussi un voyage autour du concept dermatologique de mélanome, de son émergence au début du XIX^e siècle jusqu'à une accélération des recherches le concernant à partir des années 1960, visant à la fois une meilleure compréhension de ses mécanismes génétiques, de son expression cutanée et de l'établissement scientifique de techniques médicales d'interprétation. Il y a donc eu un double mouvement de création et de structuration de savoirs sur les cancers cutanés et en particulier les mélanomes : à la fois de savoirs théoriques apportant une meilleure compréhension générale des processus à l'œuvre, et de savoirs pratiques visant une plus grande précision des interprétations sémiologiques et des diagnostics. Alain Bernardou (2011, p.29) écrivait que « l'Histoire de la médecine, depuis l'aube des temps, est une succession d'oscillations entre la prédominance affichée d'un savoir théorique et des savoirs d'action sans référence théorique ». Pourtant, nous assistons sans doute, depuis les années 1950, à la résolution de cette tension. Ainsi, des articles tels que Clark (1967, 1969), Breslow (1970) ou encore Friedman (1985) et Keefe (1990) pour ce qui est de la détection non-invasive, qui sont des articles fondateurs de la clinique du mélanome, s'ancrent dans une méthodologie scientifique, tout en inférant des conclusions à portée principalement clinique. Les savoirs d'action, savoirs pratiques d'interprétation du réel cutané tendent alors à être mis sur le même plan que les savoirs théoriques, dans un même souci d'efficacité opérationnelle, aidés en cela par de nouvelles techniques d'investigation d'histopathologie ou encore d'imagerie.

Cet après-guerre, période charnière de l'histoire des savoirs sur le mélanome est aussi le moment où la pathologie du mélanome a été identifiée mondialement comme un problème de santé publique, dont la gravité peut être traitée par une détection précoce. Plusieurs obstacles s'opposent à l'amélioration de l'efficacité de la réalisation de cette tâche : des obstacles systémiques liés à la structure organisationnelle de la détection au sein du système de santé publique, et des obstacles liés aux mécanismes mêmes des savoirs en action, c'est-à-dire aux modalités pratiques du raisonnement du médecin, à l'incertitude qui en découle, et au manque de connaissances sur cette incertitude. Ces obstacles mettent donc en avant le hiatus qu'il peut y avoir entre la scientification

654En élargissant le concept de « pensée dermatologique » proposé par Daniel Wallach (2006)

des savoirs pratiques et le caractère tacite, informel, non objectif du raisonnement humain en contexte clinique.

L'arrivée des technologies liées à l'informatique dans la discipline dermatologique s'inscrivent sans nul doute dans cette tension épistémologique entre savoirs théoriques et savoirs pratiques. En cherchant à inscrire les savoirs pratiques dans un médium numérique, en cherchant à les formaliser, elles visent plus encore une transformation radicale de la nature même de ces savoirs pratiques. La première phase de cette transformation, qui a pris place dans les années 1990, relevait de la tentative « déterministe » d'adaptation théorique de la sémiologie du mélanome à un médium numérique, il s'agissait dès lors non pas de créer *stricto sensu* de nouvelles connaissances mais de retranscrire un modèle existant de savoirs, fondé sur des attributs qualitatifs, et dont l'exploitation, par l'homme, relevait de pouvoirs tacites de reconnaissance et d'un régime de jugement exercé, dans un modèle numérique explicite fondé sur des attributs quantitatifs et exploitables par un artefact numérique dans un régime d'objectivité mécanique.

L'intelligence artificielle connexionniste, et en particulier les réseaux de neurones convolutifs sont le socle d'une nouvelle étape dans la genèse de savoirs dermatologiques. À l'instar des logiciels « déterministes », il s'agit, là encore, d'une démarche de transposition de savoirs pratiques existants dans un médium numérique, mais cette fois-ci, au lieu de théoriser et formaliser informatiquement le modèle sémiologique existant, il s'agit de déconstruire mécaniquement des expériences diagnostiques singulières afin de les représenter topologiquement et de reconstruire une méthode de catégorisation sur la base de similarités topologiques. Ce qui est donc transcrit n'est pas le modèle sémiologique, c'est un ensemble extensionnel de résultats de savoirs pratiques. Dans ce cas encore, aucun savoir nouveau n'a été créé, mais une représentation innovante de savoir-faire existants, donnant lieu à un modèle instrumental et a-théorique dont la fonction est de faciliter la décision diagnostique. Un tel modèle est vérifié et validé techniquement, de façon pragmatiste, par la validation extensionnelle d'un ensemble de ses effets sur le monde, sans qu'il donne pour autant lieu à une preuve, ni à la construction de l'explication d'un résultat ou de la validité théorique du modèle utilisé, rendant ainsi possible des occurrences de biais non détectées.

Concernant leur relation à l'objet cutané, ces RNC prétendent à l'objectivité, pourtant, si la construction de leur modèle computationnel relève de prime abord de l'objectivité mécanique, il fait néanmoins intervenir implicitement, lors de sa conception, de nombreux régimes de jugement exercé, voire de subjectivité, issus de l'action du concepteur-*datascientist*. Par ailleurs, leur nouvelle position de sujet du diagnostic engage une double mise à distance du sujet-médecin vis-à-

vis du phénomène cutané : d'une part par l'insertion d'un nouveau sujet, médiateur de l'observation et du diagnostic, et d'autre part par le déplacement de l'objet d'observation du réel vers la dermoscopie puis vers l'image topologique. Cet éloignement est sans doute aussi contraint par la nature même des réseaux de neurones, de leur complexité algorithmique, qui ajoutent une véritable opacité épistémique empêchant l'opérateur humain de « comprendre » la pensée neuronale. N'en déplaise aux détracteurs de l'intelligence artificielle, l'opacité ne devrait pas être un problème en tant que tel, dans la mesure où celle-ci ne fait que refléter l'opacité déjà présente dans le raisonnement tacite humain et ses heuristiques. Par contre, le médecin est capable de re-construire un signe-explication qui rende compte de son diagnostic, alors qu'il y a une véritable déficience des RNC dans leur difficulté, voire leur incapacité, à rendre compte de façon réflexive de leurs résultats. Ce problème est bien sûr d'ordre épistémologique, il est aussi d'ordre éthique en ce qu'il empêche de vérifier l'absence de biais, de vérifier le caractère juste et non discriminatoire d'un résultat, il est enfin d'ordre relationnel et social en ce que l'explication est aussi un dispositif d'établissement de la confiance, un dispositif facilitateur de la collaboration.

Ainsi, si les expériences performatives menées dans ce cadre veulent démontrer la compétence de solutions numériques à détecter des mélanomes, si leurs discours tendent à circonscrire la possibilité de leur implémentation à cette seule capacité à catégoriser des lésions cutanées à partir d'images de dermoscopies, il nous semble que la matérialisation de cette seule fonction-type est insuffisante à légitimer, à elle-seule, son implémentation dans un contexte clinique opérationnel. De fait, même dans le cas d'un agent humain, sa seule compétence à effectuer efficacement une tâche n'est pas suffisante dans un contexte de travail collaboratif. Ainsi, les laboratoires de recherche et les industriels qui ont développé ces artefacts n'ont pas été en mesure de réaliser les conditions de leur acceptabilité par ceux auxquels ils étaient destinés, cliniciens ou acheteurs institutionnels. Que ce soit dans les années 1990, où ils ne bénéficiaient d'aucune alliance stratégique, et encore aujourd'hui, où, malgré l'intégration des réseaux de neurones dans des solutions complètes d'imagerie médicale, malgré l'alliance narrative et technologique avec la modernité du concept d'intelligence artificielle dont le développement est facilité par les GAFAM, malgré une normalisation institutionnelle issue des nouvelles législations relatives aux SaMD, le réseau d'acteurs intéressés par l'invention des RNC de détection des mélanomes, n'a pas réussi à la faire accéder au statut d'innovation.

L'analogie avec l'expérience des innovations intelligentes ayant émergé à la fin des années 1980 est à ce titre intéressante. Ces *glass-cockpit* et *fly-by-wire* ont été implémentés à un moment de convergence d'innovations technologiques et organisationnelles, et la réussite de ces

innovations est aussi la conséquence d'une convergence d'intérêts : intérêts sécuritaires du système, intérêts économiques des compagnies aériennes et enfin intérêts concurrentiels d'Airbus Industries. Si les RNC sont bien constitutifs d'une invention technologique, cette invention n'est, à ce jour, pas encore implémentée dans un contexte clinique opérationnel. En conséquence, envisager une analogie avec l'aéronautique civile nécessite de faire, en tant qu'expérience de pensée, l'hypothèse d'une organisation permettant d'accueillir un RNC de détection de mélanomes.

Il en ressort que même si une forme de confiance-réputation peut être établie sur la base de la narration de leur compétence, leur non-explicabilité constitue un manque de maturité opérationnelle, en ce qu'elle contraint les possibilités d'implémentation. Cette incapacité à dévoiler les conditions de réalisation d'un diagnostic constitue un frein, d'une part éthique et épistémique, et d'autre part un empêchement social à l'établissement d'une collaboration sur la base d'une « confiance partagée ». En l'état, un tel artefact ne devrait donc pas être utilisé pour établir des diagnostics en tant que tels, mais pourrait cependant être utilisé dans une fonction de triage des patients, dans un parcours systématique de santé dédié à la détection des mélanomes, et, matériellement, sans doute par l'intermédiaire d'un service de télémédecine. Il s'agirait dès lors bien d'orienter les patients, si nécessaire, vers un dermatologue, et non de diagnostiquer, de « suspecter ». L'expérience de l'aéronautique civile nous a néanmoins montré les écueils possibles, liés, dans notre cas, à une tension entre culture dermatologique et culture des données, liés à la transformation de son statut de médecin, détenteur d'un savoir d'action à gestionnaire d'un processus en charge de cette action de laquelle il est mis à distance, liés enfin à l'appropriation des nouvelles technologies, puis à l'adaptation de l'utilisateur humain au processus auquel il participe. Cette adaptation renvoie l'activité de l'utilisateur-médecin à un *habitus* d'efficacité, soumet ce dernier à un biais d'autorité déjà mis en évidence par Tschandl et al (2020). Cette adaptation, dans une situation où le médecin est mis à distance du réel, crée les conditions d'une perte de l'autonomie critique du médecin, voire d'une perte du sens de la responsabilité. Il convient donc de prévenir ces écueils en développant des modalités de dépassement de ce rapport d'autorité, en adaptant la formation des médecins à l'utilisation d'un tel système de triage. Il s'agit bien aussi d'entraîner les praticiens concernés à maintenir leur vigilance et leur autonomie dans un contexte d'automatisation, et de les aider à maintenir les savoirs pratiques dont ils sont détenteurs.

Nous avons évoqué cette convergence d'intérêts d'un réseau d'acteurs. Quel intérêt systémique un tel artefact pourrait-il alors revêtir ? Les organisations de détection précoce des mélanomes que nous avons décrites sont des hypothèses opérationnelles destinées à envisager la possibilité de l'implémentation, nous n'avons en aucune manière établi une efficacité significativement meilleure

que celle de l'organisation actuelle, ni en terme d'une plus grande détection, ni en terme de réduction des sur-diagnostic. La différence majeure que nous avons établie consiste en une objectivation relative de la décision clinique, et plus encore une objectivation des savoirs d'action à l'origine de la décision clinique. Bien sûr, celle-ci serait sans doute un vecteur d'une meilleure justice sanitaire. Mais plus encore, de la même façon que les *fly-by-wire* et *glass cockpit*, pris dans une organisation permettant de parfaitement gérer les flux d'informations, avaient constitué un instrument de gouvernance systémique de la sécurité aérienne, les RNC de détection de mélanomes peuvent sans doute constituer, avant toute autre chose, un instrument de maîtrise et de gouvernance d'un processus habituellement tacite. Alain Bernardou (2011, p.35) notait à juste titre qu'il était plus facile d'évaluer les savoirs théoriques, par opposition aux savoirs pratiques, qui étaient par ailleurs difficiles à transmettre, et c'est bien ce que permet un RNC : en formalisant des savoirs d'action, il les rend évaluables, manipulables, contrôlables. L'usage du RNC permet donc de maîtriser le processus de diagnostic, dans son incertitude, et de générer des savoirs sur cette dernière. Suivant les préconisations de Kohn et al (2000) pour limiter les erreurs médicales, le RNC étudié devient ainsi un dispositif de gouvernance d'un processus de santé, un dispositif de développement de nouveaux savoirs sur l'incertitude de ce processus, et permettant de gouverner sa sécurité et *in fine* de le mettre en risque.

Dans le même temps, l'oscillation entre savoirs théoriques et savoirs pratiques à laquelle Bernardou faisait référence, peut se résoudre par la technicisation finale des savoirs pratiques, leur instrumentalisation. Cette oscillation trouverait donc un nouvel équilibre par l'intervention d'une autre catégorie de savoirs, issus de la sciences des données, qui modélisent non pas le réel, ni les savoirs théoriques portant sur le réel, mais un ensemble extensionnel de savoirs d'action. Il y a bien là création de connaissances, et celles-ci ne sont pas d'ordre médical mais portent sur un savoir-mathématiser les savoirs d'action.

Ainsi, d'autres solutions informatiques issues de l'intelligence artificielle et des réseaux de neurones sont testées dans le cadre de la santé, il s'agit le plus souvent d'algorithmes d'aide à la décision, d'aide au diagnostic, d'aide à la décision thérapeutique. De façon similaire à notre objet d'étude, il peut s'agir de RNC de reconnaissance d'images : reconnaissance de tumeur dans une radiographie, une mammographie, un IRM, un scanner, reconnaissance de rétinopathie diabétique dans une image de la rétine, analyse d'électroencéphalogramme... Il peut s'agir aussi d'aide à la sélection de thérapie dans un cas général, comme dans le cas complexe de l'oncologie terminale. Il nous semble pertinent d'élargir les résultats de notre étude à l'ensemble des réseaux de neurones dont l'objet est de simuler des comportements et des savoirs pratiques médicaux déjà établis, dont

l'objet n'est donc pas de faire émerger de nouveaux savoirs mais de permettre la gouvernance de processus intégrant ces savoirs. Les organisations systémiques que nous avons proposées dans le cas de la détection du mélanome nous semblent néanmoins être spécifiques à la dermatologie et non transposables à d'autres spécialités médicales.

Ainsi, d'une part l'explicabilité nous semble encore une fois souhaitable, voire nécessaire, dans tout contexte médical, tant d'un point de vue épistémique, qu'éthique et social ; la relation tripartite qui unit médecin, patient et machine doit pouvoir être intelligible de façon à donner lieu à un jugement délibératif éclairé et non pas fondé sur un oracle pythien.

D'autre part, l'expérience issue de l'histoire de l'aéronautique civile, nous paraît toujours pertinente, en particulier dans l'organisation du travail et de la formation qui y ont été mis en œuvre. À l'instar des solutions de détection de mélanomes, c'est bien dans cette transformation de la relation du praticien à son activité et aux savoirs pratiques que se situe un des enjeux majeurs de l'implémentation de ces intelligences artificielles apprenantes. Afin de maintenir la vigilance et la distance critique du praticien, nécessaires au maintien de la sécurité, il semble indispensable, d'une part de procéder à une organisation formelle du processus de réalisation du diagnostic, et aussi de mettre en place une stratégie de formation, destinée non pas seulement aux acteurs contemporains, mais aussi aux médecins de demain, dont l'adaptation performative à une possible fonction de gestionnaire d'un système informatisé de diagnostic, la soumission à un biais d'autorité, voire d'automatisation, pourraient engager une dégradation de savoirs d'action pourtant essentiels, mais aussi une perte de vigilance vis-à-vis des processus de diagnostics dont ils doivent avoir la responsabilité. À cette fin, au-delà de l'étude déjà réalisée par Tschandl et al (2020), il nous semble important de pouvoir déployer des recherches situées, visant plus particulièrement à mettre en évidence la présence de biais d'autorité dans la réalisation de diagnostics aidés par ordinateur, et plus encore de définir les conditions de leur variabilité et de leur dépassement, afin de pouvoir organiser l'implémentation de tels artefacts dans des conditions acceptables de sécurité et de responsabilité.

Bibliographie

PARTIE I :

De la dermatologie, de la santé publique et du mélanome

Chapitre I : Une brève histoire de la dermatologie et du mélanome

- Alibert Jean-Louis, *Précis Théorique et Pratique sur les Maladies de la Peau*, Paris, Charles Barrois, 1810
- Alibert Jean-Louis, *Nosologie Naturelle ou Les Maladies du Corps Humain distribuées par Familles, Tome Premier*, Paris, Caille et Ravier, 1817
- Alibert Jean-Louis, *Précis Théorique et Pratique sur les Maladies de la Peau, T2*, Paris, Caille et Ravier, 1818
- Bateman, Thomas, *A practical synopsis of cutaneous diseases*, London, Longman, Hurst..., 1817a
- Bateman, Thomas, *Delineations of cutaneous diseases : exhibiting the characteristic appearances of the principal general and species comprised in the classification of the late Dr Willan*, London, Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown, 1817b.
- Bazin E., *Leçons Théoriques et Pratiques sur les Affections Génériques de la Peau*, Paris, Delahaye, 1862
- Brocq L., « Symptomatologie des Dermatoses », in Besnier E., Brocq L., Jacquet L., *La Pratique Dermatologique, T1*, Paris, Masson, 1900
- Bruté G., *Essai sur l'histoire et les avantages des Institutions Cliniques*, Belin, 1803
- Chevallier Jacques, « Les Précurseurs : la dermatologie en France avant 1801 », in Wallach et Tilles, *La dermatologie en France*, Toulouse, Editions Privat, 2002
- Chevallier Jacques, « Histoire de la Honte en Dermatologie », in *L'Esprit du temps | « Champ psy »*, 2012/2 n° 62 | pp.31-45
- Darier J., « Les Mélanodermies », in eds Besnier, Brocq et Jacquet, *La Pratique Dermatologique, Tome III*, Paris, Masson et Cie, 1904
- Darier, *Précis de Dermatologie, Ch. XXXI, Tumeurs de la Peau*, Paris, Masson, 1923
- Darier J. et al., *La Nouvelle Pratique Dermatologique*, Paris, Masson, 1936
- Fiaux L., « De la situation de l'enseignement médical en France », *Le Progrès Médical*, 1870, 24 : 189-190
- Fontaine Jacques, *Des marques des sorciers et de la réelle possession que le diable prend sur le corps des hommes*, Lyon, 1611
- Laënnec René TH, « Sur les maelanoses », *Bulletins de la Faculté de médecine de Paris*, 1806; II; 24-26
- Lescroël-Desprez Théophile, *Dissertation sur la Mélanose*, Thèse, Faculté de Médecine de Paris, 1831
- Plenck Joseph Jacob von, *Doctrina de morbis cutaneis*, Vienna, Rud. Groeffer, 1776
- Traub Eugene F., Keil Harry, « The "Common Mole", Its Clinicopathologic Relations and the

- Question of Malignant Degeneration », *Arch Derm Syphilol*, 1940; 41(2):214-252
- Turner, Daniel, *Traité des maladies de la peau en général ; avec un court appendix sur l'efficacité des topiques dans les maladies internes, & leur manière d'agir sur le corps humain. Tome premier*, Paris, chez Jacques Barois, 1743
- Wallach Daniel, « Une approche historique de la pensée dermatologique », in « Revue française de psychosomatique », Presses Universitaires de France, 2006/1 no 29 | pp.133-146

Chapitre II : Médecine et santé publique

- Beigbeder Yves, *L'Organisation Mondiale de la Santé*, Genève, Graduate Institute Publications, 1995
- Eco Umberto, *La Guerre du Faux*, Paris, Grasset, 1985
- Foucault Michel, *Il faut défendre la Société, Cours au Collège de France 1976*, Seuil, Gallimard, 1997
- Foucault Michel, *Naissance de la Clinique*, Paris, PUF, 1963, 9^e édition, 2015
- HAS, *Stratégie de diagnostic précoce des mélanomes*, Octobre 2006
- Hughes T. (1983), *Networks of Power*, Johns Hopkins University Press, 1993
- Retz, *Exposé Succinct à l'Assemblée Nationale*, Paris, 1791
- Tabuteau Didier, « Santé et Politique en France », in *Recherche en soins infirmiers* 2012/2 (N°109), pp.6-15
- Tilles Gérard, « L'Hôpital Saint-Louis de 1607 à 1945 », in Wallach et Tilles, *La dermatologie en France*, Toulouse, Editions Privat, 2002
- Tournès Ludovic, *La philanthropie américaine et l'Europe : contribution à une histoire transnationale de l'américanisation*, volume 2, Mémoire de recherche, Habilitation à diriger des recherches présentée publiquement le 22 novembre 2008

Chapitre III : Cancers de la peau et mélanomes : un problème de santé publique

- Ackerman A.B ., « Malignant Melanoma : A Unifying Concept », in *Human Pathology, Vol.11, N°6*, Novembre 1980, pp.591-595
- Allen, A. C., and Spitz, S., « Malignant Melanoma. A Clinicopathological Analysis of the Criteria for Diagnosis and Prognosis », *Cancer*, 6: 1-45, 1953
- Berlivet Luc, « Une biopolitique de l'éducation pour la santé. La fabrique des campagnes de prévention », in Didier FASSIN, Dominique MEMMI (dir.), *Le gouvernement des corps*, Paris, Editions de l'EHESS, 2004, pp. 51-65.
- Breslow Alexander, « Thickness, cross-sectional areas and depth of invasion in the prognosis of cutaneous melanoma », *Ann Surg* 172(5):902-8, Novembre 1970
- Clark, W. H, Jr., « A Classification of Malignant Melanoma in Man Correlated with Histogenesis and Biologic Behavior ». In: W. Montagna, and F. Hu (eds.), *Advances in Biology of The Skin, The Pigmentary System, Ed. 1., Vol. VIII*, pp. 621-647, London, Pergamon Press Ltd., 1967
- Clark W.H. Jr., From L., Bernardino E.A., Mihm M.C., « The Histogenesis and Biologic Behavior of Primary Human Malignant Melanomas of the Skin », in *Cancer Research* 29, pp. 705-726, March 1969
- Darier, *Précis de Dermatologie, Ch. XXXI, Tumeurs de la Peau*, Paris, Masson, 1923
- Davis N., « Modern Concepts of Melanoma and Its Management », in *Over the Fence*, 1978, pp. 628-629
- D'Orazio J.A., Marsch A., Lagrew J. et Veith W.B., « Skin Pigmentation and Melanoma Risk », in Armstrong A.W. (ed.), *Advances in Malignant Melanoma – Clinical and Research Perspectives*,

InTech, 2011

- HAS, *Stratégie de Diagnostic Précoce du Mélanome*, Octobre 2006, p.10
- Fitzpatrick, T.B., « Soleil et peau », in *Journal de Médecine Esthétique*, (2): 33–34, 1975
- Fitzpatrick, T.B., « The validity and practicality of sun-reactive skin types i through vi », *Archives of Dermatology*, **124** (6): 869–871, 1988
- Friedman R.J., « Early detection of malignant melanoma: the role of the physician examination and self examination of the skin », *Cancer Journal for Clinicians*, 35, 130-151, 1985a
- Friedman RJ, Heilman ER, Rigel DS, Kopf AW., « [The dysplastic nevus](#). Clinical and pathologic features », *Dermatol Clin.* 1985 Apr ; 3(2):239-49, 1985b
- Hawryluk E.B. et Fisher D.E., « Melanoma Epidemiology, Risk Factors, and Clinical Phenotypes », in Armstrong A.W. (ed.), *Advances in Malignant Melanoma – Clinical and Research Perspectives*, InTech, 2011
- Kassianos A.P., Emery J.D., Murchie P., Walter F.M., « Smartphone applications for melanoma detection by community, patient and generalist clinician users : a review », *British Journal of Dermatology*, (2015) ; 172, pp.1507-1518
- Keefe M., Dick D.C., Wakeel R.A., « A study of the value of the seven-point checklist in distinguishing benign pigmented lesions from melanoma », *Clin Exp Dermatol.* 1990;15:167-171.
- Kroes Peter, *Technical Artefacts: Creations of Mind and Matter; A Philosophy of Engineering Design*, Springer, 2012
- Lancaster P.O., « Some geographic aspects of the mortality from melanoma in Europeans », in *Medical Journal of Australia* 2, 1956, pp. 1082-1087
- LeBoit, P. et al, *Pathology and Genetics Skin Tumours*, WHO Classification of Tumours, 2006
- Lewis, Cecil W. D. , « Melanoma and Melanosis », *Hunterian Lecture delivered at the Royal College of Surgeons of England on 10th May 1956*
- MacKie R.M., « The Epidemiology of Melanoma », in *Cutaneous Melanoma and Precursor Lesions*, R. M. MacKie (auth.), Dirk J. Ruiter MD, Kees Welvaart MD, Soldano Ferrone MD (eds.), Springer Netherlands, 1984
- Murphy, M.J., « Introduction to Diagnostic and Prognostic Biomarkers and Therapeutic Targets in Melanoma », in Murphy, M.J. (Eds), *Diagnostic and Prognostic Biomarkers and Therapeutic Targets in Melanoma*, Springer, 2012, p.3
- Ngoo A., Finnane A., McMeniman E., Soyer H.P., Janda M., « Fighting Melanoma with smartphones : A Snapshot of Where We are a decade after App stores opened their Doors », *International Journal of Medical Informatics*, 118 (2018) pp.99-112
- Popovic L., Grgic Z. et Popovic M., « Melanoma During Pregnancy », in Armstrong A.W. (ed.), *Advances in Malignant Melanoma – Clinical and Research Perspectives*, InTech, 2011
- Ravnbak, M. H., « Objective determination of Fitzpatrick skin type », in *Dan Med Bull* 57(8): B4153, 2010
- Schadendorf, D. & Kochs, C., *Handbook of Cutaneous Melanoma, A Guide to Diagnosis and Treatment*, Springer Healthcare, 2016
- Singh N., Gupta S., « Recent advancement in the early detection of melanoma using computerized tools: An image analysis perspective », *Skin Res Technol.* 2018;1–13

Chapitre IV : Détection du mélanome par un dermatologue humain

- Allen S.W., Norman G.R., Brooks L.R., « Experimental studies of learning dermatologic diagnosis: The impact of examples », in *Teaching and Learning in Medicine*, 4:1, 1992, pp.35-44
- Ackerman A.B ., « Malignant Melanoma : A Unifying Concept », in *Human Pathology*, Vol.11, N°6, Novembre 1980, pp.591-595
- Argenziano G, Fabbrocini G, Carli P, De G, V, Sammarco E, Delfino M., « Epiluminescence

- microscopy for the diagnosis of doubtful melanocytic skin lesions. Comparison of the ABCD rule of dermatoscopy and a new 7-point checklist based on pattern analysis », in *Arch Dermatol* 1998; 134(12):1563-70
- Argenziano G. et al., « Dermoscopy of pigmented skin lesions: Results of a consensus meeting via the Internet », *J Am Acad Dermatol*, Volume 48, Number 5, 2003, pp.679-693
- Bariéty J., Capron L., Grateau G., *Sémiologie Clinique 8è édition*, Elsevier Masson, 2009
- Binder M., Schwarz M., Winkler A., et al., « Application of epiluminescence microscopy in the diagnosis of pigmented skin lesions is a questionable tool for not specifically trained dermatologists », in *J Invest Dermatol*, 1993, 101, 475
- Binder, M., Kittler, H., Steiner, A., et al., « Reevaluation of the ABCD rule for epiluminescence microscopy », in *J Am Acad Dermatol*, 1999, 40, 171–6
- Bonfantini M.A., Proni G., « Deviner ou ne pas deviner », in *Le Signe des Trois*, Eco U. et Sebeok T.A. (eds), Presses Universitaires de Liège, 2015
- Bromberger S., « Why-Questions », in Colodny, R. (ed.), *Mind and Cosmos*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 1966
- Bromberger S., *On What We Know We Don't Know*, University of Chicago Press, 1992
- Brooks L.R., Norman G.R., Allen S.W., « Role of Specific Similarity in a Medical Diagnostic Task », in *Journal of Experimental Psychology*, 1991, Vol. 120, No. 3, 278-287
- Bruner J.S., *The Process of Education*, New York, Vintage Books, 1960
- Caprettini G.P., « Peirce, Holmes, Popper », in *Le Signe des Trois*, Eco U. et Sebeok T.A. (eds), Presses Universitaires de Liège, 2015, pp.155-175
- Carli P, Quercioli E, Sestini S, et al., « Pattern analysis, not simplified algorithms, is the most reliable method for teaching dermatoscopy for melanoma diagnosis to residents in dermatology ». *Br J Dermatol*. 2003;148:981-984
- Charlin B., Lubarsky S., Millette B., Crevier F., Audétat MC, Charbonneau A., CaireFon N., Hoff L. & Bourdy C. , « Clinical reasoning processes: unravelling complexity through graphical representation », in *Medical Education*, 2012 : 46: 454–463
- Chomsky Noam, *Aspects of the Theory of Syntax*, MIT Press, 1965
- Condillac, *Essai sur l'origine des connaissances humaines*, Amsterdam, Pierre Mortier, 1766
- Craver C.F., « The Ontic Account of Scientific Explanation », in M.I. Kaiser et al. (eds.), *Explanation in the Special Sciences: The Case of Biology and History*, Synthese Library 367
- Daston L., Galison P. (2007), *Objectivité*, Dijon, Les Presses du Réel, 2012
- Davis N., « Modern Concepts of Melanoma and Its Management », in *Over the Fence*, pp. 628-629
- Del Mar C., Doust J., Glasziou P., *Clinical thinking : evidence, communication and decision-making*, Blackwell Publishing Ltd, 2006
- De Neys W., Vartanian O., Goel V., « Smarter Than We Think, When Our Brains Detect That We Are Biased », in *Psychological Science*, 2008, 19, pp.483-489
- Denis M., « Représentation imagée et résolution de problèmes », in *Revue française de pédagogie*, volume 60, 1982, pp. 19-29
- Dewey J., *Logic, The Theory of Inquiry* , New York, Henry Holt and Company, 1938
- Dreyfus H.L. (1972, 1979), *L'Intelligence Artificielle, Mythes et Limites*, Paris, Flammarion, 1984
- Dreyfus H.L., Dreyfus S.E., Athanasiou T., *Mind Over Machine*, New York, The Free Press, 1986
- Ducasse C. J., Explanation, Mechanism, and Teleology Author(s): Source: The Journal of Philosophy , Mar. 12, 1925, Vol. 22, No. 6 (Mar. 12, 1925)
- Duhem P., *La Théorie Physique, son Objet et sa Structure*, Paris, Chevalier et Rivière, 1906
- Durán Juan M., « Dissecting scientific explanation in AI (sXAI): A case for medicine and healthcare », *Artificial Intelligence* 297 (2021) 103498
- Eco U. (2003), *Dire presque la même chose*, Grasset et Fasquelle, 2006
- Elmore J.G., Barnhill R.L., Elder D.E., Longton G.M., Pepe M.S., Reisch L.M., Carney P.A., Titus L.J., Nelson H.D., Onega T., Tosteson A.N.A., Weinstock M.A., Knezevich S.R., Piepkorn M.W.,

- « Pathologists' diagnosis of invasive melanoma and melanocytic proliferations: observer accuracy and reproducibility study », *BMJ*, 2017;357:j2813
- Elstein, A.S., Shulman, L.S. & Sprafka, S.A., *Medical Problem Solving : an Analysis of Clinical Reasoning*. Cambridge, Harvard University Press, 1978
- Elstein A.S., « Thinking about diagnostic thinking: a 30-year perspective », in *Adv in Health Sci Educ*, 2009, 14:7–18
- Elwell JJ, *A Medico-Legal Treatise on Malpractice, Medical Evidence, and Insanity, Comprising the Elements of Medical Jurisprudence*, New York, John S. Voorhuis, 1860
- Emanuel E. et Emanuel L., « Four models of the Physician-patient relationship », in *JAMA*, v267, n16, p2221 (6) 22/04/1992
- Eva KW, Norman GR, Brooks LR, « Forward reasoning as a hallmark of expertise in medicine: logical, psychological, phenomenological inconsistencies », in *Adv Psychol Res*, 2002;8, pp.25–40
- Eva KW, « Ce que tout enseignant devrait savoir concernant le raisonnement clinique », *Pédagogie Médicale* ; 6, 2005, pp. 225-34
- Evans J., « Heuristic and analytic processes in reasoning », in *British Journal of Psychology*, 75:451–68, 1984
- Feldmann, R., Fellenz, C. & Gschnait, F., « Die ABCD-Regel in der dermatoskopie: Analyse von 500 melanozytären Läsionen », in *Hautarzt*, 1998, 49, 473–6
- Fodor J., *Psychological Explanation*, Random House, 1968
- Foucault Michel, *Naissance de la Clinique*, Paris, PUF, 1963, 9^e édition, 2015
- Friedman, M., "Explanation and Scientific Understanding", *Journal of Philosophy LXXI*, 1974 pp. 5-19.
- Galton F., *Inquiries into human faculty and its development*, London, Macmillan, 1883
- Grin CM, Kopf AW, Welkovich B, Bart RS, Levenstein MJ., « Accuracy in the clinical diagnosis of malignant melanoma », *Arch Dermatol* 1990; 126: 763–66
- Groen G.J. et Patel V.L., « Medical problem-solving: some questionable assumptions », in *Medical Education*, 1985, 19, 95-100
- Groopman J., *How doctors think*, New York: Houghton Mifflin, 2007
- HAS, Service de Surveillance des Actes Professionnels, *Dermatoscopie [Dermoscopie] pour Surveillance Cutanée*, Novembre 2007, pp.16-18
- Hempel, C.G. & Oppenheim, P., « Studies in the Logic of Explanation », *Philosophy of Science*, XV, 1948, pp. 135–175
- Hempel C.G., *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, Free Press, 1965
- Hogarth R.M., « Deciding analytically or trusting your intuition? The advantages and disadvantages of analytic and intuitive thought », in Betsch T, Haberstroh S (eds), *The routines of decision making*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, 2005, pp.67–82
- Houdé O., « The Problem of Deductive Competence and the Inhibitory Control of Cognition », in *Current Psychology of Cognition*, 1997, 16, pp.108-113
- Houdé O., *Le Raisonnement*, 2^e édition, Paris, PUF, 2018
- Jaarsma T., Jarodzka H., Nap M., van Merriënboer J.J.G., Boshuizen H.P.A., « Expertise in clinical pathology: combining the visual and cognitive perspective », in *Adv in Health Sci Educ*, 2015, 20, pp. 1089–1106
- Jackobson R., « Linguistic Aspects on Translation », in Brower (éd.), 1959, pp.232-239
- Jean A., *De l'autre côté de la Machine*, Editions de l'Observatoire – Humensis, 2019, p.41
- Kahneman D., Tversky A., « Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk », *Econometrica*, Vol. 47, No. 2., March 1979, pp. 263-292
- Kahneman D., Slovic P., Tversky A., *Judgement Under Uncertainty : Heuristic and Biases*, Cambridge University Press, 1982

- Kahneman D., « Maps of bounded rationality: a perspective on intuitive judgment and choice », in Frangmyr T. (ed), *Les Prix Nobel. The Nobel Prizes*, Almqvist & Wiksell International, Stockholm, 2003, pp.416–499
- Kahneman D., *Thinking Fast and Slow*, New York, Farrar Straus and Giroux, 2011
- Kassirer J. P. et Kopelman R. I., *Learning clinical reasoning*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1991
- Katz J.J. (1966), *La Philosophie du Langage*, Paris, Payot, 1971
- Kitcher P., « Explanatory Unification », in *Philosophy of Science*, Vol. 48, No. 4., Dec., 1981, pp. 507-531
- Kittler H, Pehamberger H, Wolff K, Binder M., « Diagnostic accuracy of dermoscopy », *Lancet Oncol* ,2002; 3: 159–65
- Knuth D.E., *The Art of Computer Programming – Vol 1 – Fundamental Algorithms - 3rd Ed*, Addison Wesley, 1997
- Koh HK, Lew RA, Prout MN., « Screening for melanoma/skin cancer: theoretic and practical considerations », *JAm Acad Dermatol.*, 1989;20:159-172
- Kulatunga-Moruzi C., Brooks L.R., Norman G.R., « Coordination of Analytic and Similarity-Based Processing Strategies and Expertise in Dermatological Diagnosis », in *Dermatological Diagnosis, Teaching and Learning in Medicine: An International Journal*, 2001, 13:2, 110-116
- Landr -Beauvais A.J., *S m iotique*, Paris, A. Brosseau, 1818
- Lemoine M., *Introduction à la Philosophie des Sciences Médicales*, Hermann, 2017
- Mani K. et Johnson-Laird P. N., « The mental representation of spatial descriptions », in *Memory & Cognition*, 1982, Vol. 10 ~2), 181-187
- Marghoob A.A., Malvey J., Braun R.P. (Eds), *Atlas of Dermoscopy (2nd Edition)*, Informa Healthcare, 2012
- Mello-Thoms C., Mello C.A.B., Medvedeva O., Castine M., Legowski E., Gardner G., et al., « Perceptual analysis of the reading of dermatopathology virtual slides by pathology residents », in *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 2012, 136(5), 551–562
- Menzies S.W., « Menzies Method », in *Atlas of Dermoscopy (2nd Edition)*, Marghoob A.A., Malvey J., Braun R.P. (Eds), Informa Healthcare, 2012 , pp.118-123
- Minsky M. (1963), « Matter, Mind and Models », in *Semantic Information Processing*, The MIT Press, 1968
- Nachbar F, Stolz W, Merkle T., & et al., « The ABCD rule of dermoscopy. High prospective value in the diagnosis of doubtful melanocytic skin lesions », in *J Am Acad Dermatol*, 30, 551–9, 1994
- Neisser U., *Cognitive Psychology*, New York, Appleton-Century-Crofts, 1967
- Nendaz M., Charlin B., Leblanc V., Bordage G., « Le raisonnement clinique: données issues de la recherche et implications pour l'enseignement », in *P dagogique Médicale*, 2005; 6: 235-254
- Newble D, Norman G, Van der Vleuten C, « Assessing clinical reasoning, chap. 16 », in Higgs J, Jones M (eds), *Clinical reasoning in the health professions*, 2e  d. Oxford, Butterworth-Heinemann, Scientific Elsevier, 2000
- Newell A. & Simon, H.A., *Human Problem Solving*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1972
- Newell, A., « Artificial intelligence and the concept of mind », in *Computer Models of Language and Thought*, Shank R.C. and Colby K.M. (eds), Oxford, Freeman, 1973.
- Norman G.R., Rosenthal D., Brooks L.R., Allen S.W., Muzzin L.J., «The Development of Expertise in Dermatology », in *Arch. Dermatol*, vol.125, 1989, pp.1063-1068
- Norman G.R., Brooks L, Colle C., Hatala R., « The benefit of diagnostic hypotheses in clinical reasoning: Experimental study of an instructional intervention for forward and backward reasoning », in *Cognition and instruction*, 1999;17: pp.433-48
- Norman G., « Research in clinical reasoning: past history and current trends », in *Medical Education*, 2005, 39: 418–427
- Norman G.R., Rosenthal D., Brooks L.R., Allen S.W., Muzzin L.J., « The Development of

- Expertise in Dermatology », *Arch Dermatol.* 1989;125:1063-1068
- Peirce C.S., *Écrits sur le Signe*, Paris, Seuil, 1978
- Pestiaux D., Vanwelde C., Laurin S. et Audétat M.C., « Raisonement clinique et décision médicale », in *Le Médecin du Québec*, volume 45, numéro 5, mai 2010, pp.59-63
- Piaget J., *La Psychologie de l'Intelligence*, Paris, Colin, 1947
- Piaget J., *La Prise de Conscience*, Paris, PUF, 1974
- Poincaré Henri, *La Valeur de la Science*, Paris, Ernest Flammarion, 1939
- Polanyi M. (1966), *The Tacit Dimension*, (Foreword by Amartya Sen), The University of Chicago Press, 2009
- Polya C., *How to Solve it*, Princeton University Press, 1948
- Pylyshyn Z., « What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery, in *Psychological Bulletin*, 1973, 80, 1-24
- Regehr G, Cline DJ, Norman GR, Brooks LR, « Effect of processing strategy on diagnostic skill in dermatology », in *Academic Medicine*, 1994, 69, pp.S34–S36
- Rips L.J., « Cognitive Processes in Propositional Reasoning », in *Psychological Review*, 1983, Vol. 90, No. 1, 38-71
- Salmon W.C., « Why ask, "why ?" ? - An inquiry concerning scientific explanation », *Proceedings and Adresses of the American Philosophical Association*, 51, 1978, pp.683-705
- Salmon W.C., *Four Decades of Scientific Explanation*, University of Pittsburgh Press, 1989
- Schwartz S.M., Baron J., Clarke J.R., « A Causal Bayesian Model for the Diagnosis of Appendicitis », in Lemmer J.F. et Kanal L.N. (Eds), *Uncertainty in Artificial Intelligence 2, Machine Intelligence and Pattern Recognition Volume 5*, Elsevier Science Publishers B.V., 1988
- Schwartz A. et Elstein A. S., « Clinical reasoning in medicine », in Higgs J., Jones M., Loftus S., et Christensen N.C. (Eds.), *Clinical reasoning in the health professions (3rd ed.)*, Boston, Elsevier, 2008, pp. 223–234
- Schwartz A. et Kostopoulou O., « Clinical reasoning in medicine », in Higgs J., Jones M., Loftus S., et Christensen N.C. (Eds.), *Clinical reasoning in the health professions (4th ed.)*, Boston, Elsevier, 2019, pp. 496–525
- Shepard R., « The Mental Image », in *American Psychologist*, February 1978, pp.125-137
- Simon H., « A Behavioral Model of Rational Choice », in *Quarterly Journal of Economics*, 1955, n°69, p. 99-118
- Stanovich K.E., West R.F., « Individual differences in reasoning: implications for the rationality debate? », in *Behavioral and Brain Sciences*, 23(5):645–726, 2000
- Stolz W., Riemann A., Cognetta A.B., et al., « ABCD rule of dermoscopy: a new practical method for early recognition of malignant melanoma », in *Eur J Dermatol*, 4, 521–7, 1994
- Van Fraassen B.C., *The Scientific Image*, Oxford, Clarendon Press, 1980
- Von Wright G.H., *Explanation and Understanding*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1971
- Weigert U., Burgdorf W.H.C., and Stolz W., « ABCD Rule », in *Atlas of Dermoscopy (2nd Edition)*, Marghoob A.A., Malvey J., Braun R.P. (Eds), Informa Healthcare, 2012

Chapitre V : Erreur et Sécurité

- Alter Norbert, *L'Innovation Ordinaire*, PUF, Paris, 2000
- ANAES, *Guide méthodologique d'accréditation sur la sécurité des établissements hospitaliers*, consulté le 26/05: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/manuel_juin_03-v1.pdf
- Arendt H. (1958), *Condition de l'Homme Moderne*, Paris, Calmann-Lévy, 1983
- Brami J. et Amalberti R., *La sécurité du patient en médecine générale*, Springer Paris, 2010
- Cabot Richard C., « A study of mistaken diagnoses », in *JAMA*. 1910;55(16):1343-1350
- Cabot Richard C., *Differential Diagnosis, Presented through an Analysis of 383 Cases*, 1st edition, W.B. Saunders Co, 1911

- Cabot Richard C., « Diagnostic Pitfalls identified during a study of three thousand autopsies », in *JAMA*. 1912;59(26):2295-2298, 1912
- Duchemann B., « De Cabot à « To Err is Human » : Émergence et transformation du concept d'erreur médicale », à paraître, 2022
- Edwards E., « Introduction Overview » in Earl L. Wiener & David C. Nagel, *Human factors in Aviation*, Academic Press, 1988
- Ellul Jacques, *La Technique*, Economica, 1990
- Elstein A.S., « Thinking about diagnostic thinking: a 30-year perspective », in *Adv in Health Sci Educ*, 2009, 14:7–18
- Evans J., *Bias in human reasoning: Causes and consequences*, Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1989
- Evans J. et Over D., *Rationality and Reasoning*, Hove, Psychology Press, 1996
- Gachon J., Beaulieu P., Sei J-F., Gouvernet J., Claudel J-P., Lemaitre M., Aleth Richard M., Grob J-J., « First Prospective Study of the Recognition Process of Melanoma in Dermatological Practice », *Arch Dermatol*. 2005;141, pp.434-438
- Graber M.L., Franklin N., Gordon R., « Diagnostic Error in Internal Medicine », *Arch Intern Med.*, 2005;165:1493-1499
- Gras A., Moricot C., Poirot-Delpech S. et Scardigli V., *Face à l'Automate, le pilote, le contrôleur et l'ingénieur*, Publications de la Sorbonne, 1994
- Haenssle Holger A., Fink Christine, Schneiderbauer R., Toberer Ferdinand, Buhl Timo, Blum A., Kalloo A., Ben Hadj Hassen A., Thomas L., Enk A., et al. « Man against machine: diagnostic performance of a deep learning convolutional neural network for dermoscopic melanoma recognition in comparison to 58 dermatologists ». *Annals of Oncology*, 29(8):1836–1842, 2018
- HAS, *Stratégie de diagnostic précoce des mélanomes*, Octobre 2006
- HAS, *Tumeur maligne, affection maligne du tissu lymphatique ou hématopoïétique, Mélanome cutané*, Janvier 2012
- HAS, *Amélioration des pratiques et sécurité des soins, La sécurité des Patients, Mettre en œuvre la gestion des risques associés aux soins en établissement de santé*, Mars 2012, téléchargé le 15/12/2019 à : https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-04/okbat_guide_gdr_03_04_12.pdf
- HAS, *Actualisation de la revue de la littérature d'une recommandation en santé publique sur la « Détection précoce du mélanome cutané*, Juillet 2012
- HAS, *Rapport annuel d'activité 2018 sur les événements indésirables graves associés à des soins (EIGS)*, Novembre 2019, consulté le 26/05/2021 à : https://www.has-sante.fr/jcms/p_3135082/fr/rapport-annuel-d-activite-2018-sur-les-evenements-indesirables-graves-associes-a-des-soins-eigs
- Horkheimer M. et Adorno T.W. (1969), *La Dialectique de la Raison*, Gallimard, Paris, 1974
- Illich Ivan (1975), « Némésis médicale » in *Oeuvres complètes volume 1*, Fayard, 2003
- Jenicek Milos, *Medical Error and Harm*, CRC Press, 2011
- Kohn et al., *To Err is Human : Building a Safer Health System*, Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine, 2000
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *Improving Diagnosis in Health Care*, The National Academies Press, Washington DC, 2015
- OMS (2011), « Cours Module 5: Apprendre à partir des erreurs pour prévenir les dommages », in *Guide pédagogique pour la sécurité des patients : édition multiprofessionnelle*, 2015, téléchargé le 18/05/2021 à partir de https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2015-12/cours_module_5.pdf
- Perrow Charles, *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*, Basic Books, 1984
- Pignon Dominique, « Pathologie d'un système expert complexe, la crise de Three Mile Island », in *Culture technique* n°11, 1983

- Reason J.T. (1990), *L'Erreur Humaine*, Presses des Mines, 2013
- Reason J.T., « Human error: models and management », *British Medical Journal*, 2000 Mar 18; 320(7237): 768–770
- Richard MA, Grob JJ, Avril MF, Delaunay M, Gouvernet J, Wolkenstein P, et al., « Delays in diagnosis and melanoma prognosis (II): the role of doctors », *Int J Cancer* 2000;89(3):280-5
- Royce Josiah, *The Religious Aspect Of Philosophy*, New York, Harper and Brothers, 1885
- Schwartz A. et Elstein A. S., « Clinical reasoning in medicine », in Higgs J., Jones M., Loftus S., et Christensen N.C. (Eds.), *Clinical reasoning in the health professions (3rd ed.)*, Boston, Elsevier, 2008, pp. 223–234
- Schwartz A. et Kostopoulou O., « Clinical reasoning in medicine », in Higgs J., Jones M., Loftus S., et Christensen N.C. (Eds.), *Clinical reasoning in the health professions (4th ed.)*, Boston, Elsevier, 2019, pp. 496–525
- Simondon Gilbert (1974), « La résolution des Problèmes » in *La résolution des Problèmes*, Paris, PUF, 2018
- Sureau Claude, « L'erreur, la faute, l'aléa, sanction ou prévention », in *L'erreur médicale*, PUF, 2006
- Tversky, A., Kahneman, D., « Judgment under uncertainty: Heuristics and biases », *Science*, 185, 1124-1131, 1974

PARTIE II :

Inventions informatiques et détection de mélanomes

- Alter Norbert (2000), *L'innovation Ordinaire*, PUF, 3è édition, 2010
- Andreassi L., Perotti R., Rubegni P., Burrioni M., Cevenini G., Biagioli M., Taddeucci P., Dell'Eva G., Barbini P., « Digital Dermoscopy Analysis for the differentiation of atypical nevi and early melanoma », *Arch Dermatol* Vol. 135, Dec 1999, pp.1459-1465
- Argenziano G, Fabbrocini G, Carli P, De Giorgi V, Sammarco E, Delfino M., « Epiluminescence microscopy for the diagnosis of doubtful melanocytic skin lesions. Comparison of the ABCD rule of dermatoscopy and a new 7-point checklist based on pattern analysis », *Arch Dermatol* ; 134(12):1563-70, 1998
- Bahrner FA, Fritsch P, Kreuzsch J, et al., « Terminology in surface microscopy », *JAM ACAD DERM.* 1990;23:115962
- Blois, M.S, « Clinical judgment and computers », *N. Engl. J. Med.*, 303:192-197, 1980
- Braun RP, Thomas L., *Atlas de Dermoscopie*, Paris, Masson, 2013
- Callon M., « Éléments pour une sociologie de la traduction - La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », in *L'année Sociologique*, Troisième série, Vol. 36, pp. 169-208, 1986
- Cascinelli N., Ferrario M, Tiziana Tonelli T., Leo E., « A possible new tool for clinical diagnosis of melanoma: The computer », *JAM ACAD DERMATOL*, 1987 ; 16 : 361-367
- Cascinelli N., Ferrario M., Bufalino R., Zurrada S., Galimberti V., Mascheroni L., Bartoli C., Clemente C, « Results obtained by using a computerized image analysis system designed as an aid to diagnosis of cutaneous melanoma », *Melanoma Research*, Vol. 2, pp.163-170, 1992
- Daston L., Galison P. (2007), *Objectivité*, Dijon, Les Presses du Réel, 2012
- Day GR et Barbour RH, « Automated melanoma diagnosis : where are we at ? », *Skin Research and Technology*, 2000, 6, pp.1-5
- Dreyfus H.L. (1972, 1979), *L'Intelligence Artificielle, Mythes et Limites*, Paris, Flammarion, 1984
- Feigenbaum EA., « The Art of Artificial Intelligence : Themes and case studies of Knowledge Engineering », *Proceedings of IJCAII*, 1977
- Fisher M., Fox RI., Newman A., « Computer Diagnosis of the acutely ill patient with fever and a

- rash », *International Journal of Dermatology*, 12(1), 59–63, 1973
- Gras Alain, *Les Macro-systèmes techniques*, Paris, PUF, 1997
- Green A., Martin N., McKenzie G., Pfitzner J., Quintarelli F., Thomas BW., O'Rourke M., Knight N., « Computer image analysis of pigmented skin lesions », *Melanoma Research*, 1, pp. 231-236, 1991
- Gutkowitz-Krusin D., Elbaum M., Szwaykowski P. et Kopf AW., « Can early malignant melanoma be differentiated from atypical melanocytic nevus by in vivo techniques? Part II. Automatic machine vision classification », *Skin Research and Technology* 1997; 3: 15-22
- Hadley TP., Geer DE., Howard S.B., Bleich L., Freedberg IM., « The Use of Digital Computers in Dermatologic Diagnosis : Computer-aided diagnosis of febrile illness with eruption », *Journal of Investigative Dermatology*, 62(4), 467–471
- Haberman, H.F., Norwich, K.H., Diehl, D.L., Evans, S.J., Harvey, B., Landau, J., Cobbold, R.S.C., O'Beime, H., Zings, W., « DIAG: A computer-assisted dermatologic system-clinical experience and insight », *J. Am. Acad. Dermatol.*, 12:132-143, 1985
- Hall P.N., Claridge E. et Morris Smith J.D., « Computer screening for early detection of melanoma : Is there a future ? », *British Journal of Dermatology*, 1995; 132: 325-33
- Haralick RM, Watson LT et Laffey TJ, « The topographic primal sketch », *Int. J. Robot. Res.*, 2, 50-72, 1983
- HAS, *Stratégie de diagnostic précoce des mélanomes*, Octobre 2006
- Heine, *Précis de Dermatoscopie*, 2019, consulté le 28/05/2021, <https://www.heine.com/fr/medical-specialties/dermatology/precis-de-dermatoscopie>
- Hughes Thomas, *Networks of Power, Electrification in Western Society 1880-1930*, The Johns Hopkins University Press, 1983
- Humphreys P., *Extending Ourselves - Computational Science, Empiricism, and Scientific Method*, Oxford University Press, 2004
- Jebeile J., *Épistémologie des Modèles et des Simulations numériques – De la Représentation à la Compréhension scientifique*, CNRS Éditions, 2019
- Kassirer JP, Gorry GA, « Clinical problem solving: A behavioral analysis », *Ann Intern Med* 89:245-255, 1978
- Kenet RD., « Digital Imaging in Dermatology », *Clinics in Dermatofology*, 1995 ; 23 : 381-392
- Kittler H, Pehamberger H, Wolff K, Binder M., « Diagnostic accuracy of dermoscopy », *Lancet Oncol* ; 3(3):159-65, 2002
- Korotkov K., Garcia R., « Computerized analysis of pigmented skin lesions: A review », *Artificial Intelligence in Medicine*, 56, pp.69–90, 2012
- Marghoob A.A., Malvey J., Braun R.P. (Eds), *Atlas of Dermoscopy (2nd Edition)*, Informa Healthcare, 2012
- McCarthy J., Minsky M., Rochester N., Shannon CE., *A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, 31 Août 1955 : www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html, consulté le 10/04/2019
- Minsky Marvin, « Matter, mind and models », in W.A. Kalenich (Ed.), *Proceedings of the International Federation for Information Processing (IFIP) Congress*, London, Macmillan, 1965, pp. 45–49
- Moss, R.H., Stoecker W.V., Lin S., Muruganandhan S., Chu K.F.; Poneleit K.M., Mitchell C.D., « Skin cancer recognition by computer vision », *Comput. Med. Imag. Graphics*, 13:3 1-36, 1989
- Norins AL., « Computers in Dermatology », *Arch Dermatol*, 90:506-511, 1964
- Perednia DA., « What dermatologists should know about digital Imaging », *JAM ACAD DERMATOL*, 1991;25:89-108
- Ratner D, Thomas CO, Bickers D., « The uses of digital photography in dermatology », *J Am Acad Dermatol.*, 41 (5 Pt 1) : 749-56, 1999 Nov
- Röntgen W., « Über eine neue Art von Strahlen », in *Aus den Sitzungsberichten der Würzburger*

Physik.-medic, décembre 1895

- Schindewolf T., Schiffner R., Stolz W., Albert R., « Evaluation of different image acquisition techniques for a computer vision system in the diagnosis of malignant melanoma », *Journal of the American Academy of Dermatology*, Volume 31, Number 1, pp.33-41
- Seidenari S., Pellacani G., Giannetti A., « Digital videomicroscopy and image analysis with automatic classification for detection of thin melanomas », *Melanoma Research*, 1999, 9, pp.163-171
- Shortliffe, E.H.; Buchanan, B.G., « A model of inexact reasoning in medicine », *Mathematical Biosciences*, 23 (3-4): 351-379, 1975
- Stoecker, W.V., « Computer-aided diagnosis of dermatologic disorders », *Dermatol. Clin. N. Am.* 4 : 607-625; 1986
- Stoecker WV. et Moss RH., « Editorial : Digital Imaging in Dermatology », *Computerized Medical Imaging and Graphics*. Vol. 16, No. 3, pp. 145-150, 1992
- Stone JL., Peterson RL., Wolf, JE. Jr., « Digital imaging techniques in dermatology », *J AM ACAD DERMATOL*, 1990 ; 23:913-7
- Stolz W, Bilek P, Landthaler M, et al. Skin surface microscopy, *Lancet* 1989 ; 2 : 864-5
- Stolz, W., Riemann, A., Cognetta, A.B., et al., « ABCD rule of dermoscopy: a new practical method for early recognition of malignant melanoma », *Eur J Dermatol*, 4, 521-7, 1994
- Umbaugh SE, Moss H., « An automatic color segmentation algorithm with application to identification of skin tumor borders », *Comput Med Imaging Graph* ;16:227-35, 1992
- Vanker, A.D.; Stoecker, W.V., « An expert diagnostic program for dermatology », *Computers and Biomedical Research*, 17(3), 241-247, 1984
- Varenne Franck, « Twenty-one functions of models and three types of simulations – classifications and applications », in Varenne F., *From Models to Simulation*, Routledge 2019, pp.143-167
- White RG, Perednia DA, Schowengerdt RA., « Automated feature detection in digital images of skin », *Comput Methods Prog Biomed* ;34:41-60, 1991

PARTIE III :

Réseaux de neurones et détection de mélanomes

- Appel K. and Haken W., “The solution of the four-color map problem”, *Sci. Amer.*, 237, pp. 108-121, October 1977
- Brinker Titus J., Hekler Achim, Enk Alexander H., Klode Joachim, Hauschild Axel, Berking Carola, Schilling Bastian, Haferkamp Sebastian, Schadendorf Dirk, Holland-Letz Tim, et al., « Deep learning outperformed 136 of 157 dermatologists in a head-to-head dermoscopic melanoma image classification task. », *European Journal of Cancer*, 113:47-54, 2019
- Callon M., « Éléments pour une sociologie de la traduction - La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », in *L'année Sociologique*, Troisième série, Vol. 36, pp. 169-208, 1986
- Carnot Sadi, *Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines propres à développer cette Puissance*, Paris, Gauthier-Villars, 1878
- Codella Noel, Nguyen Quoc-Bao, Pankanti Sharath, Gutman David, Helba Brian, Halpern Allan, et Smith John, « Deep learning ensembles for melanoma recognition in dermoscopy images », *IBM Journal of Research and Development*, 61(4):5-1, 2017
- Dhawan AP., « An expert system for the early detection of melanoma using knowledge-based image analysis », *Anal Quant Cytol Histol* : 10: 405-416, 1988
- Dijkstra E.W., *The Humble Programmer*, ACM Turing Lecture, E.W. Dijkstra Archive (EWD340), 1972

- Dijkstra E.W., *The end of Computing Science?*, E.W. Dijkstra Archive (EWD1304), 2000
- Esteva Andre, Kuprel Brett, Novoa Roberto A., Ko Justin, Swetter Susan M., Blau Helen M., and Thrun Sebastian, « Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. », *Nature*, 542(7639):115, 2017.[15]
- Faes L., Wagner SK, Fu DJ, Liu X., Korot E., LedSAM JR, Back T., Chopra R., Pontikos N., Kern C., et al., « Automated deep learning design for medical image classification by health-care professionals with no coding experience: a feasibility study », *The Lancet Digital Health*, 1(5):e232–e242, 2019.
- Feinstein, A.R., *Principles of Medical Statistics*, Chapman & Hall / CRC Press, 2002
- Ferris Laura K., Harkes Jan A., Gilbert Benjamin, Winger Daniel G., Golubets Kseniya, Akilov Oleg, et Satyanarayanan Mahadev, « Computer-aided classification of melanocytic lesions using dermoscopic images », *J AM ACAD DERMATOL*, Novembre 2015, pp.769-776
- Fetzer, J., « Program verification: the very idea », *Communications of the ACM*, **37**, 1048–63, 1988
- Finnane Anna, Dallest Kathy, Janda Monika, Soyer H. Peter, « Teledermatology for the Diagnosis and Management of Skin Cancer, A Systematic Review », *JAMA Dermatol*, doi:10.1001/jamadermatol.2016.4361, Published online December 7, 2016
- Funari G., Menin C., Elefanti L., D'Andrea E. et Scaini M.C., « Familial Melanoma in Italy: A Review », in Armstrong A.W. (ed.), *Advances in Malignant Melanoma – Clinical and Research Perspectives*, InTech, 2011, p.100
- Gessert Nils, Sentker Thilo, Madesta Frederic, Schmitz Rüdiger, Kniep Helge, Baltruschat Ivo Ivo, Werner René, et Schlaefer Alexander, « Skin lesion diagnosis using ensembles, unscaled multi-crop evaluation and loss weighting », arXiv preprint arXiv:1808.01694, 2018, téléchargé le 10/09/2020
- Grin Caron M., Kopf Alfred W., Welkovich Bruce, Bart Robert S., Levenstein Marcia J., « Accuracy in the Clinical Diagnosis of Malignant Melanoma », *Arch Dermatol*. 1990;126:763-766
- Haenssle Holger A., Fink Christine, Schneiderbauer R., Toberer Ferdinand, Buhl Timo, Blum A., Kalloo A., Ben Hadj Hassen A., Thomas L., Enk A., et al. « Man against machine: diagnostic performance of a deep learning convolutional neural network for dermoscopic melanoma recognition in comparison to 58 dermatologists ». *Annals of Oncology*, 29(8):1836–1842, 2018
- Haenssle Holger A., Fink Christine, Toberer F., Winkler J., Stolz W., Deinlein T., Hofmann-Wellenhof R., Lallas A., Emmert S., Buhl T., Zutt M., Blum A., Abassi M. S., Thomas L., Tromme I., Tschandl P., Enk A. & Rosenberger A., « Man against machine reloaded: performance of a market-approved convolutional neural network in classifying a broad spectrum of skin lesions in comparison with 96 dermatologists working under less artificial conditions », *Annals of Oncology*, 31(1):137–143, 2020
- Han Seung Seog, Kim Myoung Shin, Lim Woohyung, Park Gyeong Hun, Park Ilwoo, et Chang Sung Eun, « Classification of the clinical images for benign and malignant cutaneous tumors using a deep learning algorithm », *Journal of Investigative Dermatology*, 138(7):1529–1538, 2018
- Hoare, C.A.R., «How did software get so reliable without proof?», in *FME'96: Industrial Benefit and Advances in Formal Methods*, pp 1-17, 1996
- Horkheimer Max et Adorno Theodor W. (1944), *La Dialectique de la Raison*, Paris, Gallimard, 1974
- Hughes Thomas, *Networks of Power, Electrification in Western Society 1880-1930*, The Johns Hopkins University Press, 1983
- Jorion Paul, « L'intelligence artificielle au confluent des neurosciences et de l'informatique », in *Lekton*, vol IV, N°2, 1994: 85-114
- Jorion Paul, *Comment la vérité et la réalité furent inventées*, Paris, Gallimard, 2009
- Kroes Peter, *Technical Artefacts: Creations of Mind and Matter; A Philosophy of Engineering*

- Design*, Springer, 2012
- Kuhn, Thomas (1962), *La Structure des Révolutions Scientifiques*, Paris, Flammarion, 2008
- Lallas A, Argenziano G. Artificial intelligence and melanoma diagnosis: ignoring human nature may lead to false predictions. *Dermatol Pract Concept*. 2018;8(4): 249-251. DOI: <https://doi.org/10.5826/dpc.0804a01>
- Latour Bruno (1989), *La Science en Action*, Paris, Éditions de la Découverte, 2005
- Mach Ernst, *La Connaissance et l'Erreur*, Paris, Flammarion, 1908
- Mackall Dale, Nelson Stacy, Schumman Johann, *Verification & Validation Of Neural Networks For Aerospace Systems*, Dryden Flight Research Center and NASA Ames Research Center, June 12, 2002
- MacKenzie, Donald, “Computing and the Cultures of Proving”, in *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, Vol.363, No. 1835, *The Nature of Mathematical Proof* (Oct. 15, 2005), pp. 2335-2350
- MacKenzie, Donald, *Mechanizing Proof, Computing, Risk, and Trust*, The MIT Press, 2001
- MacLellan AN, Price EL, Publicover-Brouwer P, Matheson K, Ly TY, Pasternak S, Walsh NM, Gallant CJ, Oakley A, Hull PR, Langley RG, « The Use of Non-Invasive Imaging Techniques in the Diagnosis of Melanoma: A Prospective Diagnostic Accuracy Study », *Journal of the American Academy of Dermatology* (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.04.019>
- Mallat Stéphane, *Leçon au Collège de France*, 23 Janvier 2019
- Marquis Pierre, “Sur les Preuves non déductives en Intelligence Artificielle”, in Sallantin Jean et Szczeciniarz Jean-Jacques (ed.), *Le concept de preuve à la lumière de l'intelligence artificielle*, Paris, PUF, 1999, pp.139-158
- Marchetti et al., « Results of the 2016 International Skin Imaging Collaboration International Symposium on Biomedical Imaging challenge: Comparison of the accuracy of computer algorithms to dermatologists for the diagnosis of melanoma from dermoscopic images », in *J Am Acad Dermatol*, Volume 78, Number 2, 2017
- Mill, John Stuart, *A system of Logic*, Harper and Brothers, New York, 1882
- Minsky Marvin, « Matter, mind and models », in W.A. Kalenich (Ed.), *Proceedings of the International Federation for Information Processing (IFIP) Congress*, London, Macmillan, 1965, pp. 45–49
- Monheit G, Coggnetta AB; Ferris L, Rabinovitz H, Gross K, Martini M, Grichnik JM, Mihm M, Prieto VG, Googe P, King R, Toledano A, Kabelev N, Wojton M, Gutkowitz-Krusin, « The performance of MelaFind: a prospective multicenter study », *Arch Dermatol*. 2011; 147(2):188-94
- Newell A. and Simon H., “Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research”, *Operations Research*, Vol. 6, No. 1 (Jan. - Feb., 1958), pp. 1-10
- Pacheco Andre G. C., Krohling Renato R., « Recent Advances in Deep Learning Applied to Skin Cancer Detection », arXiv:1912.03280v1 [eess.IV] 6 Dec 2019, téléchargé le 10/09/2020
- Pullum Laura, Taylor Brian and Darrah Majorie, *Guidance for the Verification and Validation of Neural Networks*, IEEE Computer Society, 2007
- Rambaud Aude, « L'intelligence artificielle excelle dans le diagnostic du mélanome », in *Le Figaro*, 06/09/2018
- Russakovsky Olga, Jia Deng, Hao Su, Jonathan Krause, Sanjeev Satheesh, Sean Ma, Zhiheng Huang, Andrej Karpathy, Aditya Khosla, Michael Bernstein, Alexander C. Berg, Li Fei-Fei, « ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge », arXiv:1409.0575v3 [cs.CV] 30 Jan 2015, téléchargé le 31/03/2019
- Russakovsky O., Deng J, Su H., Krause J., Satheesh S., Ma S., Huang Z., Karpathy A., Khosla A., Bernstein M., Berg AC, Fei-Fei L., « ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge », arXiv, 1409.0575v3 [cs.CV] 30 Jan 2015
- Sallantin Jean et Szczeciniarz Jean-Jacques (ed.), *Le concept de preuve à la lumière de*

- l'intelligence artificielle*, Paris, PUF, 1999
- Sallantin Jean, « Les Cadres Probatoires », in Sallantin Jean et Szczeciniarz Jean-Jacques (ed.), *Le concept de preuve à la lumière de l'intelligence artificielle*, Paris, PUF, 1999, pp.255-277
- Searle J.R., “Minds, Brains and Programs”, *Behavioral and Brain Sciences*, 3 (1980): 417–424
- Séris Jean-Pierre (1994), *La Technique*, Paris, PUF, 2013
- Sfez Lucien, *Technique et Idéologie*, Paris, Seuil, 2002
- Shapin S. et Schaffer S. (1985), *Leviathan et la pompe à air*, Éditions de la Découverte, 1993
- Shalev-Schwartz Shai and Ben-David Shai, *Understanding Machine Learning, From Theory to Algorithms*, Cambridge University Press, 2014
- Simon, H., (1955), “A Behavioral Model of Rational Choice”, *Quarterly Journal of Economics*, 1955, n°69, p. 99-118
- Singer Natasha, « Dissent over a device to help find melanoma », *NY Times*, 20/07/2013, <https://www.nytimes.com/2013/07/21/business/dissent-over-a-device-to-help-find-melanoma.html?pagewanted=all> , téléchargé le 15/09/2020
- Software and Systems Engineering Standards Committee, *IEEE Std 1012™-2016*, IEEE Computer Society, 2016
- Szegedy C, Vanhoucke V, Ioffe S et al., « Rethinking the inception architecture for computer vision 2015, disponible à <https://arxiv.org/abs/1512.00567>, téléchargé le 16 septembre 2020
- Tarde G., *Les Lois de l'imitation, étude sociologique*, Paris, Felix Alcan, 1895
- Tarski Alfred, “Truth and Proof”, in *Scientific American*, pp.63-67, 1969
- Teller Paul, “Computer Proof”, in *The Journal of Philosophy*, Vol. 77, No. 12 (Dec., 1980), pp. 797-803
- Thom R., “Modern mathematics: an educational and philosophical error?”, in *Amer. Sci.*, LIX, 6 (1971) 695-699
- Tymoczko Thomas, “The Four-Color Problem and Its Philosophical Significance”, in *The Journal of Philosophy*, Vol. 76, No. 2 (Feb., 1979), pp. 57-83
- Tymoczko Thomas, “Computers, Proofs and Mathematicians: A Philosophical Investigation of the Four-Color Proof”, in *Mathematics Magazine*, Vol. 53, No. 3 (May, 1980), pp. 131-138
- Tymoczko Thomas, “Computer Use to Computer Proof: A Rational Reconstruction”, *The Two-Year College Mathematics Journal*, Vol. 12, No. 2 (Mar., 1981), pp. 120-125
- Varenne Franck, *From Models to Simulations*, Routledge, 2019
- Wang HH, Wang YH, Liang CW, et al., « Assessment of deep learning using nonimaging information and sequential medical records to develop a prediction model for nonmelanoma skin cancer », *JAMA Dermatol*, (2019 :155), pp.1277-1283
- Winkler Julia K., Sies Katharina, Fink Christine, Toberer Ferdinand, Enk Alexander, Deinlein Teresa, Hofmann-Wellenhof Rainer, Thomas Luc, Lallas Aimilios, Blum Andreas, Stolz Wilhelm, Abassi Mohamed S., Fuchs Tobias, Rosenberger Albert, Haenssle Holger A., « Melanoma recognition by a deep learning convolutional neural network - Performance in different melanoma subtypes and localisations », *European Journal of Cancer* 127 (2020) 21-29
- Yu Lequan, Chen Hao, Dou Qi, Qin Jing, and Heng Pheng-Ann, « Automated melanoma recognition in dermoscopy images via very deep residual networks », *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 36(4):994–1004, 2017.[14]
- Yunzhu Li et al., “Skin Cancer Detection and Tracking using Data Synthesis and Deep Learning”, in *arXiv:1612.01074v1 [cs.CV]* 4 Dec 2016, retrieved on November 14, 2018

PARTIE IV :

Transformation des Modalités de détection du Mélanome

- Arendt Hannah (1958), *La Condition de l'Homme Moderne*, Paris, Calmann-lévy, 1983
- Arya V., Bellamy RKE, Chen P-Y, Dhurandhar A., Hind M., Hoffman S.C., Houde S., Liao Q.V., Luss R., Mojsilović A., Mourad S., Pedemonte P., Raghavendra R., Richards J., Sattigeri P., Shanmugam K., Singh M., Varshney K.R., Wei D., Zhang Y., « One Explanation Does Not Fit All: A Toolkit and Taxonomy of AI Explainability Techniques », arXiv:1909.03012v2 [cs.AI], 14 Sep 2019
- Athey S., « Beyond prediction: using big data for policy problems », *Science*, 355(6324), 2017, pp.483–485
- Barberousse A., Kistler M., Luswig P., *la Philosophie des Sciences au XXè siècle*, Paris, Flammarion, 2000
- Beauchamp Tom L. and Childress James F., *Principles of Biomedical Ethic*, New York, Oxford Univerity Press, 1979
- Bhatt, U., Xiang, A., Sharma, S., Weller, A., Taly, A., Jia, Y., Ghosh, J., Puri, R., Moura, J. M. F., and Eckersley, P., « Explainable machine learning in deployment », In *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, pp. 648–657, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, 2020
- Bourdieu, *Science de la Science et Réflexivité, Cours du Collège de France, 2000-2001*, Paris, Raisons d'Agir Éditions, 2001
- Braut Nicolas, Duchemann Benoît, « Ethical Issues and Challenges with Artificial Intelligence in Healthcare », in Saxena Ankur, Nicolas Braut Nicolas, Rashid Shazia (eds), *Big Data and Artificial Intelligence for Healthcare Applications*, CRC Press, 2021, pp.205-234
- Braut Nicolas, Duchemann Benoît et Saxena Mohit, « Epistemological Issues and Challenges with Artificial Intelligence in Healthcare », in Saxena Ankur, Nicolas Braut Nicolas, Rashid Shazia (eds), *Big Data and Artificial Intelligence for Healthcare Applications*, CRC Press, 2021, pp.235-270
- Brinker Titus J., Hekler Achim, Enk Alexander H., Klode Joachim, Hauschild Axel, Berking Carola, Schilling Bastian, Haferkamp Sebastian, Schadendorf Dirk, Holland-Letz Tim, et al., « Deep learning outperformed 136 of 157 dermatologists in a head-to-head dermoscopic melanoma image classification task. », *European Journal of Cancer*, 113:47–54, 2019
- Burrell J., « How the machine 'thinks': Understanding opacity in machine learning algorithms », *Big Data Soc* 2016;3(1), pp. 1–12
- Callon M., « Éléments pour une sociologie de la traduction - La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », in *L'année Sociologique*, Troisième série, Vol. 36, pp. 169-208, 1986
- Chen C., Li O., Tao C., Barnett A.J., Su J., Rudin C., « This Looks Like That: Deep Learning for Interpretable Image Recognition », *33rd Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2019)*, Vancouver, Canada, arXiv:1806.10574v4 [cs.LG] 22 Nov 2019
- Colburn T, Shute G., « Abstraction in computer science », *Minds and Machines* 2007;17(2):169–84
- Daston L., Gallison P. (2007), *Objectivité*, Les Presses du Réel, 2012
- Defense Advanced Research Projects Agency. Broad Agency Announcement, *Explainable Artificial Intelligence (XAI)*, DARPA-BAA-16-53; 2016. Consulté à : <https://www.darpa.mil/attachments/DARPA-BAA-16-53.pdf> le 04/07/2021
- Denis Christophe et Varenne Franck, « Interprétabilité et explicabilité pour l'apprentissage machine : entre modèles descriptifs, modèles prédictifs et modèles causaux. Une nécessaire clarification épistémologique », *National (French) Conference on Artificial Intelligence (CNIA) - Artificial Intelligence Platform (PFIA)*, Jul 2019, Toulouse, France. pp.60-68. hal-02184519
- Doshi-Velez F. et Kim B., «Towards a rigorous science of interpretable machine learning,» arXiv, 2017. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1702.08608>
- Duhem Pierre, *La Théorie Physique, son objet, sa structure*, Paris, Chevalier et Rivière, 1906
- Duhem Pierre, *Sozein ta phainomena, Essai sur la Notion de Théorie Physique, de Platon à*

- Galilée*, Paris, Librairie Scientifique A. Hermann et Fils, 1908
- Durán JM, Formanek N., « Grounds for trust: essential Epistemic opacity and computational Reliabilism », *Minds and Machines* 2018; 28(4): 645–66.
- Durán J.M., Jongsma K.R., « Who is afraid of black box algorithms ? On the epistemological and ethical basis of trust in medical AI », *J. Medical Ethics*, 0, pp.1-7, 2021(a)
- Durán J.M., « Dissecting scientific explanation in AI (sXAI): A case for medicine and healthcare », *Artificial Intelligence 297 : 103498*, pp.1-14, 2021(b)
- Escalante H.J., Escalera S., Guyon I., Baró X., Güçlütürk Y., Güçlü U., van Gerven M., *Explainable and Interpretable Models in Computer Vision and Machine Learning*, Springer, 2018
- Esteva Andre, Kuprel Brett, Novoa Roberto A., Ko Justin, Swetter Susan M., Blau Helen M., and Thrun Sebastian, « Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. », *Nature*, 542(7639):115, 2017.[15]
- Finnane Anna, Dallest Kathy, Janda Monika, Soyer H. Peter, « Teledermatology for the Diagnosis and Management of Skin Cancer, A Systematic Review », *JAMA Dermatol*, doi:10.1001/jamadermatol.2016.4361, Published online December 7, 2016
- Floridi L., Cows J., Beltrametti M., Chatila R., Chazerand P., Dignum V., Luetge C., Madelin R., Pagallo U., Rossi F., Schafer B., Valcke P., Vayena E., « AI4People—An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations », in *Minds and Machines*, 28:689–707, 2018
- Foucault Michel, *Du Gouvernement des Vivants, Cours au Collège de France, 1979-1980*, Paris, Seuil/Gallimard, 2012
- Freitas AA., « Comprehensible classification models: a position paper », *ACM SIGKDD Explorations Newsletter* ; 15(1):1–10, Mars 2014
- Gambetta Diego, « Can we trust trust? », In Diego Gambetta (ed.), *Trust: Making and Breaking Cooperative Relations*, Oxford, Basil Blackwell, pp 213–237, 1988
- Haenssle Holger A., Fink Christine, Schneiderbauer R., Toberer Ferdinand, Buhl Timo, Blum A., Kalloo A., Ben Hadj Hassen A., Thomas L., Enk A., et al. « Man against machine: diagnostic performance of a deep learning convolutional neural network for dermoscopic melanoma recognition in comparison to 58 dermatologists ». *Annals of Oncology*, 29(8):1836–1842, 2018
- Haenssle Holger A., Fink Christine, Toberer F., Winkler J., Stolz W., Deinlein T., Hofmann-Wellenhof R., Lallas A., Emmert S., Buhl T., Zutt M., Blum A., Abassi M. S., Thomas L., Tromme I., Tschandl P., Enk A. & Rosenberger A., « Man against machine reloaded: performance of a market-approved convolutional neural network in classifying a broad spectrum of skin lesions in comparison with 96 dermatologists working under less artificial conditions », *Annals of Oncology*, 31(1):137–143, 2020
- Han Seung Seog, Kim Myoung Shin, Lim Woohyung, Park Gyeong Hun, Park Ilwoo, et Chang Sung Eun, « Classification of the clinical images for benign and malignant cutaneous tumors using a deep learning algorithm », *Journal of Investigative Dermatology*, 138(7):1529–1538, 2018
- Hardin Russell, *Trust and Trustworthiness*, New York, Russell Sage Foundation, Polity Press, 2002
- Hardin Russell, *Trust*, Cambridge, Polity Press, 2006
- Hesse Mary, *Models and Analogies in Science*, University of Notre dame Press, 1966
- Heulot Nicolas, Fekete Jean-Daniel, Aupetit Michael, « Visualizing Dimensionality Reduction Artifacts: An Evaluation », *arXiv: 1705.05283v1 [cs.HC]* 15 May 2017
- Holte RC., « Very simple classification rules perform well on most commonly used datasets », *Machine Learning* ;11(1):63–91, 1993
- Horkheimer M., Adorno T.W. (1969), *la Dialectique de la Raison*, Paris, Gallimard, 1974
- Humphreys Paul W., « The philosophical novelty of computer simulation methods », *Synthese*, 169(3):615–626, 2009

- Hughes Thomas, *Networks of Power, Electrification in Western Society 1880-1930*, The Johns Hopkins University Press, 1983
- Jacovi A., Marasović A., Miller T., Goldberg Y, « Formalizing Trust in Artificial Intelligence: Prerequisites, Causes and Goals of Human Trust in AI », *arXiv:2010.07487v3 [cs.AI]* 20 Jan 2021
- Jebeile Julie, *Épistémologie des Modèles & des Simulations numériques*, Paris, CNRS Éditions, 2019
- Jones M.L., « How we became instrumentalists (Again) : Data positivism since world war II », *Historical Studies in the Natural sciences*, vol.48, Number 5, pp.673-684, 2018
- Jorion Paul, « L'intelligence artificielle au confluent des neurosciences et de l'informatique », in *Lekton*, vol IV, N°2, 1994: 85-114
- Jorion Paul, *Comment la vérité et la réalité furent inventées*, Paris, Gallimard, 2009
- Kim, Been, Khanna R., et Koyejo O.O., « Examples are not enough, learn to criticize! Criticism for interpretability », *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2016
- Kroes Peter, *Technical Artefacts: Creations of Mind and Matter, A Philosophy of Engineering Design*, Springer, 2012
- Kuhn Thomas (1962), *La Structure des Révolutions Scientifiques*, Paris, Flammarion, 2008
- Lallas A, Argenziano G. Artificial intelligence and melanoma diagnosis: ignoring human nature may lead to false predictions. *Dermatol Pract Concept*. 2018;8(4): 249-251. DOI: <https://doi.org/10.5826/dpc.0804a01>
- Latour Bruno (1989), *La Science en Action*, Paris, Éditions de la Découverte, 2005
- Law M., Russo A., Broda K., « Logic-Based Learning of Answer Set Programs », in Markus Krötzsch, Daria Stepanova (Eds.), *Reasoning Web Explainable Artificial Intelligence, 15th International Summer School 2019, Bolzano, Italy, Tutorial Lectures*, Springer Nature Switzerland, 2019, pp.196-231
- LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., et Haffner P., « Gradient based learning applied to document recognition », *Proceedings IEEE*, 1998
- Li Y., Yosinski J., Clune J., Lipson H., & Hopcroft J., « Convergent Learning : Do different neural networks learn the same representations ? », Publié en tant que support de présentation pour la conférence ICLR 2016, arXiv:1511.07543v3 [cs.LG], 28 Feb 2016, consulté le 23/04/2019
- Liu Xin, Datta Anwitaman, Lim Ee-Peng, *Computational Trust Models and Machine Learning*, Chapman et Hall / CRC Press, 2015
- Luhmann Niklas (2000), *La Confiance*, Paris, Economica, 2006
- Lundberg, S. M. and Lee, S.-I, « A unified approach to interpreting model predictions », In Guyon, I., Luxburg, U. V., Bengio, S., Wallach, H., Fergus, R., Vishwanathan, S., and Garnett, R. (eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems 30*, pp. 4765–4774, Curran Associates, Inc., 2017
- Mach Ernst, *La Connaissance et l'Erreur*, Paris, Flammarion, 1908
- Mallat Stéphane, *Leçon au Collège de France*, 23 Janvier 2019
- McKnight D.H., Chervany N.L., *The meanings of trust. Technical report*, University of Minnesota, Management Information Systems Research Center, 1996
- Meehl Paul E., *Clinical versus Statistical Prediction*, University of Minesotta, 1954
- Mill, John Stuart, *A system of Logic*, Harper and Brothers, New York, 1882
- Miller, Tim. « Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences », arXiv Preprint arXiv:1706.07269, 2017
- Minsky Marvin, « Matter, mind and models », in W.A. Kalenich (Ed.), *Proceedings of the International Federation for Information Processing (IFIP) Congress*, London, Macmillan, 1965, pp. 45–49
- Molnar Christoph, *Interpretable Machine Learning, A Guide for Making Black Box Models Explainable*, LeanPub, 2019

- Morin Edgar, *Science avec conscience*, Paris, Fayard, 1990
- Pascal Blaise, « Avis nécessaire à ceux qui auront curiosité de voir la machine arithmétique, et de s'en servir », in *La Machine Arithmétique*, 1645
- Peirce C.S., *Écrits sur le Signe*, Paris, Seuil, 1978
- Piaget Jean, *Introduction à l'épistémologie génétique. (II) La pensée physique*, Paris, PUF, 1950
- Piaget Jean, *Logique et connaissance scientifique*, Paris, Gallimard, 1967
- Popper Karl (1979), *La Connaissance objective*, Paris, Flammarion, 1998
- Quine W.O. (1960), *Le Mot et la Chose*, Paris, Flammarion, 1977
- Quinlan J.R., « Some elements of machine learning », *Proc. 16th Int. Conf. on Machine Learning (ICML-99)*, 523-525. Morgan Kaufmann, 1999
- Ribeiro, M. T., Singh, S., and Guestrin, C., « ”why should I trust you?”: Explaining the predictions of any classifier », in *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, San Francisco, CA, USA, August 13-17, 2016, pp. 1135–1144, 2016
- Robbins Scott, « A Misdirected Principle with a Catch: Explicability for AI », *Minds and Machines*, Publié online le 15/10/2019
- Rudin C., « Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead », *Nat Mach Intell* 2019;1(5):206–15
- Sallantin Jean et Szczeciniarz Jean-Jacques (ed.), *Le concept de preuve à la lumière de l'intelligence artificielle*, Paris, PUF, 1999
- Schupbach Jonah N., « Robustness Analysis as Explanatory Reasoning », *Brit. J. Phil. Sci.* 0, 1–26, 2016
- Séris Jean-Pierre (1994), *La Technique*, Paris, PUF, 2013
- Sfez Lucien, *La décision*, Paris, PUF, 1994
- Sfez Lucien, *Technique et Idéologie*, Paris, Seuil, 2002
- Simondon Gilbert, *Du Mode d'Existence des Objets Techniques*, Paris, Aubier, 2012
- Sztompka Piotr, *Trust: A Sociological Theory*, Cambridge University Press, 1999
- Slack Dylan, Hilgard Sophie, Singh Sameer, Lakkaraju Himabindu, « Feature Attributions and Counterfactual Explanations Can Be Manipulated », *arXiv:2106.12563v2 [cs.LG]* 25 Jun 2021
- Software and Systems Engineering Standards Committee, *IEEE Std 1012™-2016*, IEEE Computer Society, 2016
- Van Fraassen Bas, *The Scientific Image*, Oxford, Clarendon Press, 1980
- Varenne Franck, « Modèles et simulations dans l'enquête scientifique » in Varenne et Silberstein, *Modéliser et Simuler*, Éditions Matériologiques, 2013, pp.9-47
- Varenne Franck, *From Models to Simulations*, Routledge, 2019
- Wachter Sandra, Mittelstadt Brent, Russell Chris, « Counterfactual explanations without opening the black box: Automated decisions and the gdpr », *Harvard journal of law & technology*, 31:841–887, 04 2018
- Wierzbicki Adam, *Trust and Fairness in Open, Distributed Systems*, Springer, 2010
- Zhou J., Chen F., *Human and Machine Learning, Visible, Explainable, Trustworthy and Transparent*, Springer, 2018

PARTIE V :

Possibles mises en œuvre et enjeux

- Amalberti R, Gremion C, Auroy Y, Michel P, Salmi R, Parneix P et al., « Les systèmes de signalement des événements indésirables en médecine, Études et résultats, *DREES*, n° 584, juillet 2007

- Anders Günther, *L'Obsolescence de l'homme*, t.1 : *Sur l'âme à l'époque de la deuxième révolution industrielle*, Paris, éditions Ivrea et éditions de l'Encyclopédie des Nuisances, 2002.
- Bernadou Alain, « Savoir théorique et savoirs pratiques. L'exemple Médical », in Jean-Marie Barbier, *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, PUF | « Education et formation », 2011 | pp. 29-41
- Brami Jean et Amalberti René, *La sécurité du patient en médecine générale*, Paris, Springer-Verlag France, 2010
- Callon M., « Éléments pour une sociologie de la traduction - La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », in *L'année Sociologique*, Troisième série, Vol. 36, pp. 169-208, 1986
- Chilamkurthy Sasank, « Transfer Learning for Computer Vision Tutorial », *PyTorch.org*, 2021, https://pytorch.org/tutorials/beginner/transfer_learning_tutorial.html?highlight=transfer%20learning, consulté le 15/07/2021
- Davis D. Russell, *Pilot Error, some laboratory experiments*, His Majesty's Stationary Office, 1948
- De Morgan A., *Formal Logic, or, The Calculus of Inference, Necessary and Probable*, Londres, Taylor and Walton, 1847
- Desmoulin-Canselier Sonia et Le Métayer Daniel, *Décider avec les algorithmes, Quelle place pour l'Homme, quelle place pour le droit ?*, Paris, Dalloz, 2020
- Dubey Gérard, « La simulation informatique à l'épreuve de l'altérité », in *Technique : Art du social, Socio-Anthropologie*, 04/1998
- Duchemann Benoît, *Sécurité dans l'Aéronautique Civile, Normes, Savoirs et Pathologies, Étude de cas : le Crash de l'AF447*, Mémoire de Master, Lophiss, Université Paris 7, 2017
- Duchemann Benoît, « Systèmes d'Aide à la Décision, Fonctions, Affordances et Autonomie », in *Pistes, Vrin*, 2022
- Dzobo K., Adotey S., Thomford N.E., et Dzobo W., « Integrating Artificial and Human Intelligence : A Partnership for Responsible Innovation in Biomedical Engineering and Medicine », *OMICs A Journal of Integrative Biology*, Volume 24, Number 5, 2020
- Edwards Elwyn, « Introduction Overview » in Earl L. Wiener & David C. Nagel, *Human factors in Aviation*, Academic Press, 1988
- Fenton Joshua J. et al., « Influence of Computer-Aided Detection on Performance of Screening Mammography », *N Engl J Med.* ; 356(14): 1399–1409, 5 Avril 2007
- Finnane Anna, Dallest Kathy, Janda Monika, Soyer H. Peter, « Teledermatology for the Diagnosis and Management of Skin Cancer, A Systematic Review », *JAMA Dermatol*, doi:10.1001/jamadermatol.2016.4361, Published online December 7, 2016
- Fisher, Ronald A., *The Design of Experiments*, Edinburgh, Oliver and Boyd, 1935
- Fisher, Ronald A., « The place of the design of experiments in the logic of scientific inference », *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series A*, 1965, p. 33–38. Friedman Milton (1953), « The Methodology of Positive Economics », in *Essays in Positive Economics*, 3-46, University of Chicago Press
- Freeman K et al, « Algorithm based smartphone apps to assess risk of skin cancer in adults: systematic review of diagnostic accuracy studies », *BMJ* ; 368 : m127, 10 Février 2020
- Garg, A. X. et al., « Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review », *JAMA* **293**, 1223–1238, 2005
- Gessert Nils, Sentker Thilo, Madesta Frederic, Schmitz Rüdiger, Kniep Helge, Baltruschat Ivo Ivo, Werner René, et Schlaefer Alexander, « Skin lesion diagnosis using ensembles, unscaled multi-crop evaluation and loss weighting », arXiv preprint arXiv:1808.01694, 2018, téléchargé le 10/09/2020
- Gilbert F.J., Smye S.W., Schönlieb C.-B., « Artificial intelligence in clinical imaging: a health system approach », *Clinical Radiology*, <https://doi.org/10.1016/j.crad.2019.09.122>, 2019
- Gras Alain, Moricot Caroline, Poirot-Delpech Sophie et Scardigli Victor, *Face à l'Automate, le*

- pilote, le contrôleur et l'ingénieur*, Publications de la Sorbonne, 1994
- Gras Alain, *Les macro-systèmes techniques*, Paris, PUF, 1997
- HAS, *Crew Resource Management en Santé (CRM Santé)*, Mai 2018, Téléchargeable à : https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-05/crm_sante.pdf
- He, J. et al., « The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine », *Nat. Med.* **25**, 30–36, 2019
- Hekler, A. et al., « Superior skin cancer classification by the combination of human and artificial intelligence », *Eur. J. Cancer* **120**, 114–121, 2019
- HLR, « State v. Loomis, Wisconsin Supreme Court Requires Warning Before Use of Algorithmic Risk Assessments in Sentencing, Recent Case : 881 N.W.2d 749 (Wis. 2016) », *Harvard Law Review*, *130 Harv. L. Rev. 1530N*, 10 Mars 2017, <https://harvardlawreview.org/2017/03/state-v-loomis/>, consulté le 15/06/2021,
- Hughes Thomas, *Networks of Power, Electrification in Western Society 1880-1930*, The Johns Hopkins University Press, 1983
- Hutchins Edwin, *Cognition in the Wild*, Cambridge, The MIT Press, 1995
- IMDRF - Software as a Medical Device Working Group, *Software as a Medical Device (SaMD): Clinical Evaluation*, IMDRF, 21 Septembre 2017
- InVS, *Expérimentation portant sur la déclaration des évènements indésirables graves (EIG) liés aux soins en établissement de santé, Rapport d'évaluation*, Janvier 2012
- Janda M., Cust AE., Neale RE., Aitken JF., Baade PD., Green AC., Khosrotehrani K., Mar V., Soyer HP., Whiteman DC., « Early detection of melanoma: a consensus report from the Australian Skin and Skin Cancer Research Centre Melanoma Screening Summit », *Aust N Z J Public Health*, 2020 Apr;44(2):111-115. doi: 10.1111/1753-6405.12972.
- Kohn et al., *To Err is Human : Building a Safer Health System*, Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine, 2000
- Kottler Nina, « Artificial Intelligence: A Private Practice Perspective », *J Am Coll Radiol* ;17:1398-1404, 2020
- Kroes Peter, *Technical Artefacts: Creations of Mind and Matter, A Philosophy of Engineering Design*, Springer, 2012
- Larson Jeff et al., « How We Analyzed the COMPAS Recidivism Algorithm », *ProPublica*, 23 Mai 2016, <https://www.propublica.org/article/how-we-analyzed-the-compas-recidivism-algorithm>, consulté le 01/04/2018
- Latour Bruno (1989), *La Science en Action*, Paris, Éditions de la Découverte, 2005
- Lehmann Jean-Claude, « De la gestion de la complexité à un corpus de “Sciences de l'Action” », in Jean-Marie Barbier, *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, PUF | « Education et formation », 2011 | pp. 147-159
- Mach Ernst, *La Connaissance et l'Erreur*, Paris, Flammarion, 1908
- Milgram Stanley (1974), *Soumission à l'Autorité*, Librairie Arthème Fayard/Pluriel, 2017
- Miller C.O., « Air safety » in Earl L. Wiener & David C. Nagel, *Human factors in Aviation*, Academic Press, 1988
- Moricot Caroline, *Les deux visages de l'invertitude: automatisation et appropriation des avions “Glass Cockpit”*, Journée d'étude HCEAI, 19 Décembre 2007, videos accessible à : <https://www.dailymotion.com/video/x8dnt0> et <https://www.dailymotion.com/video/x8eq35>
- Moricot Caroline, *Agir à distance, Enquête sur le délocalisation du geste technique*, Paris, Classiques Garnier, 2020
- OACI, *Circular 240-AN/144, Human Factors Digest n°7*, OACI 1993
- Pickering Andrew, *The Cybernetic Brain*, The University of Chicago Press, 2010
- Pullum Laura, Taylor Brian and Darrah Majorie, *Guidance for the Verification and Validation of Neural Networks*, IEEE Computer Society, 2007
- Reason James, *L'Erreur Humaine*, (1990), Paris, PUF, 1993

- Séris Jean-Pierre (1994), *La Technique*, Paris, PUF, 2013
- Sfez Lucien, *Technique et Idéologie*, Paris, Seuil, 2002
- Swetter SM., *Novel Technologies to Improve Melanoma Detection and Care Focusing on Artificial Intelligence*, Lecture presented at: Winter Skin Seminar 2020; January 27, 2020; Park City, UT
- Simondon Gilbert, *Du Mode d'Existence des Objets Techniques*, Paris, Aubier, 2012
- Takhirov Zafar, « (beta) Quantized Transfer Learning for Computer Vision Tutorial », *PyTorch.org*, 2021, https://pytorch.org/tutorials/intermediate/quantized_transfer_learning_tutorial.html?highlight=transfer%20learning, consulté le 17/07/2021
- Tanno Sophie, « Cutting-edge 'avatar' machines will 'revolutionise' detection of skin cancer and could save thousands of lives a year », *Daily Mail Australia*, 29 Novembre 2018, consulté le 10/08/2021 à : https://www.dailymail.co.uk/news/article-6439907/Revolutionary-way-detecting-melanoma-save-thousands-lives-year.html?trk=organization-update-content_share-video-embed_share-article_title
- Thomas Luc, *Cancérologie et Dermatologie*, Institut de Cancérologie des HCL, 14/09/2020, video : <https://www.chu-lyon.fr/cancerologie-et-dermatologie>, accédé le 15/07/2021
- Tschandl P., Rinner C., Apalla Z., Argenziano G., Codella N., Halpern A., Janda M., Lallas A., Longo C., Malvey J., Paoli J., Puig S., Rosendahl C., Soyer H.P., Zalaudek I. et Kittler H., « Human–computer collaboration for skin cancer recognition » , *Nature Medicine* | VOL 26 | AUGUST 2020 | 1229–1234
- Udrea et al., « Accuracy of a smartphone application for triage of skin lesions based on machine learning algorithms », *JEADV*, 2019, DOI: 10.1111/jdv.15935

Table des Matières

Remerciements	1
Résumé / Abstract	4
INTRODUCTION	8
SOMMAIRE	10
<u>PARTIE I : De la dermatologie, de la santé publique et du mélanome</u>	12
I. Une brève histoire de la dermatologie et du mélanome	13
I.1. Maladies de peau et Préhistoire de la dermatologie :	
de l'Antiquité au Moyen-Âge	14
I.2. Constitution de la dermatologie en spécialité médicale :	
XVIII ^e et XIX ^e siècles	18
I.3. Du cancer de la peau au mélanome	23
II. Médecine et santé publique	28
II.1. Institutionnalisation de la médecine et de la dermatologie	28
II.2. Institutionnalisation de la Santé Publique et Organisation contemporaine	31
II.3. Mise en système	45
III. Cancers de la peau et mélanomes : un problème de santé publique	49
III.1. Accélération de la recherche	49

III.2.	Épidémiologie : Une pathologie en expansion	50
III.3.	Prévention et Éducation à la santé cutanée	54
III.4.	Recherche moderne sur le mélanome à partir de 1950	66
IV.	Détection du mélanome par un dermatologue humain	74
IV.1.	Détection « agnostique »	74
IV.2.	Modèle ABCD(E) et épistémologie du mélanome	79
IV.3.	Modèle ABCD(E) et sémiologie du mélanome :	
	Signes et jugement sur la malignité	82
IV.4.	Modèles de diagnostic humain	90
IV.5.	Pouvoir explicatif	117
V.	Erreur et sécurité	128
V.1.	Une brève histoire de l'erreur médicale	128
V.2.	Détection de mélanomes et performance	130
V.3.	Erreurs et taxonomie	134
V.4.	Aux origines de la sécurité : l'aéronautique civile	139
V.5.	De l'erreur médicale à la sécurité du patient	141
V.6.	De la sécurité du patient à la « stratégie de détection des mélanomes »	145
V.7.	... à la gouvernance du risque « mélanome »	147
VI.	Mise en système du problème technique à résoudre et Conclusion	151
	<u>PARTIE II. Inventions informatiques et détection de mélanomes</u>	157
I.	Un moment de convergence d'innovations médico-techniques	158
II.	Premiers logiciels d'aide au diagnostic	162

III.	Imagerie médicale numérique et diagnostic assisté par ordinateur	166
III.1.	Imagerie médicale et modélisation	166
III.2.	Recherches sur le diagnostic automatisé de mélanomes	167
III.3.	Performances et Limitations	174
IV.	Du modèle sémiologique au modèle numérique	176
V.	Régimes d'objectivité	178
VI.	Simulation numérique du modèle réel	181
VII.	Imagerie cutanée et diagnostic assisté par ordinateur :	
	invention ou innovation ?	183
VII.1.	Contextualisation	183
VII.2.	Diagnostic assisté par ordinateur : prélude à une innovation ?	184
<u>PARTIE III. Réseaux de neurones et détection de mélanomes</u>		189
I.	Préambule technique sur les réseaux de neurones	190
I.1.	Introduction	190
I.2.	Fonctionnement général d'un réseau de neurone	191
I.3.	Représentation des données	195
II.	Objet d'étude et expériences	198
II.1.	Introduction aux réseaux de neurones de reconnaissance d'images	198
II.2.	International Symposium on Biomedical Imaging Challenge	202
II.3.	État de l'art des expériences universitaires	206
II.4.	Deux expériences universitaires significatives	208
II.5.	De l'invention à l'innovation	214

III.	Discussion des expériences	223
III.1.	Construction et statut d'expériences épistémologiques <i>in silico</i>	223
III.2.	Validation des résultats expérimentaux	233
III.3.	Fonctions et Narration des expériences	247
<u>PARTIE IV. Transformation des modalités de détection du mélanome</u>		251
I.	Transformation des éléments du modèle sémiologique :	
	Objectivité et caractère explicite	253
I.1.	De la lésion réelle observée à sa représentation artefactuelle	253
I.2.	Modalités d'observation	259
I.3.	Quel Sujet ?	261
II.	Modèles et Théorie	264
II.1.	Un Modèle Théorique ?	264
II.2.	Vers une résurgence de l'instrumentalisme ?	270
II.3.	Mise à distance de l'humain	272
III.	Opacité, Interprétabilité, Confiance	274
III.1.	Opacité et intelligibilité	275
III.2.	Interprétabilité vs Explicabilité	278
III.3.	Explicabilité-Interprétabilité : un concept éthique	287
IV.	De la croyance à la confiance	288
IV.1.	De la prétention à la vérité à la confiance	288
IV.2.	Attribut de confiance : valeur épistémique et réputation	289
IV.3.	Relation de confiance et intérêt	291

V.	De la performance à la confiance et Conclusion	293
	<u>PARTIE V. Mises en œuvre possibles et enjeux</u>	295
I.	Retour sur l'implémentation de technologies de rupture dans l'aéronautique civile	296
I.1.	Structuration en macro-système technique	296
I.2.	Nécessaire établissement de la confiance des usagers et du public	298
I.3.	Un moment de convergence d'intérêts	298
I.4.	Un moment de convergence d'innovation techniques et organisationnelles	299
I.5.	Organisations systémiques	303
II.	Propositions d'implémentations	312
II.1.	Collaboration Homme-machine et performance	313
II.2.	Du diagnostic à la décision : implémentation en cabinet médical	315
II.3.	Télémédecine entre professionnels de santé : « Easily » et évolutions	326
II.4.	Pharmabest	334
II.5.	Solutions mobiles de télémédecine à destination du public	335
II.6.	Intégration de cabines de télémédecine intelligentes	341
	<u>CONCLUSION</u>	345
	<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	352