

**FNMR**

Séminaire - juin 2018

**L'intelligence  
artificielle : rêve  
ou cauchemar  
du radiologue ?**



Reproduction interdite, en tout ou en partie, par quel que procédé que ce soit,  
sans l'autorisation écrite de l'éditeur et des auteurs.

ISBN 978-2-9558316-1-8

**L'Intelligence  
Artificielle : rêve  
ou cauchemar  
du radiologue ?**

# SOMMAIRE

## Avant-propos

p 06

## I - OUVERTURE

**Dr. Alain François**

p 08

**Dr. Jean-Philippe Masson**

p 09

Avertissement

p 11

## II - INTERVENTIONS

**Jean-Michel Besnier** : L'efficacité de l'Intelligence Artificielle imposera-t-elle l'hétéronomie de l'humain ?

p 16

**Paul Chang** : L'Intelligence Artificielle dans le monde de la radiologie

p 26

**Luc Soler** : Intelligence Artificielle appliquée à l'imagerie médicale : espoir ou elpis ?

p 44

**David Gruson** : L'éthique dans le développement de l'Intelligence Artificielle

p 54

**Jacques Lucas** : Intelligence Artificielle et médecine :  
les recommandations publiques de l'Ordre

p 66

**Robert Lavayssière** : Comment le radiologue libéral se prépare à l'arrivée  
de l'Intelligence Artificielle ?

p 76

**Jean-François Meder** : Que va changer l'Intelligence Artificielle  
pour la radiologie selon la SFR ?

p 90

**Cédi Koumako** : Comment un interne en radiologie se prépare à l'arrivée  
de l'Intelligence Artificielle ?

p 96

**Laure Soulier** : A qui appartiennent les données radiologiques  
dans la cadre du big data ?

p 104

**Florent Parmentier** : Comment l'Intelligence Artificielle en santé  
est devenue une réalité géopolitique

p 112

**François Blanchardon** : L'Intelligence Artificielle va-t-elle modifier la relation  
patient-médecin-radiologue ?

p 124

Le point de vue des industriels :

<b>Aïssa Khélifa</b> : AGFA	p 134
<b>François Vorms</b> : CANON	p 140
<b>Christophe Lala</b> : GE	p 144
<b>Antonin Marcault</b> : PHILIPS	p 150
<b>Jean-Baptiste Leprince</b> : SIEMENS HEALTHINEERS	p 154

### III - LES ÉCHANGES

Débat avec la salle	p 160
Table ronde	p 176

### IV - UN ÉCOSYSTÈME FRANÇAIS D'I.A.

Un écosystème français d'intelligence artificielle	p 196
Communiqué : G4 juin 2018	p 197

### V - INTERVENANTS

p 198

# Avant-propos

La Fédération Nationale des Médecins Radiologues organise tous les ans, au printemps, un séminaire de réflexion sur un sujet dont le développement pourra modifier l'avenir de la radiologie.

Une première approche de l'Intelligence Artificielle (IA) avait été réalisée dans la revue du Médecin Radiologue d'octobre 2017 publiée au moment des Journées Francophones de Radiologie.

Le bureau de la FNMR a décidé de s'inscrire dans cette démarche et de poursuivre la réflexion lors du séminaire de la FNMR programmé pour le mois de juin 2018 à Lyon.

L'approche de l'intelligence artificielle souhaitée par le bureau a été de sortir des caricatures afin d'appréhender son retentissement sur différents plans : philosophique, éthique, déontologique...

Il a donc été décidé de réunir, pour cette journée de réflexion, des experts de ces différents champs, fortement impliqués dans ce domaine.

L'objet de cet opuscule est de retranscrire les interventions orales des experts et les échanges qui ont eu lieu à cette occasion.

A l'issue de cette journée, le Pr Jean-François Meder et moi-même avons annoncé au nom du Conseil national professionnel de la radiologie le lancement d'un écosystème d'intelligence artificielle français consacré à l'imagerie médicale.

L'intelligence artificielle est un nouveau défi pour les radiologues.

Le séminaire de Lyon n'est qu'une première étape. ■

**Dr Jean-Philippe MASSON,**  
Président de la Fédération Nationale  
des Médecins Radiologues.





**Dr Alain FRANCOIS,**  
Président de l'Union régionale  
Rhône-Alpes des Médecins  
Radiologues.

Bienvenue et surtout un grand merci. Un grand merci à tous nos partenaires qui sont nombreux, à participer à l'organisation du séminaire ce qui nous permet de l'organiser dans des conditions de travail et de convivialité tout à fait satisfaisantes.

Le thème de ce séminaire n'est pas étranger à cette participation massive puisque l'intelligence artificielle intéressera a priori la totalité de la chaîne de l'imagerie depuis la production des données jusqu'à leur transfert, leur stockage, le traitement de ces données et bien entendu tout ce que cela va impliquer en termes de modification de nos pratiques, de nos organisations et des responsabilités respectives. Mais je ne vais pas déflorer plus les différents sujets qui seront abordés aujourd'hui. Je vais donc passer la parole à Jean-Philippe Masson.



**Dr Jean-Philippe MASSON,**  
Président de la Fédération Nationale  
des Médecins Radiologues.

Tout d'abord un grand merci à Alain François et à la région AURA pour l'organisation.

Les séminaires de la FNMR, vous les connaissez. Nous essayons toujours de réfléchir en amont. Nous essayons toujours d'anticiper l'évolution de notre métier. En 2017, nous avons tenu un séminaire sur la pertinence. Il nous a inspiré dans les discussions et la signature du relevé de conclusions avec l'Assurance Maladie.

Toujours en 2017, mais aux Etats-Unis, l'intelligence artificielle a été très présente au RSNA. Il importait que nous lancions la réflexion en France alors que certains oiseaux de mauvais augure expliquent que dans dix ans, il n'y aura plus besoin de radiologues. Nous sommes des radiologues. Nous savons ce qu'est la radiologie et ce que les

patients attendent de nous. C'est pourquoi nous avons lancé cette réflexion qui n'est pas limitée au plan scientifico-technique, mais qui s'ouvre pour explorer une dimension plus philosophique, voire l'implication de l'intelligence artificielle dans la vie de tous les jours sur un plan éthique, sur un plan déontologique - d'où la présence de l'Ordre, sur un plan géopolitique, parce que c'est de l'informatique, donc cela va déborder largement de nos frontières.

Je remercie tous les participants d'avoir accepté de jouer le jeu, notamment Paul Chang qui vient de très loin puisqu'il vient de Chicago.

Bon travail.

## Olivier COLIN, modérateur

Monsieur le Président, merci. je vais aujourd'hui avoir le rôle de gendarme dans la volonté de faire en sorte que nos vingt experts puissent avoir le temps de nous faire partager leur savoir.

Parmi ces experts, le Professeur Paul Chang qui vient de Chicago et qui a répondu positivement à l'invitation du Président de la FNMR. Chicago est la Mecque de la radiologie. Tout le monde connaît son prestigieux rassemblement, le RSNA <sup>1</sup>. Je demanderais à Monsieur Chang de se lever et que vous l'ovationniez, parce que ce n'est pas si courant d'avoir des intervenants qui traversent l'Atlantique pour nous.

L'intelligence artificielle est-elle un rêve ou un cauchemar pour les radiologues ? En réalité, même si nous en parlons beaucoup aujourd'hui, c'est d'abord et surtout un fantasme né dans les années 50 du cerveau humain. Ce fantasme avait l'ambition de chercher à mimer son propre fonctionnement, voire à sublimer le cerveau humain. Depuis quelques années, c'est arrivé. Souvenez-vous il y a vingt ans, un outil d'intelligence artificielle Deep Blue, a réussi à battre le meilleur d'entre nous aux échecs. C'était Garry Kasparov.

Depuis dix ans, l'intelligence artificielle connaît un développement exponentiel. Cette intelligence artificielle, on la voit dans de nombreuses applications. Vous l'avez dans votre téléphone, dans les objets connectés, dans votre voiture. Bien évidemment, la santé en est un des enjeux majeurs.

On s'aperçoit que Watson est devenu l'assistant rêvé de nombreux médecins. Le patient numérique est bien déjà une réalité. La médecine des quatre P - préventive, partagée, participative et surtout prédictive - est rendue possible grâce à l'intelligence artificielle.

Quel est l'impact de cette intelligence artificielle pour votre profession ? Comme le disait le Président tout à l'heure, il y a deux prophéties qui s'opposent. Celle qui consiste à dire que dans dix ans vous ne serez plus là. Mais il y a aussi la possibilité que la radiologie augmentée impose ce qu'est le transhumanisme à l'Homme. C'est peut-être ce que l'intelligence artificielle va transformer dans votre profession pour faire en sorte que votre spécialité soit encore plus incontournable qu'elle ne l'est aujourd'hui. Je préfère partir sur cette deuxième hypothèse. ■



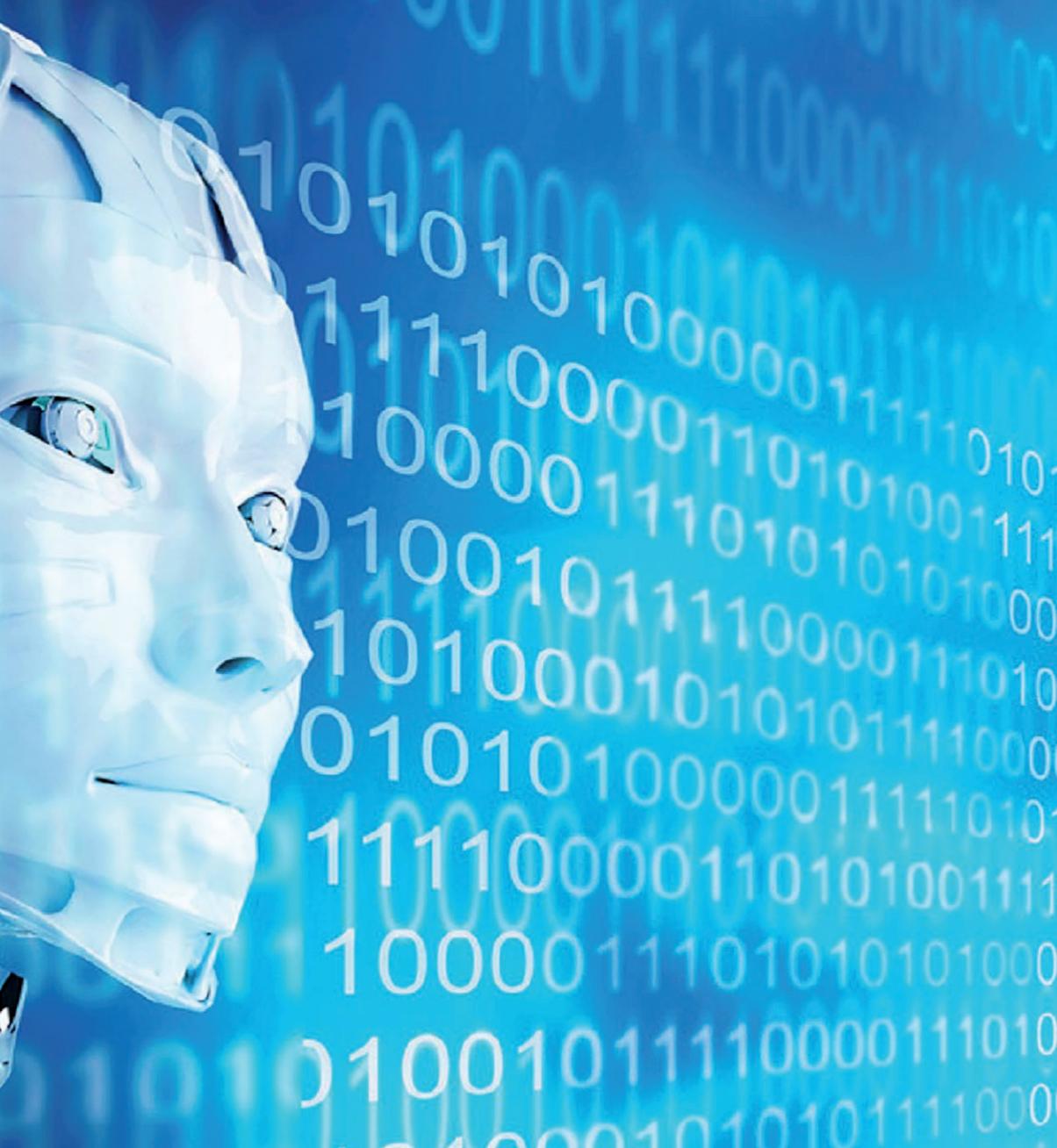
Deep Blue qui a battu Garry Kasparov

<sup>1</sup> Radiological Society of North America

# Avertissement

Les articles qui suivent sont la reproduction des interventions orales des experts qui ont participé au séminaire. Ceci explique le caractère parlé, direct des retranscriptions.





# **II - Interventions**



# L'efficacité de l'Intelligence Artificielle imposera-t-elle l'hétéronomie de l'humain ?

---

**Jean-Michel BESNIER**

Pr. émérite de philosophie - Sorbonne-Université. Responsable du Pôle recherche "Santé connectée, humain augmenté". Institut des sciences de la communication du CNRS



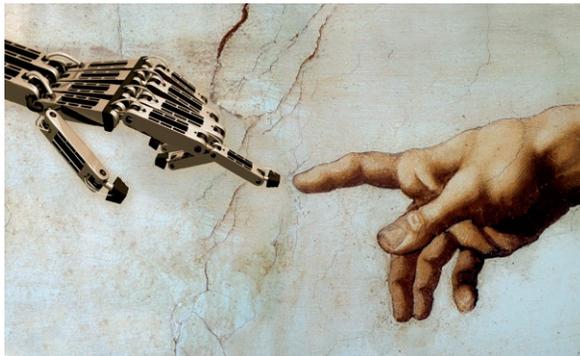
## II - INTERVENTIONS

# L'efficacité de l'Intelligence Artificielle imposera-t-elle l'hétéronomie de l'humain ? \*

**R**ude tâche que d'ouvrir une journée sur une question qui est quand même formulée de manière assez pathétique. L'intelligence

artificielle rêve ou cauchemar du radiologue ? Vous m'aviez proposé dans un premier temps d'intituler mon intervention : « Le pouvoir sera-t-il aux radiologues ou aux robots ? » J'ai -

je l'avoue - reflué devant l'ampleur de la question qui me paraissait appeler une compétence qui n'était pas tout à fait la mienne. Donc, j'ai transformé l'intitulé sans en être tout à fait content : « L'efficacité de l'intelligence artificielle imposera-t-elle l'hétéronomie de l'humain ? » Je me suis rendu compte que le titre était aussi très codé. Je vous demande de le zapper si vous voulez.



Le plus simple est peut-être que je commence par expliquer comment je me trouve à exposer devant un public de radiologues comme le vôtre. Moi qui ne suis pas même médecin, mais disons

professeur de philosophie. Très rapidement dit, je m'intéresse depuis au moins deux décennies aux sciences cognitives et à l'intelligence artificielle, mais d'un point de vue épistémologique. J'appartenais à un

laboratoire de l'École Polytechnique qui s'appelle le Centre de recherche en épistémologie appliquée dans lequel nous abordions l'impact de la cybernétique née à la fin des années 50, qui avait formulé, cette cybernétique, le rêve d'un organisme artificiel. Je m'interrogeais plus précisément sur la façon dont les sciences cognitives et l'intelligence artificielle pouvaient bien jeter un nouveau regard sur les grandes questions

\* Retranscription de l'intervention orale

rencontrées par la philosophie de toujours. C'était évidemment de savoir quelle est au juste la nature de l'intelligence. C'était aussi de me demander dans quelle mesure la vieille question de la relation âme/corps avait encore un sens, essayer de comprendre aussi la dynamique des émotions individuelles et collectives. Par exemple, l'émergence des conventions dans les sociétés.



C'était des questions extrêmement diverses, mais ce questionnement m'a progressivement conduit à m'intéresser à ce qu'Olivier Colin vient de mentionner, à savoir le transhumanisme. Ce transhumanisme qui, vous le savez, prétend que les sciences cognitives et l'intelligence artificielle associées aux neurosciences, associées également aux nanotechnologies, aux sciences de l'information et aux biotechnologies, cet ensemble qu'on appelle maintenant NBIC <sup>1</sup> pourrait réaliser toutes les aspirations du genre humain. C'est la proposition majeure des transhumanistes, surtout issus de la Silicon Valley. Ces quatre disciplines en convergeant sont en train de préparer finalement une situation dans laquelle toutes les aspirations de l'espèce humaine pourraient être réalisées. Je ne vais pas rentrer dans le détail. Ce serait trop long. C'est presque de l'ordre du risible. La proposition, la promesse majeure qui est faite, est tout simplement de tuer la mort selon le slogan que Calico, la société créée par Google, a accepté comme sa devise.

Quand on veut vraiment avoir une perception de première main de ce qu'est ce transhumanisme, il faut aller lire le rapport remis au gouvernement américain en 2003, sous le titre : « Convergences technologiques pour l'augmentation des performances humaines. » C'est un rapport que l'on trouve sur le web, qui fait 400 pages et qui commence par ces mots *Nous sommes à la veille d'une nouvelle Renaissance*. Soit dit en passant, l'un des rédacteurs de ce rapport qui condense à peu près toutes les promesses émises par chacune des disciplines des NBIC, l'un des auteurs est un historien des religions.

Je me suis imposé d'examiner d'aussi près que possible la crédibilité à accorder à ses prophéties transhumanistes. Par exemple, à ce fameux Mind uploading, le téléchargement du contenu du cerveau sur des puces de silicium ou sur d'autres matériaux inaltérables et éventuellement, dans le cyberspace. Je m'y suis intéressé parce que c'est l'une des recettes de l'immortalité pour la plupart des transhumanistes. Je me suis aussi évidemment intéressé aux

<sup>1</sup> Nanotechnologies, biotechnologies, informatique et sciences cognitives

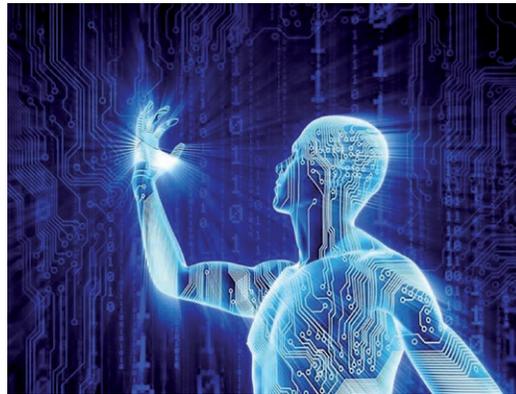
perspectives ouvertes par les IPS, les cellules pluripotentes induites parce qu'elles sont la promesse d'une régénération continue des organes, mais éventuellement aussi l'un des facteurs de cette immortalité qui est proposée. Je m'intéresse en ce moment comme beaucoup, à l'utilisation de CRISPR-Cas9, ce fameux ciseau moléculaire qui permettra de faire du copier-coller avec le génome. Tout cela m'a paru très vite digne d'intéresser en tout cas le philosophe. Ma démarche néanmoins, n'est pas très éloignée de celle du sociologue parce que je m'interroge moins - à vrai dire - sur la faisabilité de toutes ses promesses. Je ne m'oppose pas aux futurologues qui interrogent réellement la faisabilité de ces technologies. Je m'intéresse davantage aux raisons du succès des annonces transhumanistes

dans un public élargi. J'ai vu en une bonne dizaine d'années, l'ampleur que prend le thème aujourd'hui dans les médias et dans l'esprit des gens.

Je constate que le cheval de Troie du transhumanisme, c'est vraiment la santé. Le transhumanisme entre dans les esprits de nos contemporains par la porte de la question de la santé et donc d'une certaine manière, il vous met au premier plan.

La médecine est prise en otage par les techno-prophètes qui paradoxalement en même temps, lui annoncent qu'elle va disparaître. Vous évoquiez Laurent Alexandre. Laurent Alexandre est l'un de mes interlocuteurs réguliers. Nous avons commis tous les deux un livre de discussion qui est un livre de disputes intitulé *Les robots font-ils l'amour ?*. C'est dans cet ouvrage que nous en décousons le plus bruyamment.

En tout cas, j'ai dû quand même me rendre compte que face aux miroirs aux alouettes



d'une médecine connectée qui serait donc prédictive, qui serait donc personnalisée, face à ce miroir aux alouettes, les menaces brandies d'une technologie qui nous déposerait des initiatives et qui nous déshumaniserait, ces menaces ne tiennent pas. Au

fond, je me rends compte que finalement, lorsque l'on dit aux gens : « Vous savez avec les bracelets électroniques, avec les biocapteurs, avec tous ces éléments qui vont vous rendre évidemment complètement hypocondriaque parce que vous allez vous auto surveiller en permanence, mais avec tout cela, vous allez gagner 30 ans, 50 ans, 100 ans de longévité, etc. », ils sont prêts à tout donner pour cela. Du point de vue de la réflexion philosophique,

c'est très difficile. On court largement derrière ces techno-prophètes.

Pourtant, les annonces sont là. Vous avez peut-être vu le rapport de l'OCDE <sup>2</sup> du début de l'année qui nous révèle que seules 13 % des activités sont susceptibles de résister à l'intelligence artificielle. C'est-à-dire 87 % de nos activités sont automatisables et par conséquent, pourront être confiées plus efficacement à des machines. Vous connaissez peut-être le rapport de la CNIL <sup>3</sup> qui est paru également il y a deux ou trois mois, intitulé : « *Jusqu'où allons-nous perdre les commandes ?* » Cette vénérable commission fait également dans l'alarmisme d'une certaine manière. Vous vous souvenez peut-être de cet appel qu'avait signé Stéphane Hawking, qui avait été signé aussi par Bill Gates, par Elon Musk et par tout ce que le monde de l'intelligence artificielle compte d'important. Cet appel était intitulé : « *L'intelligence artificielle va peut-être tuer l'espèce humaine.* » Donc, vraiment quelque chose de dramatique. Nous sommes devant une espèce de paradoxe. La technique devait contribuer à faire triompher l'autonomie humaine et elle se présente de plus en plus comme ce qui va nous assujettir. Voilà, le paradoxe. D'où le titre de mon exposé.

Pour quelqu'un qui pratique la philosophie, Descartes ou Condorcet considéraient déjà la médecine comme le terrain où l'espèce trouverait son émancipation. Descartes disait *La médecine doit pouvoir nous permettre à court terme de vivre 100*

*ans.* C'était son objectif. Condorcet, en 1793, allait même beaucoup plus loin. Il disait *Au fond, il n'y a pas lieu de se dérober devant l'idée que peut-être nous allons pouvoir devenir immortels avec les sciences et les techniques.* Aujourd'hui, on nous annonce quelque chose de semblable, mais en nous révélant que nous avons peut-être les moyens technologiques de le réaliser et en ajoutant qu'au fond, le futur se fera sans doute sans nous et que la fraction de l'humanité qui bénéficiera des technologies d'augmentation aura finalement dû sans doute renoncer à être humaine. Elle sera post-humaine. Elle aura fusionné avec les machines, avec ces machines qu'elle aura fabriquées, évidemment. Elle recourra à ces objets connectés que le marché lui donnera de plus en plus à consommer. L'une des dernières annonces sur ce terrain-là, c'est celle d'Elon Musk qui a créé cette société intitulée Neuralink, qui vise à développer ces objets connectés.

On assiste à une espèce de mutation anthropologique que les technologies NBIC préparent et qui, parfois, suscite des interrogations bien légitimes. Je peux énumérer les quelques grandes questions éthiques qui sont reprises en fin de matinée, sans doute : est-ce que l'organisme n'est qu'un assemblage d'organes qu'il faut entretenir réparer, changer, transformer et augmenter ? Est-ce que nous ne sommes que des containers à gènes qu'il faut exploiter au mieux ou optimiser avec les moyens de la génomique ? Est-ce que nous ne sommes pas autre chose que des supports de don-

<sup>2</sup> Organisation de Coopération et Développement Economiques.

<sup>3</sup> Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés.

nées qu'il faut collecter et corrélés aux fins d'ajuster des offres de consommation destinées évidemment à satisfaire des idéaux de bien-être ? Bien-être auquel la santé est associée puisqu'elle en est même la définition. La notion de dignité humaine a-t-elle encore un sens quand on s'obstine à traiter le patient numérique comme un système de métabolisme susceptible d'être technologiquement pérennisé ? Ne sommes-nous donc que des êtres de signaux semblables aux animaux et aux machines et non plus des êtres de paroles et de signes, capables de dialoguer ? Vous voyez, ce sont les grandes questions. Peut-être des questions de baccalauréat philosophique, mais ce sont des questions qui demeurent par-delà les temps.

Ces questions et bien d'autres composent l'argumentaire critique dirigé contre la confiance aveugle mise par certains dans les algorithmes de l'intelligence artificielle. L'intelligence artificielle aujourd'hui, c'est le nom générique donné à une espèce de désymbolisation de l'humain. L'humain rendu à ces mécanismes élémentaires, si vous voulez. L'humain simplifié qui paraît accompagner sa soumission aux machines de toutes sortes. L'intelligence artificielle est donc présentée comme inéluctable. Elle constitue comme la quatrième blessure narcissique de l'humanité. Freud disait *L'humanité a traversé dans son histoire, trois grandes blessures narcissiques. Elle se croyait le centre du monde. Galilée lui a dit qu'elle n'habitait qu'une petite planète complètement insignifiante. Elle se croyait issue de Dieu. Darwin lui a*

*appris qu'elle avait beaucoup plus de parenté avec les singes. Nous croyons être parfaitement conscients, responsables, rationnels et Freud nous a expliqué que l'inconscient était plus important en nous que la conscience, troisième coup. Le quatrième coup, c'est effectivement le constat que les machines que nous avons créées nous dament le pion aujourd'hui et vont bientôt nous reléguer parmi les chimpanzés du futur. Tout cela est évidemment extrêmement dramatique.*

Alors puis-je maintenant m'aventurer à parler devant des médecins, devant vous avec quelque pertinence ? Je pense que je ne m'adresse pas à des médecins qui ont déjà encaissé cette blessure narcissique. Le médecin généraliste sans doute, dont la pratique était essentiellement faite d'auscultations, de relations cliniques et de dialogues avec son patient, ce médecin-là sait qu'il est d'emblée déjà très largement débordé. D'une certaine façon, vous êtes pour quelque chose dans sa disparition - pardonnez-moi - parce que l'imagerie que vous produisez et que vous exploitez constitue un progrès qui a bousculé considérablement la relation clinique qui était fondée essentiellement sur l'entretien dialogué. L'évidence supposée du « voir » met au second plan l'« écouter de la souffrance », la formulation même des mots du malheur, comme dit une de mes collègues, Odile Marcel.

On pourrait dire aussi que les prescriptions à l'acte, la restriction du temps de consultation, etc. ont accru le sentiment du

patient qu'il n'est pas intéressant et qu'il ne mérite plus l'attention du médecin, sinon par résultats d'analyses et IRM interposées. Je dis cela peut-être de manière un petit peu provocante, mais cette disparition de la médecine de famille traditionnelle est vécue dans le quotidien des gens qui déplorent souvent de n'être pas considérés autrement que comme une image et une image finalement décodée ou déconnectée de la parole.

Vous le savez bien vous radiologues. Vous êtes au cœur de l'ambivalence qui caractérise le devenir de la médecine dite connectée. Vous êtes perçus comme à la croisée de la médecine et de l'ingénierie du traitement du signal. Vos promesses sont notoires. La captation d'images 3D avec la tomographie de synthèse, la fusion de l'image avec la virtualisation dynamique de l'échographie, les moyens que vous possédez de réaliser de la téléimagerie, tout cela fait de vous vraiment - ne le prenez pas mal - le repaire des technologies du virtuel. Votre distance physique avec le patient apparaît comme fonctionnellement inévitable. Du point de vue que l'on vous prêle, la relation dialoguée avec lui n'est pas nécessaire. Elle ne saurait influencer sur l'observation destinée au diagnostic. Les gens ont encore de la peine à reconnaître que l'imagerie est une ressource, autant pour le diagnostic que pour le processus thérapeutique lui-même, pour évaluer par exemple l'efficacité du traitement antitumoral au niveau cellulaire. La radiologie est perçue comme une spécialité abstraite, alors même qu'elle concerne l'image qui

pourrait être le plus concret. C'est cela le paradoxe. Vous faites partie, que vous le vouliez ou non, des activités réputées automatisables comme en parlent le rapport de l'OCDE que j'évoquais à l'instant.

Si l'on dit que votre spécialité est particulièrement menacée par l'intelligence artificielle - ce que dit Laurent Alexandre, vous êtes la première discipline qui va normalement être balayée, l'urologie est déjà balayée, je crois -, c'est peut-être aussi parce que vous paraissez échapper aux exigences du sens commun. Je le dis de cette manière-là parce que Cédric Villani, qui a remis un rapport sur l'intelligence artificielle récemment, disait presque de manière anecdotique que la machine resterait incapable de gérer les situations qui requièrent des solutions de sens com-



mun. Il faut sans doute entendre par cette expression de sens commun, ce qui relève de l'intuition, de l'inventivité spontanée, de l'opinion, de l'informel, etc. Pour un médecin généraliste, le sens commun est sans doute ce qui relève du ressenti subjectif du patient, de la plainte, du psychique, etc.

Le radiologue s'il n'est pas confronté à ce sens commun, risque en effet d'être avalé par l'intelligence artificielle qui n'a besoin que de modélisation pour simuler, de scanners pour extraire des informations de plus en plus précises, de données de plus en plus nombreuses pour apprendre et pour prévoir, etc. La vulnérabilité fonctionnelle du radiologue tiendrait donc au fait que ces instruments écartent l'informel et qu'en même temps, ces instruments peuvent de plus en plus relever de l'IA pour donner leur pleine mesure. C'est l'IA qui reconnaîtra les formes les plus subtiles. C'est l'IA qui va réduire les mauvaises interprétations, les faux positifs ou les faux négatifs. C'est l'IA qui va guider la robotique chirurgicale en décodant et en construisant les images. Au fond, l'absence de l'humain serait le talon d'Achille de la radiologie, car c'est l'humain qui empêche encore la machine d'être toute puissante.

Le contexte est vaste. Quand on institue la médecine comme science de la mesure, ce qu'elle devient de plus en plus, et quand on l'institue comme technologie algorithmique, cela fait déjà des décennies que l'on dit que le vivant est avant tout de l'algorithme, on s'expose à ce qu'elle déshumanise l'humain. Ce qui ne signifie pas

qu'elle soit moins capable de le réparer ou de prolonger son existence, au contraire. Si la radiologie se reconnaît entièrement dans cette option d'une médecine du *quantified*, comme on dit souvent, il n'est pas étonnant qu'elle soit la toute première menacée par l'invention d'instruments de mesure de plus en plus sophistiqués. On peut même aller plus loin et faire une incursion quasi métaphysique, mettre les choses un petit peu en perspective culturelle pour justifier des inquiétudes qui ne sont pas corporatistes, mais qui sont de l'ordre de l'humanisme d'une médecine confrontée au pouvoir des machines. L'imaginaire de la dématérialisation de toute chose est profondément ancré dans les cultures humaines.

Toutes les grandes traditions mettent l'accent là-dessus. C'était autrefois les traditions orphiques, les traditions gnostiques, les traditions chrétiennes, les traditions bouddhistes. Toutes ces traditions associent la réalisation de l'humain avec sa décorporalisation. Cet imaginaire est conforté aujourd'hui par les technologies du virtuel qui permettent par exemple la simulation d'un cerveau ou le fonctionnement d'un organe de sorte que le patient numérique qui bénéficie de ces technologies se trouve engagé dans la démarche déshumanisante que le transhumanisme assume comme la seule issue de l'humanité. Pour les transhumanistes, c'est en gros cela. C'est la fusion avec les machines et la dématérialisation qui vont nous permettre de nous sauver, si on peut parler en terme de salut au sens religieux du terme.

Cette dernière remarque qui est évidemment trop suggestive et pas assez argumentée a un but. C'est de se demander si la résistance aux prophéties transhumanistes ne passera pas par une réconciliation avec l'humain, avec la chair de l'humain et si la médecine en général n'a pas un rôle à jouer dans cette réconciliation en objectant ce qui est dans l'humain irréductible au calcul. Il sera peut-être nécessaire à la médecine de faire front - la médecine en général - contre la prétention à l'hégémonie qui est



le propre d'une médecine connectée. Il ne s'agit évidemment pas de nier les bénéfices de l'intelligence artificielle, mais de refuser qu'elle désymbolise le patient, comme elle le fait quand elle le traite uniquement sur les plans de ses gènes, de ses organes, de ses métabolismes.

J'en viendrai donc à ma conclusion. La médecine radiologique peut-elle imaginer pactiser avec l'intelligence artificielle sans lui remettre les commandes et pour cela, en préservant dans l'approche du patient, une dimension relationnelle ou symbolique ? L'idée que cette intelligence artificielle qui fait plus que nous menacer puisqu'elle est annoncée pour 2045 comme opérant une

rupture radicale qui nous dépossédera absolument de toute initiative. En 2045, votre intelligence biologique n'aura plus de sens. Elle sera débordée. La solution que des Elon Musk ou des Laurent Alexandre mettent en avant, c'est de dire qu'il faut

essayer de prendre le train en marche, d'apprendre l'intelligence artificielle, de se mettre à l'informatique et à la mathématique requise par l'intelligence artificielle pour essayer de ne pas être complètement largué en 2045 lorsque l'essentiel de

l'humanité aura déjà été sur le bas-côté. Cette idée-là n'est pas complètement absurde. C'est cela que j'appelle pactiser avec l'intelligence artificielle, mais est-ce que cela veut dire pour autant lui remettre les commandes et se défausser par rapport à ce qui est proprement humain ? Je crois que c'est la question que peut sereinement poser l'intitulé de votre journée : « L'intelligence artificielle, rêve ou cauchemar du radiologue ? » Je vous remercie. ■



# L'Intelligence Artificielle dans le monde de la radiologie

**Paul CHANG**

Pr. de radiologie  
Université Chicago



# L'Intelligence Artificielle dans le monde de la radiologie \*

**J**e souhaite, tout d'abord, remercier les organisateurs de m'avoir invité. Je vous demande de m'excuser pour cette transition quelque peu abrupte du sublime au pragmatique : il est difficile, en effet, de passer d'une perspective philosophique à une vision très concrète des choses.

Pour introduire mes remarques, je vais tout d'abord vous expliquer le contexte de mon intervention, qui se situe à une échelle beaucoup plus concrète. Je pense que les fausses idées et les craintes qui entourent l'Intelligence Artificielle résultent d'une mauvaise compréhension de ce qui définit, actuellement, l'Intelligence Artificielle et ses capacités, par rapport à ce qu'une majorité d'entre nous considère comme leur utilité. Nous avons tendance à confondre ces deux étapes. Je pense que certaines questions qui ont été soulevées sont tout à fait légitimes et méritent une réponse maintenant. Mais, les capacités de l'Intelligence Artificielle n'en sont qu'à leurs balbutiements. Je suis persuadé qu'une partie de la question, en ce qui concerne les craintes et les incertitudes relatives à

l'application de l'IA, est liée au futur de l'IA plutôt qu'à ses possibilités actuelles.

Nous vivons une époque très intéressante, où, à mon avis, notre déshumanisation, en matière de radiologie, n'a - du moins en partie - rien à voir avec l'IA, mais plutôt avec le fait que, en tant qu'organismes relativement primaires, nous ne possédons pas tous les outils nécessaires pour la gestion des systèmes d'information très rudimentaires dont nous disposons actuellement. En voyageant à travers le monde, j'observe un peu partout que les radiologues se limitent à maintenir le statu quo. La charge de travail a nettement augmenté et notre capacité de fournir, à nos patients, une interprétation de qualité et toute l'attention raisonnablement requise se heurte à la complexité des données dont nous disposons. Je crois que nous avons besoin d'aide.

Dans quelques instants, je vais parler d'une période beaucoup plus courte, à savoir les dix prochaines années, ce qui est toujours difficile à prévoir. Je vais essayer, toutefois, de baser mes prévisions relatives à l'IA sur des données empiriques. Mon intervention est une introduction pratique à l'IA. Quand

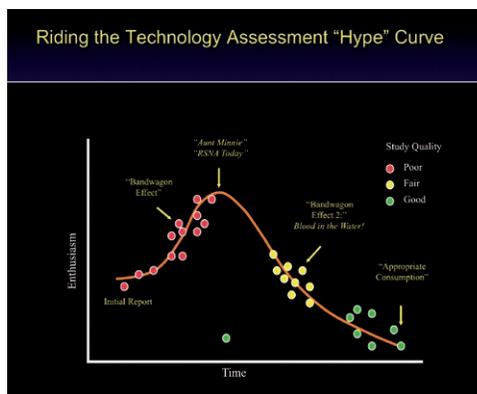
\* *Retranscription de l'intervention orale*

je parle à des médecins, je m'aperçois que beaucoup d'entre nous ne comprennent pas vraiment ce qu'est l'IA, en partie parce que ce terme est trompeur. C'est un terme quelque peu galvaudé, qui donne lieu à toutes sortes de fausses idées. Je souhaite, donc, fournir quelques informations générales sur l'état actuel de l'Intelligence Artificielle, et notamment du *deep learning*, qui constitue, aujourd'hui, l'application dominante, la plus attractive, de l'Intelligence Artificielle, notamment dans le domaine de la radiologie. Je vais démythifier quelques idées reçues en vous expliquant ce qu'est, en réalité, l'Intelligence Artificielle et, s'il me reste du temps, je vais parler des contraintes pratiques et des défis liés à l'adoption de cette technologie.

En matière d'IA, il y a deux types de radiologues. D'un côté, il y a ceux qui disent, en gros, il nous faut absolument quelque chose de nouveau, parce qu'actuellement nous arrivons à peine à faire notre travail de base et nous n'arrivons pas à répondre aux demandes des cliniciens et des patients. Je crois que j'appartenais probablement à cette catégorie et que ce que nous faisons à l'heure actuelle est insuffisant et nous ne pourrions pas tenir le cap comme cela pendant longtemps. La deuxième catégorie de radiolo-

gues craint, en quelque sorte, que cette technologie nous remplace complètement. En effet, une grande partie de mes jeunes internes craignent de ne pas trouver de travail après leur internat. Je pense que tout cela est exagéré et je souhaite éclaircir ce que représente l'IA aujourd'hui, sans trop m'étendre sur le futur. La réalité actuelle est moins préoccupante et je crois que l'IA peut nous aider à mieux prendre soin de nos patients.

La première chose que je veux dire c'est qu'il n'y a rien de nouveau dans tout cela. Nous avons tendance, dans le domaine de la radiologie, et de la médecine en général, à nous emballer très vite au sujet de technologies potentiellement révolutionnaires. J'ai entendu les mêmes prédictions au sujet



des PACS <sup>1</sup>, parce que je suis suffisamment vieux pour m'en souvenir et que ma recherche initiale portait sur la gestion des images numériques. On disait déjà, à l'époque, que les PACS allaient déshumaniser la radiologie, etc. Et, d'un certain point de vue, nous avons raison, mais nous avons appris à exploiter cette technologie de manière adéquate. Nous avons également entendu des remarques similaires à propos de la reconnaissance vocale, de

<sup>1</sup> Picture Archiving and Communication System/Systèmes d'archivage et de transmission d'images

l'information structurée, des big data. Il n'y a rien de nouveau et, comme je le disais, en radiologie nous avons tendance à nous emballer très vite.

La vérité, c'est que cela prend bien plus longtemps, beaucoup plus longtemps que nous puissions et que les prophètes de malheur puissent l'imaginer. Il faut beaucoup plus de temps pour exploiter entièrement une nouvelle technologie. En réalité, le plus souvent, nous attendons longtemps avant d'adopter de nouvelles technologies. Je pense qu'il en sera de même pour l'IA, et que, quand nous aurons appris à bien utiliser cette technologie, nous serons déjà en retard. Je prévois que, quand nous saurons utiliser correctement l'IA et qu'elle nous sera utile, la plupart de nos jeunes radiologues penseront qu'il était grand temps. À cette époque-là, l'IA sera présente dans tous les domaines de notre existence, en dehors de la radiologie, dans le monde réel. Pour le moment, nous voyons l'intelligence et Alexa ou Siri, nous voyons les voitures sans conducteur. Je prévois que, quand nous aurons appris à nous servir correctement de l'IA, celle-ci sera accueillie avec soulagement et ne sera plus considérée comme une menace. En général, nous mettons beaucoup de temps avant d'adopter une nouvelle technologie, ce qui est rassurant pour certaines personnes. Tout le monde semble persuadé que nous serons les premiers à être affectés par l'IA. Quant à moi, je fais le pari que cela se passera différemment que par le passé, que nous nous alarmons trop vite, et qu'il faudra beaucoup plus de

temps pour pouvoir exploiter pleinement cette technologie.

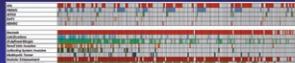
Cette exagération est problématique, car nous avons tendance à nous emballer trop vite, alors qu'il faut beaucoup plus de temps pour exploiter de manière adéquate la technologie. Cela nous laisse encore beaucoup de temps pour nous faire du mauvais sang et c'est ce qui se passe actuellement. Quant à moi, je dis qu'il faut arrêter de s'inquiéter concernant les potentiels impacts négatifs de cette technologie et, comme l'a dit le précédent intervenant, qu'il faut peut-être commencer à réfléchir à la meilleure manière de l'exploiter pour optimiser la relation homme-machine grâce à cette technologie numérique. Nous l'avons toujours fait, depuis que la radiologie existe.

Cela ne m'intéresse pas que vous considériez l'IA comme une aubaine ou bien comme une menace pour l'humanité et pour les radiologues en particulier. Je veux dire seulement : oubliez l'IA, nous avons

**Data Mining ("Big Data") Example:**  
**"Radiogenomics / radiomics"**

- Identify imaging characteristics that predict a specific tumor genomic or molecular profile
- Usually requires human investigator to define "feature characteristics" (model) *a priori*
- Leverages "familiar" statistical methods
- Goal: to gain insight / knowledge / "truth"

Clear Cell Renal Cell Carcinoma Mutations and Observed CT Phenotypic Characteristics



- Well-defined tumor margins were significantly more common among clear cell RCCs with loss of *VHL* function.
- Nodular heterogeneous enhancement with intratumoral vasculature correlated with *VHL* mutation
- *BAP1* and *KDM5C* mutations were associated with renal vein invasion

Kiavo, C., et al., *Radiology* 270:2, 2014

besoin de l'aide que peut nous procurer n'importe quelle forme de technologie numérique. Que ce soit l'IA ou autre chose, je ne sais pas, mais ce que nous faisons actuellement est à peine suffisant. Voici mon point de vue. Les attentes de nos collègues cliniciens et la complexité de l'imagerie médicale sont telles que ce que nous faisons actuellement est à peine suffisant et sera bientôt insuffisant. Je dirais que c'est là le vrai risque. Ce n'est pas l'IA, mais le fait que nous, en tant que radiologues, en utilisant les outils informatiques dont nous disposons actuellement, nous ne pourrions bientôt plus fournir des services adéquats aux cliniciens et aux patients. Voilà, pour moi, le véritable danger. Alors, au lieu de proclamer que l'IA est une terrible menace, nous devrions l'examiner attentivement pour voir si elle peut nous aider à relever le véritable défi, qui consiste à fournir à nos patients un service rapide et de qualité. Actuellement nous sommes coincés entre l'enclume et le marteau. En parlant avec vous, hier soir, je me suis aperçu que nous faisons tous face au même défi, à savoir que l'on nous demande de fournir des prestations de plus grande qualité, des interprétations plus complexes et à un moindre coût. Ce qui est très difficile. Je crois fermement à l'arbitrage intellectuel et je suis persuadé que, dans le domaine de la médecine, nous avons, généralement, dix ans de retard en ce qui concerne la bonne utilisation de l'informatique, et notamment de l'IA. Les autres secteurs ont tendance à utiliser la technologie informatique pour chercher à obtenir une meilleure qualité ou de meilleurs résultats, tout en réduisant

leurs coûts. Nous devrions apprendre à en faire de même.

Comme je l'ai dit, les défis sont de plus en plus complexes tout comme le volume des données à traiter. Notre volonté de passer d'une interprétation purement morphologique à une imagerie physiologique et quantitative s'accroît. L'idée d'une caractérisation générique des phénotypes n'est plus adéquate, nos collègues cliniciens veulent des informations plus précises. C'est le rôle de l'analyse radiomique et de la radio-génomique. Ce n'est plus que de la théorie, mes cliniciens maintenant demandent ce genre d'analyses, qui sont presque impossibles à réaliser manuellement : je n'ai tout simplement pas le temps. J'ai à peine le temps d'effectuer des mesures de la résistance, mais ce n'est plus suffisant. J'ai besoin de courbes d'activité, de données de perfusion, de données quantitatives plus optimisées que celles que je peux obtenir manuellement. Nous allons avoir besoin d'aide, au moins à court terme, et c'est là, je crois, que l'IA peut représenter une aubaine plutôt qu'une menace, si elle est utilisée de manière appropriée.

Nous ne nous limitons pas à lancer une bouteille à la mer. Je pense qu'autrefois, avant les PACS, nous étions beaucoup plus engagés vis-à-vis de nos patients et de nos collègues cliniciens. Nous étions moins performants, car nous devions nous rendre en salle de lecture pour regarder les clichés, mais, au moins avions l'occasion de collaborer avec nos collègues cliniciens

plusieurs fois par jour. Maintenant, nous sommes seuls dans nos salles de lecture et nos comptes rendus sont comme des messages dans une bouteille que nous jetons à la mer en espérant qu'ils seront bien utilisés. Alors, certains se demandent pourquoi nous sommes isolés et d'autres pourquoi nous sommes si enclins à être remplacés par des machines, puisque, d'une certaine façon, nous agissons déjà comme des machines. Je ne pense pas que le problème soit représenté par les IA ; je pense que le problème c'est que nous nous sommes perdus en chemin, en tant que radiologues. Nous étions des médecins et maintenant les patients et les collègues ne nous voient même pas, ils ne nous connaissent que par les messages lancés dans la bouteille. Nous devons sortir de l'isolement et revenir au passé, tout en utilisant les nouvelles technologies. Par le passé, notre façon de travailler était plus humaine et plus collaborative,

mais trop peu efficace. La question qui se pose est la suivante : pouvons-nous exploiter ces nouvelles technologies pour revenir au passé et redevenir plus humains et collaboratifs ? Je pense que nous pouvons atteindre un juste équilibre homme-machine, non pas pour ressembler davantage aux machines, mais pour

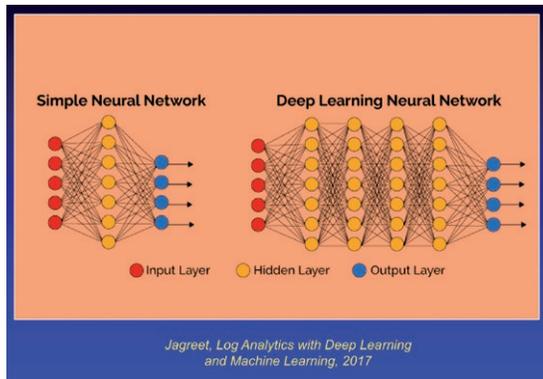
être plus humains, comme nous l'étions par le passé. La plupart d'entre vous sont trop jeunes pour se souvenir de l'époque où il n'y avait pas de PACS, lorsque nous communiquions avec des cliniciens au lieu d'être tout seuls dans nos salles de lecture à lancer des messages dans des bouteilles. Nous devons également être plus efficaces et plus rentables et je pense que des technologies avancées seront très importantes à cet effet.

Malheureusement, toutefois, les technologies que nous utilisons actuellement ne sont pas matures. Elles ont dix ans de retard par rapport à d'autres secteurs et nous permettent seulement d'offrir un service

ordinaire. Et c'est justement la raison pour laquelle nous arrivons à peine à maintenir le statu quo. Je suis persuadé que des outils informatiques avancés, y compris l'IA et d'autres approches basées sur les big data, ne contribueront pas à notre ultérieure

déshumanisation, mais, bien au contraire, nous aideront à devenir plus humains, plus collaboratifs.

La deuxième fausse idée est que l'IA est un phénomène nouveau et quelque peu inquiétant. À mon avis, c'est parce que nous ne savons pas expliquer exactement

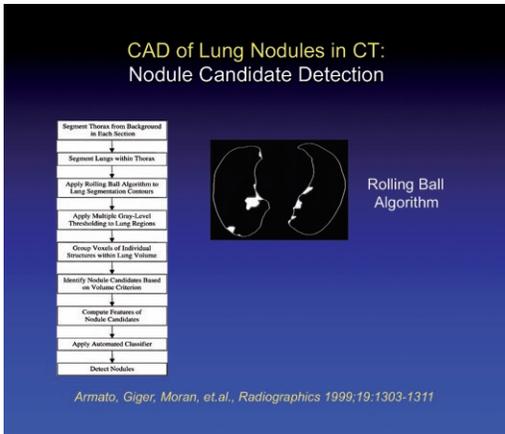


en quoi consiste l'Intelligence Artificielle. En fait, beaucoup d'entre nous ont intérêt à présenter l'IA comme quelque chose d'effrayant. Cela crée une sorte d'asymétrie, un rapport de force en termes de connaissance, une répartition inégale. Si je connais l'IA, je peux vous traiter de haut : je suis convaincu que la vraie menace liée à l'IA est représentée non pas par l'IA elle-même, mais par ceux qui la contrôlent et par leur but. Ceux « qui l'ont » contre ceux « qui ne l'ont pas » : voici la réelle menace et non pas l'IA par elle-même. L'IA est comme les autres outils et je vais vous expliquer en quelques minutes qu'elle n'est pas aussi mystérieuse qu'elle le paraît. Toutefois, comme je le disais, aujourd'hui beaucoup de gens ont intérêt à faire croire que l'IA est dangereuse, anthropomorphe, inquiétante et mystérieuse, et qu'elle imite les humains et les systèmes biologiques. Elle réalité, elle ressemble davantage aux statistiques.

L'IA appartient au domaine de l'informatique et, plus précisément, de la science des données [data science], selon laquelle l'informatique est exploitée pour traiter et extraire des informations et des connaissances utiles à partir des données. L'Intelligence Artificielle rentre dans ce domaine. Personnellement, comme beaucoup d'autres personnes qui travaillent dans ce domaine, je déteste ce terme, à cause de sa connotation inquiétante, de cette composante anthropomorphe, qui n'est pas utile. Nous sommes nombreux à ne pas aimer ce terme et, personnellement, j'essaie de l'éviter. Je préfère une définition plus pragmatique et plus utile, comme

« apprentissage automatique ». C'est un changement de paradigme fondamental. Cela n'a rien de nouveau, cela existe depuis des dizaines d'années, notamment en radiologie. Par exemple, le DAO, diagnostic assisté par ordinateur, est un exemple parfait d'apprentissage automatique. Je ne sais pas si vous pratiquez le DAO pour l'interprétation des mammographies ou la détection des nodules pulmonaires. Le DAO est bien connu et bien établi dans le domaine de la radiologie. C'est un exemple d'Intelligence Artificielle et d'apprentissage automatique, mais nous ne nous sommes pas sentis menacés par le DAO, il y a trente ans, quand nous avons commencé à l'utiliser.

Je vais essayer d'expliquer la différence entre l'apprentissage automatique et le *deep learning*, qui suscite tant de craintes aujourd'hui. Le changement de paradigme essentiel consiste en ce que, au lieu d'avoir un programmeur qui crée un algorithme pour déterminer une action, ce sont les données qui guident le programme. Voilà la différence essentielle : l'apprentissage automatique pour l'IA est guidé par les données, de manière contextuelle, au lieu d'être guidé a priori par un algorithme. Aujourd'hui, nous avons, à l'intérieur de l'apprentissage automatique, le *deep learning*, qui utilise les réseaux neuronaux, ou *deep learning*, pour chercher à obtenir des modèles similaires, sans un modèle a priori. Voilà la seule différence entre le *deep learning* pour l'IA et l'apprentissage automatique, que nous pratiquons depuis des dizaines d'années.



mais plutôt le fait que nous pouvons maintenant les utiliser de manière pratique et rentable, grâce à l'accélération graphique.

Comme je l'ai déjà mentionné, la différence entre l'apprentissage automatique, l'Intelligence Artificielle et la programmation traditionnelle est le fait d'avoir, au lieu d'un algorithme à priori, selon lequel fonctionnent les PACS - avec un modèle informatique auquel sont intégrées les données, comme DICOM ou HL7 - des données qui guident le développement de l'algorithme. Il est plus facile d'expliquer cela par des images. J'utilise un vieux modèle algorithmique pour classer mes photos, avec des dossiers, qui indiquent l'année, le mois, peut-être mon voyage à Paris, et j'y insère mes photos. C'est un exemple du paradigme de fonctionnement traditionnel et un modèle d'information à priori : j'ai un algorithme et j'insère mes données dans celui-ci. C'est très efficace et c'est comme cela que fonctionnent les PACS, les dossiers médicaux électroniques.

L'Intelligence Artificielle, aujourd'hui, suit un modèle hiérarchique, un peu comme une poupée russe. Ce que j'essaie d'expliquer, et qu'il faut comprendre, c'est que cela n'a rien de nouveau. Cela existe depuis des décennies, depuis que j'étudiais la médecine, il y a de nombreuses années. Il y a toujours eu des avancées, mais le modèle essentiel n'a pas changé. Ce qui a changé, c'est que nous pouvons maintenant l'appliquer au monde réel et nous pouvons le faire parce vos enfants adorent tuer des aliens dans des jeux vidéo. C'est la vérité. Les jeux vidéo sont devenus tellement populaires et répandus, que ces processeurs graphiques sont devenus relativement abordables sur le marché. Il s'avère que les modèles mathématiques utilisés pour créer des aliens dans les jeux vidéo sont très similaires à ceux employés pour les crypto-monnaies, les bitcoins, et le *deep learning*. La différence fondamentale n'a pas été une grande amélioration dans le paradigme de l'Intelligence Artificielle,

Le problème est que, en dehors des cas d'utilisation prévus, il n'est pas très efficace. Par exemple, si ma femme me demande de trouver une photo de notre fille à la Tour Eiffel, je suis obligé de demander la date, puisque je n'ai pas créé un dossier correspondant à image, fille, etc., et l'algorithme devient inutile. Je ne sais pas combien d'entre vous ont utilisé le système Apple IO : si vous regardez vos photos avec cette application, vous aurez un exemple immédiat d'un classement basé sur les données. Il prend en compte les métadonnées

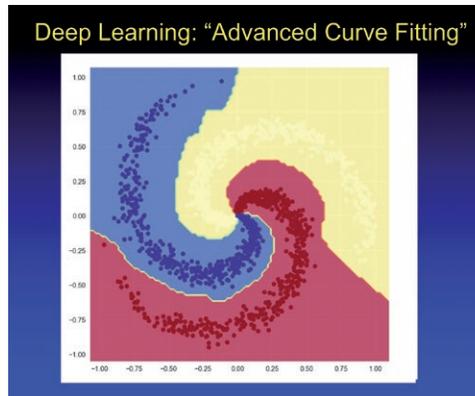
de l'image, à l'aide d'une reconnaissance d'image, et vous informe qu'il y a une photo d'une petite fille asiatique, qu'il y a beaucoup de photos de cette petite fille et décide de créer un dossier dans lequel ranger ces photos. En d'autres termes, au lieu d'utiliser un algorithme a priori, ce sont les données qui définissent la manière dont l'algorithme doit organiser les images. C'est le changement essentiel de paradigme de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique. Ce sont les données qui guident le fonctionnement de l'algorithme et non pas le contraire.

Les big data sont une autre forme d'Intelligence Artificielle est c'est important parce que cela aide à comprendre comment fonctionne le *deep*

*learning*. Lorsque j'enseigne le *deep learning* à mes étudiants en mathématiques ou en ingénierie, cela ne sert à rien de leur montrer des images de neurones. Cela les inquiète, car c'est eux qui doivent effectivement construire les systèmes, donc cela ne les aide pas. En revanche, je leur apprends à utiliser les méthodes statistiques, parce que c'est essentiellement ce qu'est le *deep learning*. Pour beaucoup de radiologues il existe une convergence entre le *deep learning* et l'intelligence artificielle and another big hype term in radiology, ra-

diomics. Ils utilisent les mêmes outils statistiques mais dans des buts différents. Nous utilisons des outils statistiques et des méthodes basées sur les données, en analyse radiomique, tout simplement pour ne pas nous limiter à dire qu'il y a une masse dans le rein et pour obtenir une sorte de phénotype, qui renvoie à une présentation génomique, personnalisée. Nous utilisons des méthodes statistiques pour obtenir une certaine compréhension, comme une régression linéaire. La régression linéaire est

un parfait exemple d'approche basée sur les données. L'intelligence artificielle n'a rien d'inquiétant ; à moins que vous ne craigniez la régression linéaire, vous ne devez pas avoir peur du *deep learning*, car il s'agit essentiellement de la même approche. Nous utilisons des éléments



de données, puis des mathématiques, en obtenant, ainsi, une fonction d'erreur de Costa et nous cherchons à minimiser l'erreur entre les observations et notre prédiction d'hyperplan. C'est une régression linéaire que beaucoup d'entre nous ont apprise en statistique à l'école primaire ou au collège. Les méthodes sont devenues plus sophistiquées, mais les idées restent les mêmes ; chercher des modèles, où ce sont les données qui guident les modèles. Nous connaissons très bien tout cela et ce sont les mêmes technologies que nous

employons dans l'analyse radiomique pour analyser et corrélérer la description phénotypique résultant de l'interprétation de l'image avec la présentation moléculaire génomique ou épigénétique.

L'apprentissage automatique emploie les mêmes méthodes statistiques, mais dans un but différent. Au lieu d'essayer d'obtenir une véritable compréhension, l'apprentissage automatique cherche à faire quelque chose d'utile, comme la classification. Son objectif est très concret. Il existe un grand nombre d'algorithmes et nous sommes nombreux à les utiliser, tout comme nous sommes nombreux à recourir à la statistique pour l'analyse radiomique ou d'autres types d'analyses de big data. Ce n'est pas surprenant, car c'est en cela que consistent, essentiellement, le *deep learning* et l'apprentissage automatique. Comme je l'ai dit, nous avons utilisé pendant des décennies un certain type d'apprentissage automatique, La DAO pour l'imagerie des poumons ou du sein est un parfait exemple d'apprentissage automatique, où nous utilisons des méthodes statistiques, un modèle préconçu et nous obtenons quelque chose d'utile, un modèle de classification.

Le *deep learning* se différencie de l'apprentissage automatique par sa « force brute ». Les gens sont très surpris d'entendre cela, parce qu'ils ont peur du *deep learning*. Le *deep learning* est plus « bête » que l'apprentissage automatique et il ne nous menacera jamais. La différence est que, avec un apprentissage automatique

tel que le DAO, vous avez besoin d'un a priori plus intelligent, vous devez obtenir un modèle a priori. Par exemple, si vous avez recours au DAO pour la mammographie, certains scientifiques plus intelligents, collaborant, généralement, avec des radiologues, diront qu'ils ont un modèle, que les cancers sont mal définis, qu'il y a des micro-calcifications. Puis, nous allons créer des modèles statistiques et les former sur la base de ces caractéristiques. Il s'agit, essentiellement, d'un algorithme d'apprentissage automatique. Le *deep learning* intervient quand vous êtes trop paresseux, trop bêtes ou lorsque le problème est trop complexe, et que vous ne pouvez pas obtenir un modèle a priori. Je n'ai aucune hypothèse ou bien je suis trop paresseux ou pas assez intelligent pour obtenir un modèle a priori. En revanche, je possède des tonnes de données vérifiées et annotées. J'ai des images avec une confirmation indépendante a priori qui me dit que c'est un cancer ou que ce n'est pas un cancer. Je remplace l'intelligence, l'analyse et un modèle a priori par des données brutes. Voilà la clé. J'alimente tout cela par un énorme volume de données, puis, en utilisant tout simplement des méthodes similaires, comme la régression linéaire ou la régression statistique, rien de très sophistiqué, je peux obtenir une courbe adaptée à l'algorithme qui me permet d'obtenir une classification. C'est la raison pour laquelle beaucoup d'entre nous qui connaissent le *deep learning* diront qu'il est incroyable que nous ayons fait croire à toute la population que l'IA est quelque chose de vraiment effrayant. En réalité, ceux qui le

disent, se réfèrent au *deep learning* en tant que régression logistique concernant les stéroïdes. Il s'agit essentiellement d'une forme de régression logistique. Ce qui est intéressant, c'est que je peux utiliser la régression logistique de manière sérielle et de plus en plus profonde chaque fois, parce que maintenant je peux utiliser un processeur graphique.

Chaque fois que vous assistez à une conférence sur le *deep learning*, ou l'Intelligence Artificielle, on vous montre une image de neurone et on vous dit qu'il se passe quelque chose de mystérieux. Tout d'abord, il s'agit d'une simplification excessive de ce qu'est le neurone. Le perceptron, qui est le précurseur de notre réseau neuronal moderne, était un outil de réduction de la dimension des données.

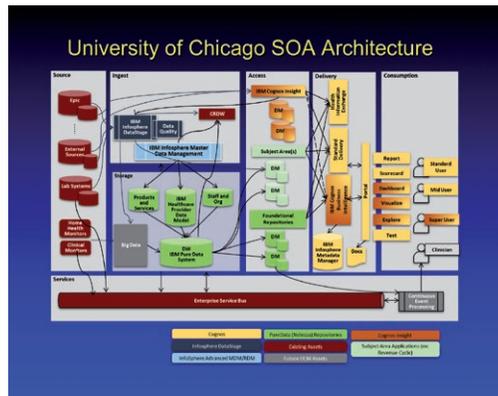
C'est exactement ce que fait le neurone : il cherche à simplifier le résultat des données complexes qu'il perçoit. La similarité s'arrête là. C'est pour cela que je n'aime pas le terme « réseau neuronal », car le neurone est bien plus complexe que nos réseaux neuronaux computationnels primitifs. Ils ont en commun, toutefois, une chose, à savoir un outil de réduction des dimensions des données statistiques. Par certains côtés, beaucoup

d'entre nous affirment, d'un point de vue mathématique et statistique, que le *deep learning* est un ajustement des courbes avancé. Par exemple, ce serait très compliqué si je vous donnais une série de données et je vous demandais de segmenter les différentes courbes aléatoires. Ce serait très difficile d'utiliser les modèles linéaires traditionnels. Avec l'Intelligence Artificielle, avec le *deep learning* vous pouvez créer un ajustement de courbe vraiment spécifique. Cela n'a rien de mystérieux et est dû au fait qu'avec l'accélération du processeur graphique nous pouvons obtenir plusieurs régressions et connecter une régression à la régression suivante et à la suivante et ainsi de suite. Voilà le pouvoir du deep network : le fait de pouvoir combiner en série le résultat d'une régression statistique avec la régression suivante. Il s'agit

d'un ajustement des courbes extraordinairement avancé, qui crée, toutefois, quelques problèmes.

On va vous montrer une diapositive pour vous démontrer que le système est incroyablement intelligent, en affichant une série de couches, dont la première détecte

des bords, la deuxième des nez et des yeux et la suivante des visages humains. C'est, en effet, assez insolite. Si l'on ob-



serve le *deep learning* d'un point de vue pratique, qui est certainement celui de la radiologie, ces couches cachées n'ont pas de sens et sont très difficiles à interpréter.

Vous entendrez parler de la convolution, mais je ne veux pas aborder ce sujet, car je suis déjà assez en retard. On entend parler de la convolution en radiologie, mais il n'y a rien de nouveau là non plus. Nous connaissons tous les convolutions. Quand vous demandez à vos techniciens d'avoir des fenêtres de poumons sur votre terminal informatique, ils appliquent un filtre de convolution élevé pour agrandir les bords. Voilà ce qu'est un réseau neuronal à convolution : il s'agit d'utiliser des filtres de convolution comme modèle pour obtenir ces nouvelles régressions. Il n'y a vraiment rien de très nouveau dans ces technologies. L'on utilise des méthodes statistiques très connues, comme la régression, de manière plus concrète, avec une accélération à processeur graphique. Ce qui est intéressant, en revanche, c'est que nous pouvons effectuer un grand nombre d'opérations différentes. Si nous disposons d'un nombre suffisant de données vérifiées, nous pouvons obtenir un hyperplan, ou un modèle prédictif.

Ces systèmes posent un triple défi. Tout d'abord, en ce qui concerne le mode de validation des systèmes. J'aime bien le terme *deep learning*, car le mot *deep* [profond] a deux significations, qui me paraissent adéquates. Tout d'abord, cela veut dire « capable », et ces systèmes sont incroyablement efficaces, comme vous le savez.

Mais, cela veut dire également mystérieux, et j'aime bien cette connotation. Leur fonctionnement n'est pas facile à comprendre. Contrairement à l'apprentissage automatique, comme le DAO, où l'on peut avoir un modèle a priori et être transparent. Nous pensons que les cancers sont mal définis, donc notre modèle statistique recherche des bords mal définis. C'est très rassurant pour nous, car cela nous paraît très rationnel. Le problème, en ce qui concerne le *deep learning*, c'est qu'il fonctionne, mais que je ne peux pas vous expliquer pourquoi, car je ne le sais pas. J'ai été trop paresseux pour obtenir un modèle a priori, je l'ai juste alimenté avec un grand volume de données et il a trouvé une solution. Ce qui crée toute une série de problèmes, car maintenant les couches cachées ne sont pas des représentations évidentes et la validation doit, donc, être purement statistique, ce qui veut dire non seulement que nous avons besoin d'un très grand nombre de données pour former ces systèmes, mais aussi d'un grand nombre de données pour les valider. Cela pose la question de savoir si, en médecine, nous disposons de cette énorme quantité de données vérifiées et la réponse est non.

Ceux d'entre vous qui craignent l'IA peuvent dormir tranquilles, car nous ne pouvons même pas former ces systèmes. C'est la raison pour laquelle les exemples d'utilisation que vous voyez sont relativement élémentaires, car ils se fondent sur les données disponibles, plutôt que sur de vrais exemples d'utilisation. Cela dénote un manque de maturité de ces sys-



la courbe because we do not know for me, but you do not know what it fit. S'agit-il d'un sur-ajustement ? Quelle que soit la manière dont il fonctionne, le système pense que c'est un revolver. Nous avons la même série de données avec deux prédictions d'hyperplan, l'une est linéaire, mais l'autre is lots of air. Laquelle de ces prédictions allez-vous prendre en compte pour l'étendre aux autres séries de données ? C'est le principal problème que pose le *deep learning* aujourd'hui :

tèmes. Pour tous ceux qui, comme moi, veulent utiliser ces systèmes ce n'est pas une bonne nouvelle, car nous n'allons pas pouvoir recourir à l'IA de sitôt, à cause de l'indisponibilité d'un nombre suffisant de données.

si vous ne disposez pas d'un très grand volume de données de validation, comment pouvez-vous savoir qu'il ne s'agit pas d'un sur-ajustement ?

Le deuxième problème est constitué par un sur-ajustement (*overfitting*). Le meilleur système mondial de reconnaissance d'images basé sur l'IA a pris une tortue pour un revolver. Je ne vais pas vous expliquer pourquoi. Cela a été montré comme exemple par des étudiants en *deep learning* du MIT, aux États-Unis, pour évoquer le problème du sur-ajustement. Contrairement à l'apprentissage automatique classique, où l'on dispose d'un modèle a priori que vous pouvez présenter et dire explicitement que vous pensez que les cancers sont mal définis, c'est ce pour quoi nous avons utilisé notre modèle statistique. Le *deep learning* veut dire : « j'ai été trop paresseux et trop bête ». J'avais un grand nombre de données et elles s'adaptèrent à

Je fais beaucoup de recherches pour Philips. Il y a plusieurs années, j'ai participé à un projet de recherche concernant une simple expérience de *deep learning* qui visait à comprendre si l'on pouvait former un système de *deep learning* pour détecter une partie du corps dans une radiographie. Ce n'est pas très utile au niveau pratique, mais c'était assez amusant à voir. Nous avons tracé la courbe d'apprentissage traditionnelle et elle a très bien fonctionné, avec une précision d'environ 99 %. Malheureusement, le système pensait qu'il s'agissait d'une mammographie. Chaque fois qu'une partie du corps apparaissait sur le bord de la radiographie, le système savait qu'il s'agissait d'une mammographie. Ce qui est effectivement très intelligent. La plupart du temps, les technologies que nous appliquons à une autre

partie de notre anatomie cherchent à couper l'anatomie sur l'image. Malheureusement, nous ne pouvons pas demander à nos patientes de déplacer leurs seins pour qu'ils apparaissent au centre de l'image. La mammographie est relativement unique, car la partie du corps concernée est généralement placée de manière asymétrique dans l'image. Le système de *deep learning* utilisait, donc, cette notion, ce qui n'est pas faux et c'est extraordinairement intelligent, mais peut-on utiliser cela comme critère clinique ? Voilà le problème du *deep learning*. Il est profond, il est obscur. Vous ne savez pas exactement comment il fonctionne. Contrairement à l'apprentissage automatique classique, qui utilise un modèle a priori, vous ne savez pas ce qui se passe exactement.

Nous devons, donc, disposer d'un volume suffisant de métadonnées et intégrer les flux de travail. C'est là l'essence du *deep learning*. Il nécessite une structure informatique très efficace et, malheureusement, nous ne la possédons pas encore.

Très rapidement, je dirai que nous avons dix ans de retard, par rapport à d'autres secteurs, en termes d'infrastructures informatiques capables d'alimenter ces systèmes. Ceux qui souhaitent, comme moi, utiliser l'IA, doivent trouver des mécanismes capables de créer les données nécessaires pour alimenter ces systèmes, les former et les valider, des mécanismes capables d'améliorer nos infrastructures informatiques, et les intégrer à nos flux de travail. C'est un problème. Vous avez, dans

vos notes, l'architecture que nous utilisons à l'Université de Chicago et vous pouvez la communiquer à votre responsable informatique.

Pour conclure, il est peut-être trop tôt pour choisir une stratégie gagnante en matière d'IA, mais vous pouvez commencer par fournir les données nécessaires ou l'infrastructure requise.

Je vais m'arrêter là et vous fournir quelques exemples de ce que vous pouvez faire avec le *deep learning*, maintenant qu'il peut nous aider de manière concrète. Par exemple, quand vous regardez MR, beaucoup d'entre nous savent que, pour être efficaces, nous devons regarder la séquence de l'argent [money sequence]. Pour l'imagerie cérébrale c'est la séquence FLAIR ; pour l'imagerie abdominale, je regarde l'image pondérée en diffusion DWI ou T2, et après cela nous écoutons Où est Charlie.

Maintenant, nous devons rechercher la lésion partout, etc., et cela nous fait perdre beaucoup de temps. Avec l'apprentissage automatique, je trouve la lésion et j'identifie automatiquement toutes les autres séquences, j'effectue automatiquement la soustraction, ce qui me fait gagner du temps dans l'acquisition, je regarde si le résultat est meilleur ou pas et cela m'aide à formuler un meilleur diagnostic différentiel. Cela ne va pas me remplacer, mais cela va me permettre de consacrer moins de temps à ce travail logique et technique pour me consacrer davantage au travail

collaboratif et aux relations avec les patients. Cela ne va pas me remplacer, mais cela va optimiser la relation collaborative homme-machine, comme quand j'utilise des lunettes. En ce qui me concerne je ne fais plus manuellement des divisions à plusieurs chiffres. Je ne me sens pas diminué pour autant, bien au contraire. C'est la même chose en ce qui concerne l'apprentissage automatique.

Aux États-Unis, nous avons un gros problème en ce qui concerne les découvertes fortuites, des nodules qui passent entre les mailles du filet et qui ne font l'objet d'aucun suivi. À Chicago, nous travaillons justement, en ce moment, à ce problème, grâce au *deep learning*. J'identifie le nodule et le système de *deep learning* comprend immédiatement qu'il peut donner un coup de main à son collègue humain. Il peut vérifier s'il existe un facteur de risque, si le patient est fumeur, contrôler automatiquement les dernières recommandations Flector et renseigner une base de données pour permettre le suivi. Cela ne remplace pas le radiologue, mais cela le débarrasse de toute une série de

travaux, pour qu'il puisse passer plus de temps avec ses patients.

Le *deep learning* est-il une menace pour le clinicien ? Si vous observez les autres secteurs, vous vous apercevez que les meilleurs systèmes basés sur l'IA fonctionnent mieux avec une intervention humaine. Les systèmes ne visent pas à remplacer les hommes et les femmes, mais à améliorer leurs prestations. Le *deep learning* est-il une menace pour le clinicien ? Pas de panique. Nous avons nourri ce

genre de crainte bien d'autres fois par le passé. Il n'y a rien de nouveau. La radiologie a toujours été capable de se redéfinir positivement, pour intégrer de nouvelles technologies potentiellement perturbatrices, souvent dans l'intérêt de nos patients. Nous avons toujours mis du temps à adopter de nouvelles technologies, tout en « nous en faisant une montagne » au départ. Le *deep learning* n'est ni une terrible menace, ni la panacée absolue. Si nous apprenons à le maîtriser, il sera ni plus ni moins comme les autres technologies que nous avons apprises à utiliser.

### Characterization of Brain (UChicago Philips Protonity)

Click to insert into export:

- Non-enhancing, heterogeneous lesion in the left occipital lobe measures 22 mm in largest diameter. This lesion is consistent with hemorrhagic metastatic disease. Differential diagnoses include subacute infarction and glioblastoma.

RadDic diagnostic.mxdid

Age:	20-50 (47)
FLAIR:	Enhanced
T2:	Increased
T1:	Increased
Enhancing:	No
Affixed:	No
Diffusion:	Normal
Pattern:	Heterogeneous
No. lesions:	2
Side:	Left
Location:	Occipital lobe
Size:	1-3 cm (28 mm)
Mass effect:	No

- Automated volumetric quantification
- Image feature extraction
- Differential diagnosis generation (Nick Bryan's Bayesian Network)
- Context-aware, lesion-centric, cross-sequence cross-exam image context presentation
- Report content generation

Pour conclure, il est peut-être trop tôt pour choisir une stratégie gagnante dans ce domaine, mais vous pouvez commencer par approvisionner les données nécessaires ou l'infrastructure requise. La plupart d'entre nous sont tout à fait impréparés à l'utilisation de l'IA. Nous devons rechercher des exemples d'utilisation et ne pas nous laisser guider par les données disponibles, mais par des choses utiles. Nous devons tout faire pour intégrer l'IA au flux de travail. Le but est d'obtenir une maîtrise optimisée des flux de travail cybernétiques homme-machine, sans remplacer le radiologue, mais en lui permettant de s'améliorer, de manière à ce que tout le travail technique soit réalisé par la machine, pendant que nous nous consacrons au travail collaboratif, humain, et à l'analyse, la poésie et la philosophie. Laissons la machine faire le travail que nous ne savons pas bien faire et que nous ne devrions pas faire. Ma dernière recommandation sera la suivante : restez motivés. Utilisez une radiologie organisée, espérons qu'ils puissent assumer une position de leadership pour que cette technologie soit utilisée correctement.

Merci beaucoup. ■





# Intelligence Artificielle appliquée à l'imagerie médicale : espoir ou elpis ?

**Luc SOLER**

Président visible patient  
Dir. scientifique IRCAD



# Intelligence Artificielle appliquée à l'imagerie médicale : espoir ou elpis ? \*

**M**erci aux organisateurs de m'avoir invité à réaliser cette présentation pour parler de l'intelligence artificielle appliquée à l'imagerie médicale. Il y a bien longtemps, un certain Zeus s'était fait voler le feu par un certain Prométhée qui avait donné ce feu à l'Homme. Je ne sais pas si vous êtes au courant de cette histoire qui remonte à la mythologie grecque. Zeus n'était vraiment pas content de ce vol. Il a donc puni notre cher Prométhée qui nous avait donné le feu à nous, les Hommes, en l'accrochant à un rocher et un aigle venait lui manger son foie tous les jours. L'aigle n'était pas bête, il ne lui mangeait pas tout son foie ce qui lui permettait de repousser. Il avait déjà compris à l'époque que l'on ne pouvait pas couper plus de 70 % du volume hépatique pour avoir une repousse hépatique efficace. Donc, le foie repoussait. C'était une peine perpétuelle.

Pourquoi est-ce que Zeus a fait cela ? Parce qu'en fait, on lui avait volé ce feu qui a donné à l'Homme la possibilité d'évoluer. Mais vous ne le savez peut-être pas,

Zeus a rajouté une seconde punition : la création d'une certaine Pandore, magnifique femme créée par six divinités. Parmi ses caractéristiques premières, telles que la beauté et l'habileté, Zeus demanda à Hermès d'ajouter un vilain petit défaut : la curiosité. Puis Zeus offrit à Pandore, un joli cadeau, une amphore remplie de tous les maux de la terre qui pouvait détruire l'humanité. La fameuse boîte de Pandore était en fait une amphore car vous vous doutez bien à l'époque que les boîtes, ce n'est pas trop leur truc. Zeus expliqua à Pandore qu'il ne fallait pas ouvrir cette amphore sans lui dire pourquoi, mais la curiosité de Pandore fut plus forte que la raison et elle fini par ouvrir la boîte laissant ainsi s'échapper tous les maux de la terre qui font qu'aujourd'hui, on est malade, que l'on tombe malade et que l'on meurt. En fait Pandore referma cette boîte avant que le dernier mal ne s'en échappa. Et ce dernier mal s'appelle « Elpis », qui a été mal traduit par espoir. La vraie traduction d'elpis en grec, c'est attendre quelque chose. Le contraire de ce mot signifie lui « agir » et l'on comprend bien que si nous agissons au lieu d'attendre sans rien faire, alors nous allons peut-être pouvoir changer les choses, et notamment combattre

\* *Retranscription de l'intervention orale*

les maux tels que la maladie. A l'inverse, si on attend sans agir quand par exemple une voiture arrive sur nous, il y a un risque très élevé de se faire écraser. Ce dernier mal n'étant pas sorti de la boîte de Pandore, l'humain a pu agir et ainsi utiliser le feu que nous avait donné Prométhée pour notamment agir sur le foie qui repousse. On a ainsi utilisé le feu pour cautériser puis pour faire des thermoablations à l'intérieur du patient. Mais pour cela, il a fallu créer d'autres sources d'énergie et utiliser notre intelligence humaine, agir. Dans le cas de la thermoablation, développer et maîtriser le feu n'était pas suffisant car il reste un problème : viser la cible qui est à l'intérieur du corps alors que le patient, lui, n'est pas transparent.

Pour viser la cible, on a créé des imageurs médicaux qui nous permettent de voir cette cible à l'intérieur du corps. On peut aussi utiliser autrement cet imageur pour faire de la radiothérapie. On va à la fois s'en servir pour viser, mais aussi pour tirer des rayons X qui vont nous permettre de détruire la tumeur. On peut aussi l'utiliser en chirurgie. Là, l'idée est de préserver les tissus. Pour simplifier, nous pouvons comparer le foie à un arbre, son réseau veineux porte correspondant aux branches de cet arbre. Lorsque dans une ville il y a un arbre malade, en général la mairie décide de le couper puis de le remplacer. En chirurgie, cela s'appelle une transplantation. Si c'est un arbre que l'on a à la maison, on va plutôt essayer de le préserver et de ne couper que la ou les branches malades, mais pour cela, il faut aussi sa-

voir où sont ces branches et d'où elles partent.

Dans le cas du foie, le chirurgien ne peut voir que la base, c'est-à-dire le tronc et le départ des premières branches et il devra couper la branche qui va au bon endroit. Là encore pour pouvoir se repérer, on va utiliser l'imagerie médicale. On comprend bien que l'imagerie médicale est cruciale dans ces prises de décisions et dans la réalisation des actes, mais cette imagerie nous pose quelques soucis parce qu'elle est complexe à comprendre. De plus, la pathologie est parfois présente sur très peu de coupes comme c'est le cas dans cet exemple où la tumeur n'est visible que sur 3 coupes parmi 237.

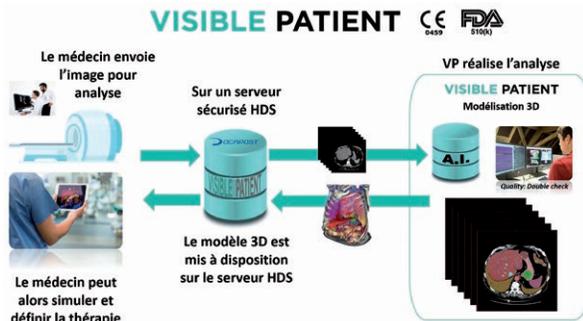
Il y a un deuxième problème : Comment se repérer dans le vrai patient à partir de ces images ? Si l'on regarde notre routine clinique, à partir de cette image qui est initialement en trois dimensions, le rapport radiologique va nous dire : « La tumeur est localisée au bout de la veine paramédiane droite dans le segment huit. » C'est exactement comme si je vous disais : « Rendez-vous demain ici, là, au bout de l'avenue du Général Leclerc dans le quatorzième arrondissement à Paris » et que je ne vous donnais que cette photo satellite pour y aller. Vous comprenez que cela ne va pas être simple. Ceci est pourtant la routine de tous les cliniciens. On part d'une image en 3D, mais qui est complexe à interpréter. On la traduit en un texte qui va permettre de donner des informations supplémentaires de repérage, mais au fi-

nal, on se retrouve avec une photo satellite et l'on doit agir sur le patient. Une telle complexité entraîne chaque année 40 000 décès aux États-Unis dus à des erreurs de diagnostic ou de choix thérapeutiques en chirurgie. Ces erreurs, on peut les éviter si on change la façon de percevoir l'image. En fait à la base, on avait une image qui était bien en 3D mais coupée en tranches. Or, notre cerveau du fait de ses limites ne peut pas efficacement et systématiquement interpréter correctement et reconstruire l'information 3D contenu dans l'image. Mais cette limite humaine, on peut la dépasser si on rajoute des systèmes d'assistance informatique notamment fondés sur l'Intelligence artificielle. Ce qu'expliquait à juste titre l'intervenant précédent, l'objectif de l'Intelligence

Artificielle, n'est pas de remplacer l'Homme mais de l'augmenter. Et on peut l'augmenter par plein de moyens. On peut rajouter des robots, des instruments qui vont nous permettre d'être plus précis, d'augmenter notre capacité manuelle. Je rappelle que c'est ce que fait l'Homme depuis l'origine des temps. On n'était pas capable de couper avec nos petits doigts. Alors on a créé des ciseaux et des outils pointus. Créer ces outils nous a permis d'aller plus loin. Maïn-

triser le feu, nous a permis d'aller plus loin. On peut aussi augmenter notre capacité de perception visuelle. Créer une image qui va nous permettre de mieux voir, c'est un peu l'objectif de la radiologie surtout si on y rajoute l'augmentation de nos capacités cognitives qui restent elles aussi limitées. On a une mémoire limitée. Pourquoi ne pas utiliser celle de l'ordinateur ?

Pour cela, on va transformer cette image satellite initiale en une cartographie. C'est-à-dire que l'on va détecter dans l'image le contour des structures d'intérêt et on va les nommer. Cette cartographie que l'on peut faire pour une ville, on peut la faire pour le patient. C'est ce que l'on a développé avec Visible patient. Tout d'abord, dans un premier



temps, on envoie les images médicales via internet dans des systèmes de stockage sécurisés. C'est très important la sécurisation de la donnée parce que nous sommes en train de parler d'un patient. Il ne s'agirait pas que mon banquier me dise : « Ah, mais d'après l'intelligence artificielle dans dix ans, vous allez avoir un cancer, donc je ne vous fais pas un prêt sur vingt ans. En revanche, sur cinq ans si vous voulez, je vous le fais. » Ce n'est pas l'objec-

tif. L'objectif est de soigner le patient. Donc, il faut sécuriser la donnée. Cette donnée sécurisée, nous pouvons alors la traiter pour le bien du patient et renvoyer en retour un modèle 3D du patient, une copie virtuelle, un clone numérique. C'est cette analyse que propose aujourd'hui Visible patient. Comme un laboratoire d'analyses de sang qui va vous fournir un rapport, Visible patient vous fournit le modèle 3D du patient, copie virtuelle qui va nous permettre de planifier l'acte opératoire.

Planifier l'acte opératoire, cela se traduit concrètement comme cela. Vous voyez ici le même patient que je vous montrais tout à l'heure. Vous avez ici une tumeur qui est localisée dans le haut du foie à cet endroit-là. Elle n'est pas forcément facile à voir. Nous en avons une deuxième qui est ici, qui n'avait pas été vue lors de l'examen radiologique, ni par l'équipe chirurgicale, mais qui a été vue par le logiciel. Ces deux tumeurs, quand je les montre aux chirurgiens hépatiques ou digestifs, quels qu'ils soient, experts ou plus jeunes, tous concluent qu'elles sont localisées dans le foie droit. Je rappelle que nous formons plus de 6000 chirurgiens par an à l'IRCAD Strasbourg, et je montre ce cas depuis octobre 2017 aux cours que l'on donne. Plus de 500 chirurgiens ont voté sur ce cas. Et bien il n'y en a pas un seul qui ne se soit pas trompé, y compris les meilleurs experts sur ce qu'il fallait faire pour ce patient, bref sur



le choix thérapeutique. Tous disent qu'il faut couper le foie droit.

Voyons voir ce que nous pouvons faire quand on a un modèle 3D. Voici donc ce même patient 3D. Déjà, c'est beaucoup plus facile à comprendre pour Monsieur tout le monde parce que là, j'ai des repères que n'importe qui reconnaît. Les côtes notamment, c'est un repère anatomique assez simple pour se repérer dans le corps. Comme un GPS qui permet d'afficher la liste des routes, on peut ici faire apparaître la liste des organes. On va ensuite pouvoir mettre en transparence n'importe quelle structure anatomique ou pathologique modélisée individuellement. Ici, je mets en transparence le foie. Si j'efface les os, on voit très bien au niveau de ce patient les deux tumeurs. Si on utilise les repères anatomiques standards comme cette branche qui est la veine hépatique médiane, on va dire : « Oui, en effet, les deux tumeurs sont nettement à droite ». Mais voilà, en faisant cela j'ai utilisé un repère anatomique qui est faux et pourtant souvent enseigné en anatomie ou dans nos services. Ce repère anatomique fondé sur la position de la

vésicule biliaire et de la veine hépatique médiane est faux parce que la définition fonctionnelle du foie, ce ne sont pas les veines hépatiques qui la donnent, mais les veines portes, celles qui sont ici en violet. Heureusement, avec la modélisation 3D, Visible Patient apporte aussi la possibilité de simuler la pose de clips chirurgicaux. Si on réalise une simulation de l'acte chirurgical qui consiste à poser un clip ici sur la branche porte droite, on voit alors immédiatement le véritable foie droit virtuellement dévascularisé. Le logiciel nous fournit aussi le volume clampé et le volume restant. On voit ici en transparence ce foie droit en orange et je constate que les deux tumeurs ne sont pas du tout dans ce foie droit. En fait, en mettant un clip dans la branche porte gauche, on se rend compte que finalement, ces deux tumeurs sont dans le foie gauche. Au passage, vous noterez que la séparation entre le foie droit et le foie gauche est horizontale au lieu d'être verticale. Vous comprenez que cela ne soit pas évident pour un cerveau humain normal, y compris celui d'un expert, de comprendre une telle variation qui paraît hors-norme. En fait, cette variation n'est pas hors norme puisque Couinaud dès 1957 l'avait référencé et indiqué présente dans 16% des patients. De façon plus générale, toutes les études publiées montrent que lorsqu'on demande à un chirurgien hépatique de définir son acte chirurgical à partir de l'image médicale et du rapport radiologie, et qu'ensuite on lui donne le modèle 3D avec la possibilité de simulation offerte par Visible Patient, dans un tiers des cas il va changer son planning opé-

ratoire au bénéfice du patient. On comprend alors beaucoup mieux les chiffres de mortalité dû aux erreurs de diagnostic et de choix thérapeutique parce qu'en fait chaque patient est différent. Ils ont tous une anatomie qui leur est propre et que l'image médicale analysée en 3D permet de reconstruire et de comprendre et pas seulement pour le foie.

Vous avez ici un exemple d'atrésie pulmonaire. Lors de cette opération qui était un direct durant un cours de chirurgie, le chirurgien décrivait le cas avant de l'opérer : « La pathologie est dans le lobe supérieur droit, je vais donc retirer le lobe supérieur droit ». Et en effet, lorsque l'on regarde notamment en vue sagittale, elle semble clairement localisée dans le lobe supérieur droit. Alors comme pour le foie, regardons en 3D cet enfant de six mois. Nous pouvons retirer virtuellement la peau, puis retirer les structures osseuses pour mieux voir les poumons. On met en transparence le poumon droit puis avec un clic du bouton droit de la souris sur la bronche du lobe supérieur droit de ce poumon, je réalise un clampage virtuel. On voit donc apparaître ici en jaune le lobe supérieur droit que le chirurgien voulait retirer. Maintenant, j'affiche en 3D la partie malade et l'on constate immédiatement qu'elle n'est pas du tout dans le lobe supérieur droit. Sans le logiciel, on retirait une mauvaise partie. C'est-à-dire que l'on faisait ce qu'on appelle une erreur évitable grave. Erreur évitable, on comprend. Grave, cela veut dire que le patient va être au minimum réopéré pour corriger l'erreur. Il y en a

92 000 en France par an. Ce sont les chiffres de 2012 du ministère. Maintenant, on peut l'éviter grâce au logiciel.

Dernier exemple rapidement, en urologie cette fois-ci. Un enfant de cinq ans avec deux tumeurs, un néphroblastome dans chaque rein. Il n'y a que cinq cas par an en France et l'on comprend qu'avec une telle fréquence cela soit difficile. On voit sur l'image médicale que la tumeur gauche envahit à peu près tout le rein gauche et que la tumeur droite envahit à peu près

la moitié du rein droit. Le choix thérapeutique validé par deux équipes cliniques distinctes est le suivant: on retire la moitié du rein droit et l'on enlève totalement le rein gauche. Durant les six mois post-opé-

atoire l'enfant devra être mis sous dialyse du fait de l'insuffisance rénale attendue de cette opération, puis, s'il n'a pas de repousse tumorale à droite, une transplantation sera réalisée dès qu'un greffon sera disponible. Après, c'est une vie d'antirejets. Sauf qu'avec la reconstruction 3D produite par Visible patient, on voit que les tumeurs ne sont pas aussi envahissantes que ce qui était planifié. On va donc à nouveau simuler l'acte opératoire en préopératoire. On efface ici la veine rénale pour mieux voir

les artères et mettre un clip sur cette artère qui alimente l'arrière de la tumeur et sur celle-ci qui alimente l'avant. On constate par cette simulation sur le rein droit, que je retire ici 60 % du rein droit, mais il me reste 50 % de rein fonctionnels avec un volume. C'est cela le plus important. Au niveau du rein gauche, on voit qu'il y a une petite variation anatomique cachée derrière la veine rénale gauche que je peux effacer virtuellement. On a deux artères rénales. On va sacrifier celle du dessus par la pose d'un premier clip virtuel. On va ici égale-

ment sacrifier une seconde petite artère afin de garantir le retrait complet d'une marge de sécurité modélisée elle aussi en 3D. Après cette opération on note qu'il ne reste que 17 % du volume du rein gauche,

mais en fait un tiers de volume fonctionnel. Comme les deux reins sont plus gros que la moyenne le choix est fait de tenter cette opération sans risque ajouté pour le patient. Une première opération est réalisée début décembre 2017, et consiste à retirer la moitié du rein droit. Fin décembre, le patient n'a pas d'insuffisance rénale et n'a donc pas de dialyse, confirmant ainsi les estimations du logiciel. On retire alors début janvier la partie supérieure élargie du rein gauche. L'enfant est rentré chez lui fin



janvier, sans insuffisance rénale, sans dialyse. Depuis, il va très bien et aujourd'hui, voilà à quoi ressemble ses reins modélisés en post-opératoire. Il a deux morceaux de reins fonctionnels, n'a pas de dialyse et n'a pas eu de transplantation.

Ce ne sont là que trois exemples rapides. Je pourrais vous en montrer évidemment beaucoup plus mais on va s'arrêter là sur les exemples. Notez simplement que ces modélisations ont un autre avantage: Elles nous permettent de mieux expliquer aux patients leur pathologie et nos propositions thérapeutiques. On nous dit souvent : « L'IA, cela va détruire l'humanité ou les relations humaines ». Vous voyez que c'est exactement l'inverse parce qu'ici grâce à cette IA, on a pu créer des nouveaux liens entre le patient et le médecin qui avant ne savait pas comment expliquer au patient sa pathologie et surtout sa thérapie. Vous voyez bien qu'avec l'image en niveau de gris, c'est compliqué alors que l'image en couleur, c'est simple. Il y a une partie colorée que l'on va enlever. L'autre, on va la garder. On a les chiffres à l'avance. C'est beaucoup plus simple à expliquer et donc, on améliore le rapport humain.

Après, on peut l'utiliser pendant l'opération, soit sur une tablette, soit carrément en la branchant sur un système de réalité augmentée. Dans ce cas on va guider le geste du chirurgien à l'image de ce que fait un GPS. Dans le futur, grâce à ces technologies nous allons voir les patients en transparence. Dans cet exemple, en utilisant le casque HoloLens de Microsoft couplé au logiciel de réalité augmentée je vois

le patient en transparence. On peut le faire pour des actes percutanés, mais on peut aussi le faire en chirurgie laparoscopique mini-invasive. Nous pouvons le brancher sur un robot par exemple. Dans le robot, je vais avoir la même vue 3D en transparence. Nous voyons ici le foie en transparence ce qui permet d'opérer en étant demain guidé par l'image, par le geste virtuel que nous aurons planifié nous-même avant l'opération. C'est-à-dire que la simulation préopératoire sert de guide, comme le GPS quand il vous montre la route et que vous allez suivre la route.

Alors évidemment, on se dit : « Mais dans ce cas-là, pourquoi ne pas arriver à la voiture automatique après tout ? » Pour cela, il faut le brancher sur un robot que je suis capable de contrôler. Mais il faut aussi plus de précision et notamment tenir compte des déformations et des mouvements respiratoires en temps réel. Aujourd'hui avec les logiciels développés à l'IRCAD et à l'IHU de Strasbourg nous obtenons deux millimètres de précision. En le branchant avec un robot, nous pouvons aussi suivre les mouvements respiratoires et demander au robot de filtrer ces mouvements respiratoires. C'est ce que l'on a fait avec l'équipe AVR de l'université de Strasbourg. Vous voyez qu'ici sans le filtrage, la tumeur sur le foie bouge du fait des mouvements respiratoires. Évidemment, il pourrait mettre en pause la vidéo pour arrêter les mouvements mais le chirurgien ne va pas apprécier. Une deuxième solution consisterait à arrêter de faire respirer le patient. En général là, c'est la famille qui n'est pas



ma présentation, certains pensent que développer l'IA c'est ouvrir la boîte de Pandore. L'Elpis, le dernier mal présent dans la boîte de Pandore c'est attendre quelque chose. Si demain, je demande à l'ordinateur de gérer l'ordinateur. Si je dis que finalement tout est entre ses mains, alors certaine-

ment, on va se retrouver face à l'Elpis, c'est-à-dire à ne rien faire assis dans son siège à regarder l'ordinateur penser et agir à notre place. Mais si cette intelligence artificielle est mise entre les mains de l'humain, alors dans ce cas-là on se retrouve comme avec le feu que nous avait donné Prométhée. Ce feu nous avons appris à le domestiquer et cela nous a permis d'évoluer. Il y aura forcément des pyromanes, il y aura des risques à utiliser l'IA, mais nous pouvons, c'est certain, la domestiquer.

contente après l'opération. La troisième solution est d'utiliser ce que je vous ai montré avant. C'est-à-dire la réalité augmentée couplée au robot avec de l'intelligence artificielle. On obtient un filtrage en temps réel des mouvements, le robot suivant très précisément les déplacements de la tumeur. Alors est-ce que c'est de l'intelligence artificielle ? Pas vraiment. Ce sont des maths appliquées sur un ordinateur qui contrôle un système. On lui a quand même dit globalement ce que l'on voulait faire. Après, il a trouvé des solutions. C'est en effet plutôt du deep learning, mais à la fin, on a quand même quelque chose d'intéressant. Cela nous aide parce que la tumeur reste au centre de l'image et les instruments bougent au rythme totalement automatique de la respiration. Donc, j'enlève des difficultés.

Cette intelligence artificielle fait peur aujourd'hui. Elle fait peur parce que l'on se dit : « Mais demain, le robot va nous remplacer. S'il nous remplace, peut-être dira-t-il un jour : On n'a peut-être pas besoin de l'humain ». Si on revient au début de

La question fondamentale, c'est : doit-on se priver de l'IA au prétexte que cela peut être dangereux ? Je vais vous répondre franchement. Je ne peux pas accepter que l'on se prive de cela parce que l'on a des patients tous les jours qui décèdent de pathologies que l'on veut soigner. Ces enfants ont le droit de pouvoir croquer la vie à pleines dents. En conclusion de ma présentation, je ne dirai qu'une chose. Vivre, c'est prendre des risques. L'intelligence est de les maîtriser pour le bien de l'humanité. ■



# L'éthique dans le développement de l'Intelligence Artificielle

**David GRUSON**

Chaire Santé Sciences Po Paris  
Ethik-IA



# L'éthique dans le développement de l'Intelligence Artificielle \*

**M**erci à tous. Je vais essayer, comme une partie de nos travaux consiste à réfléchir aux interactions entre l'intelligence artificielle et le temps,

d'essayer de le récupérer pour nous permettre de terminer à l'heure. Ce d'autant plus qu'une série de constats ont été posés dans les interventions précédentes. La radiologie – les choses ont été bien identifiées – est une pointe avancée du développement de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé. Ce que nous faisons avec l'initiative ETHIK-IA, initiative académique citoyenne qui rassemble des universitaires, chaire santé de Sciences Po Paris, Institut Droit santé Paris Descartes. Ce sont à la fois des juristes médicaux, sociologues. Je salue la présence du Docteur Victor de Castro qui va se lever, qui est coordinateur médical de l'initiative et puis vous entendrez tout à l'heure Florent Parmentier parler de géopolitique.

Un de nos objectifs est d'essayer de montrer que l'on peut développer exactement comme le suggérait l'intervenant précé-

dent, des outils de régulation pour essayer de maîtriser les risques liés au développement de la technologie et de la robotisation, capitaliser sur les gains avec une conviction de base. Quand on réfléchit aux problèmes éthiques, il y a aujourd'hui des problèmes éthiques constatés à l'insuffisance de recours au numérique dans notre système de santé. Ces problèmes éthiques sont constatés et immédiatement palpables. Vous avez cité l'exemple de l'insuffisance rénale chronique. C'est un exemple tout à fait frappant des problèmes inacceptables en termes de qualité et d'efficacité de prise en charge auxquels aboutit l'insuffisance du pilotage par les données de santé. Ces problématiques éthiques sont infiniment supérieures aux risques éthiques potentiels liés au déploiement des technologies. Ce sont des risques potentiels. Nous pouvons essayer de les réguler et de les anticiper. Je coordonne avec Claude Kirchner, le président de l'INRIA <sup>1</sup>, le groupe du Conseil national d'éthique qui prépare la révision de la loi de bioéthique, auquel Jacques Lucas nous fait l'amitié de participer également. Ce n'est pas à ce titre-là que je parle ce matin. C'est à titre personnel.

\* *Retranscription de l'intervention orale*

<sup>1</sup> *Institut national de recherche en informatique et en automatique*



Des mythes et des réalités sur le big data, beaucoup de choses ont été dites. Il y a une clarté apparente opérationnelle : la collecte massive de données. Un lien que vous comprenez bien avec les objets connectés. Une apparente clarté juridique. On est une semaine après l'entrée en vigueur du règlement général sur la protection des données (RGPD). On a un cadre sophistiqué de protection de données personnelles. Les normes se déploient. Une apparente clarté en termes de santé publique. La collecte massive de données doit nous permettre de faire progresser la santé publique, la connaissance.

En réalité, vous le mesurez tous au quotidien. Le big data est une réalité plus complexe. C'est un peu comme Maastricht à la grande époque. C'est une notion non neutre. Il y avait les opposants à Maastricht qui disaient « Maastricht » en fermant les yeux, et vous aviez ceux qui étaient pour, qui disaient « Maastricht » avec un grand

sourire. Le big data, c'est un peu pareil. Vous avez les partisans et les adversaires. C'est une notion qui n'est pas neutre dans le débat public. Il faut bien le mesurer. Vous avez derrière dans cette complexité, un enjeu éthique qui est que le big data semble être une notion assez peu opérationnelle dans le champ de la santé puisqu'elle donnerait le sentiment que toutes les données de santé se valent.

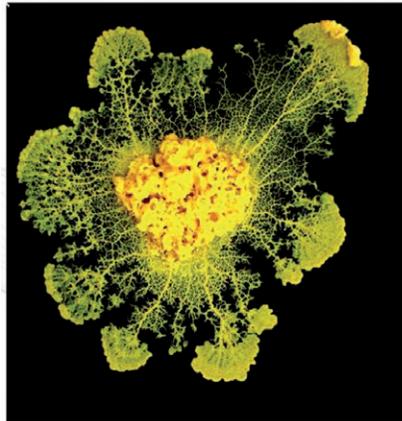
Vous le mesurez bien dans votre pratique professionnelle. Toutes les données de santé ne se valent pas. Il y a sans doute 90 ou 95 % des données qui devraient être mieux partagées, mieux diffusées. C'est le cas sur mon portable. C'est le cas sans doute dans des éléments de comptes rendus médicaux pour faire progresser la santé. C'est d'ailleurs, sans cramer d'annonce ultérieure, un de vos objectifs. C'est très bien, mais il y a dans les 5 ou 10 % qui restent une réflexion à avoir sur le niveau de protection complémentaire de certaines données. Là-dedans, il y a le génome complet, notamment. J'y reviendrai dans un instant avec ce que l'on fait pour Imagine.

Sur les enjeux de la régulation, c'est un thème battu et rebattu par la science-fiction, avec souvent une image très inquiétante, avec un effet de ces technologies qui seraient agressives pour le corps humain, pour notre santé. Que vont devenir nos corps en mode d'intelligence artificielle robotisation ? Je ne reviens pas sur la présentation des notions. Cela a été parfaitement fait par le Professeur Chang qui

est bien revenu à la racine mathématique de ce qu'est l'intelligence artificielle.

Vous avez une photo. Rassurez-vous, ce n'est pas une explosion de chou-fleur. C'est un blob. Je ne sais pas si vous connaissez le blob. C'est cet organisme unicellulaire.

C'est une cellule, mais la plus grande cellule du monde qui a une capacité à se développer, à apprendre et au fil de son parcours en tirant des conséquences. Elle fonctionne un peu comme un algorithme de machine learning. Il a une capacité à absorber les autres blobs sur son chemin. Un blob qui a appris et qui absorbe un blob qui n'a pas appris transmet sa capacité d'apprentissage à la partie absorbée. Je vous renvoie aux travaux d'Audrey Dussutour de l'Université de Toulouse sur ces questions.



Dans la présentation des notions, en plus de ce qui a été dit dans les interventions précédentes, j'évoque juste en passant l'idée d'algorithmique génétique. Comme le rappelait le professeur Chang, toutes ces notions ne sont pas des notions nouvelles. Les concepts de l'algorithmique génétique ont été forgés à la fin des années 80 par John Holland et David Goldberg. À l'époque où étaient conçus les principes

du machine learning, ces chercheurs en informatique découvraient un phénomène, le machine learning de l'algorithme qui est capable de se corriger et de produire de nouvelles versions de lui-même au fil du temps. En même temps, ils ne savaient pas comment l'encapsuler. Donc,

ils ont emprunté métaphoriquement des concepts à la génétique. Un bout de code qui change est une mutation. Un code 0.1 est un gène. Ils ont importé des concepts de génétique sans savoir que trente ans plus tard, aujourd'hui, le machine learning pourrait s'appliquer à la génétique elle-même.

Le fait que des machines et même des robots influent sur l'avenir de nos corps – je parle plus en juriste – n'est pas vraiment une nouveauté. Il y a une influence ancienne et croissante de ces technologies : la biologie, la pharmacie, la chirurgie et même la psychiatrie. Vous connaissez peut-être l'expérience Eliza qui aujourd'hui ne serait peut-être pas considérée comme politiquement correcte. L'expérience est faite au début des années 60 par le Professeur Weizenbaum. Il prend un groupe de dépressifs. Il le divise en deux : groupe A, groupe B. Il les fait interagir avec un ordinateur, avec un psychothérapeute. Le groupe A échange

de messages écrits avec un psychothérapeute qui est vraiment derrière l'autre bout de l'écran. Le groupe B parle avec Eliza qui est le premier chatbot de l'histoire. C'est le chatbot version début des années 60. Il dit : « C'est intéressant. Pourriez-vous aller plus loin ? Pourriez-vous reformuler ? Je suis content de vous écouter. Pourriez-vous préciser votre pensée ? » À la fin, Weizenbaum dresse un questionnaire de satisfaction. Est-ce que cela vous a fait du bien ? Les résultats sont équivalents entre le groupe A et le Groupe B. Cela doit sans doute vous inciter collectivement à l'humilité.

L'idée que tout cela serait nouveau y compris pour le plus fort et le plus profond de notre psyché est évidemment à combattre. De la même manière sur le plan juridique, l'idée qu'il y aura un bouleversement de la responsabilité ou des règles de responsabilité doit être combattue. Aujourd'hui, 99,5 % du sujet peut être appréhendé par les principes classiques de la responsabilité du fait des choses et par en plus de cela, notre loi de mai 1998 sur la responsabilité du fait des produits défectueux qui a transposé une directive communautaire de 1985. 99,5 % du sujet est couvert, mais le problème, ce sont les 0,5 % qui restent. Les 0,5 %, c'est la partie des dommages qui va venir avec le développement du machine learning et surtout le développement de toutes les applications qui ont été présentées dans les interventions précédentes.

Une des limites de la loi de mai 1998, c'est que le concepteur de la solution informa-

tique, le concepteur du produit défectueux ne peut pas être tenu pour responsable dans l'hypothèse du risque de développement. Le risque de développement est le risque qui ne pouvait pas être anticipé compte tenu des connaissances scientifiques au moment de la mise sur le marché du produit. Vous voyez bien que si on maintient cette exonération du producteur dans le cadre du machine learning, cela veut dire que le dommage n'est jamais indemnisé puisque par construction l'algorithme tel qu'il évolue dans le temps ne correspond pas à un schéma anticipable en fonction des connaissances disponibles au moment de sa mise sur le marché.

Là, il y a un sujet avec sans doute un niveau d'exposition plus important dans le champ de l'imagerie avec une réflexion à avoir sans doute de ce point de vue là sur le test par rapport au test de Turing que vous connaissez bien. Le test de Turing dans sa version initiale, vous avez l'être humain Jean-Philippe Masson. Je vais faire le robot et puis vous avez un observateur humain tiers qui est le Professeur Chang qui est chargé de regarder la correspondance de nos messages écrits. Le Professeur Chang doit savoir qui est l'homme, qui est la machine. Ce que dit Turing dans sa version initiale, c'est que comme je suis un observateur humain, j'arriverai à repérer les frottements du langage humain. Vous voyez la part de psychologie que l'on met là-dedans, la part d'inexactitudes. Du coup, je serai plus habile comme humain à repérer le langage de mon semblable. Sauf que dans les solutions de

reconnaissance d'image qui ont été présentées jusqu'ici, l'IA va avoir à décrypter une matière première qui est déjà du code numérique. Vous voyez bien que le test de Turing s'inverse. On arrive dans un schéma où l'IA sera plus habile a priori puisqu'elle est dans son propre champ de langage. Cela veut dire que la présomption d'inexactitude repose davantage sur l'observateur humain que sur la machine a priori. Tout est évidemment dans l'a priori et l'a priori, c'est l'expertise du radiologue. Je suis convaincu qu'elle sera amenée à se maintenir et à évoluer dans ces formes. Le fait que vous vous saisissiez de la question incite à l'espoir.

Finalement, la question est moins celle de l'avenir du corps humain que celle du risque de sa marginalisation. Le développement des objets connectés qui remet en cause la frontière personne/bien, les effets de distanciation entre la notion de personnalité juridique et le corps et puis ce que nous faisons nous-mêmes. C'est-à-dire que nous passons notre temps à approfondir nos personæ numériques par toutes les données que nous approvisionnons à longueur de journée sur nos réseaux sociaux préférés, toutes nos applications. Nous participons nous-mêmes à ce mouvement de mise en risque éthique.

Il y a des questions fondamentales qui touchent à notre avenir comme société humaine. Contrairement à ce que nous dit la science-fiction, le risque ce n'est pas la domination de l'Homme par la machine puisque la machine est tenue par son pro-

gramme initial. On peut supposer qu'un programmeur a minima responsable et désireux de pénétrer sur un marché respectera la première loi d'Asimov. Celle qui dit que le robot ne peut pas nuire à l'être humain. Sauf que quand Asimov écrit son ouvrage, il ne peut pas imaginer l'intelligence artificielle qui est un outil de traitement collectif.

Une IA pour atteindre les objectifs de son programme pourra tout à fait prendre des risques pour une personne prise individuellement pour atteindre notre plus grand bonheur collectif. C'est sans doute le risque principal. C'est un principe ou une tension classique dans le domaine de la santé publique. On crée des dommages individuels pour générer un bien-être collectif. L'IA porte cela sur une échelle technologique sans doute jamais connue.

Petite séquence de placement de produits, c'est l'objet du bouquin qui est sorti il y a 48 heures, qui traite de la question de : qu'est-ce qui se passerait si on faisait gérer une épidémie d'Ebola par intelligence artificielle ? Comment est-ce qu'elle se comporterait ? Comment se comporterait ou rétroagirait la machine administrative et politique ? C'est un bouquin qui se situe exactement dans la ligne de ce que disait Paul Chang. Le sujet n'est pas la technologie elle-même. Le risque est la manière dont on l'utilise et la manière dont individuellement les comportements se positionnent par rapport à cette IA. Ce qu'il y a d'amusant, c'est que depuis que le bouquin est sorti, c'est devenu un objet

informatique. C'est-à-dire qu'il est sorti sur les réseaux sociaux. Il y a du bruit. Du coup, l'IA d'Amazon comme il y a du bruit sur le bouquin, a anticipé la sortie du bouquin sur Amazon. C'est une IA qui fait de la pub pour un bouquin qui parle de régulation éthique de l'IA. On va essayer de suivre cela.

Deuxième question, ce que j'appelle le Netflix effect. Faisons un petit sondage. Qui a Netflix dans la salle ? Je suis assez consommateur de série télé. Depuis que j'ai Netflix, depuis cinq mois, ma satisfaction de consommateur a brutalement augmenté. Je ne peux pas vous donner un exemple de série que m'a proposée Netflix que j'ai refusée parce qu'elle me connaît. Elle me connaît de mieux en mieux. En plus à chaque fois que j'ai une proposition, il y a 98 ou 99 % de recommandations et ma satisfaction augmente la qualité du produit aussi. C'est comme cela que je suis passé des Cordiers juge et flic à la Casa de papel. Vous voyez, il y a une élévation qualitative. Dans le même mouvement, je ne lis plus Télérama. Je parle moins avec mes amis. La profondeur de mon jugement critique s'est sans doute un peu réduite. Je suis à tout moment capable de refuser, de dire non, mais il y a en pratique, une délégation du consentement à l'intelligence artificielle. C'est le même phénomène qui existe dans la médecine algorithmique. C'est le même risque. La capacité du patient et du médecin de première ligne à prendre du recul par rapport à un traitement qui est recommandé à 98 ou 99 % par IA. Ce n'est pas un problème en soi.

Simplement, la question, ce sont les techniques à mettre en place pour prendre du recul par rapport à cela.

Des points de tension classiques et éthiques. Notre conviction avec ETHIK-IA est que pour essayer de répondre à ces sujets-là, il faut essayer d'en mettre le moins possible dans le droit dur parce que si on en met trop dans notre droit dur national, on passe à côté du sujet pour une partie. On risque de bloquer l'innovation. Si on met ceinture et bretelles de réglementation en France, le risque - deuxième Netflix effect - est qu'une IA efficace techniquement, médicalement soit conçue ailleurs dans un cadre non régulé et que dans plus de deux ou trois ans, les patients et les professionnels nous en demandent l'importation. Le sujet n'est pas un sujet de : on se protège uniquement dans un cadre national. C'est : si on se protège trop ici, on peut être sûr d'avoir l'importation d'une IA non éthique dans quelques années.

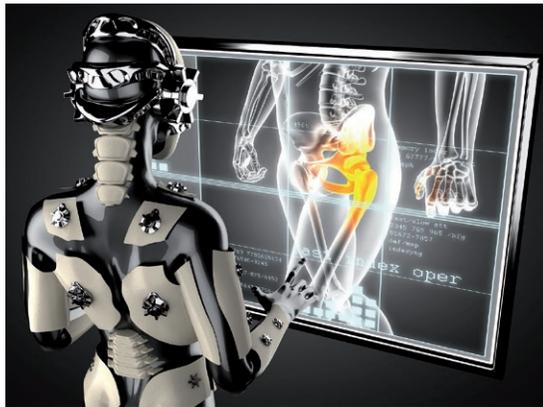


Comment faire pour avancer ? Je termine par là. Encore deux minutes et je serais presque dans le rattrapage de mon temps. On a mis sur la table cinq clés. C'est un petit outil qui a été diffusé il y a trois mois, sur lequel on a fait un appel à commentaires. Pour le moment, cela suscite des réactions très positives. C'est bien, mais c'est fait pour susciter le débat. Cinq clés de régulation de l'IA et de la robotisation en santé, en essayant à chaque fois de viser la norme juridique minimum. La première clé est l'information et le consentement du patient. À vrai dire, tout est déjà dans la loi sur le principe du consentement. Ce qu'il faudrait sans

doute ajouter, c'est l'obligation d'information préalable du patient en cas de recours à un algorithme dans son traitement, ce n'est pas prévu comme tel et prévoir des modalités - mais là, on n'est pas dans la loi. C'est plus dans la définition de modalités pratiques - d'adaptation du recueil du consentement. Par exemple pour donner plus de souplesse, une capacité de recueil de consentement plus séquentiel permettant au début du processus de prise en charge d'avoir ab initio, l'accord du patient sur plusieurs options possibles. Options

que l'IA prendra ou ne prendra pas au fil du parcours.

Le deuxième principe plus nouveau, c'est la garantie humaine de lire. Vous comprenez très intuitivement. C'est l'idée que l'on garde une certaine dose de pilotage humain du processus. C'est bien dans l'intention de principe. C'est sans doute encore mieux en pratique avec des techniques concrètes. Soit de la certification professionnelle avec une norme sur laquelle on travaille. Une norme dite de garantie humaine de l'IA où par exemple, on va aller dire que c'est une bonne pratique d'aller chercher



cher tous les deux ou trois mois, 30 ou 40 dossiers médicaux de manière ciblée aléatoire, ex post, pas d'autorisation préalable, pour qu'un collège de deuxième avis médical, auquel le cas échéant les patients seront associés, puisse donner son avis pour s'assurer que l'IA, le Machine Learning reste sur une piste éthique soutenable. Ce qui permet sans doute de répondre à une partie du questionnement que le professeur Chang posait. L'effet boîte noire du deep learning, il ne faut pas le contrôler a priori, mais le suivre au fil de l'eau pour

s'assurer qu'il reste sur une piste de développement soutenable.

Deuxième principe qui a été présenté hier au congrès E-Health World avec la société française de télémédecine, la télémédecine de garantie humaine. Là, il y a un cas d'application directe en radiologie. Je suis médecin de première ligne. Mon algorithme préféré de traitement d'images me propose une solution. Je ne suis pas très sûr. J'appelle le Docteur Masson. J'ai besoin d'un deuxième avis spécialisé, soit dans un cran de spécialité sur lequel il n'y a pas suffisamment de data pour pouvoir donner un diagnostic fiable, soit j'ai besoin de Docteur House, le médecin qui a de la bouteille, qui a de l'expérience et qui saura dire que les choses ne sont pas arithmétiques ou mathématiques.

Troisième principe, la graduation de la régulation en fonction du niveau de sensibilité des données. Le RGPD est une avancée, mais sa protection est sans doute trop formelle, trop rigide dans toute une série de segments. C'est comme cela. Il y a certainement des éléments qu'il faut approfondir. En sens inverse, il n'est pas protecteur du risque réel qui est le risque de captation de données sensibles par une intelligence artificielle que nous ferions entrer dans un système d'information, mais dont nous ne contrôlerions pas les bases de fabrication. C'est ce sur quoi on travaille avec l'IHU<sup>2</sup> Imagine de Necker. Quelques principes de bonnes pratiques d'application de l'IA appliquée aux données de génome com-

plet, avec par exemple une distinction des entrepôts de données génomiques et des entrepôts de données de contexte phénotypique. Ce qui permettrait dans la base d'un périmètre de sensibilité plus protégé, d'aller beaucoup plus loin dans les expérimentations de machine learning sur le génome complet, mais en ayant un degré d'assurance suffisant que ces bases génomiques ne seront pas captées ailleurs.

L'accompagnement à l'adaptation des métiers, je n'entre pas dans les détails. C'est évidemment fondamental pour votre spécialité. Je vous redis ma conviction. Je ne crois pas que vous soyez une espèce en extinction, si vous me passez l'expression. Je pense que le fait que vous vous saisissiez de cette question est un signe positif. Ce qui vaut la remarque que je fais pour l'imagerie, vaut pour les différents métiers dans la mesure où il y a toute une série de variables qui ne sont pas connues à ce jour. Par exemple si l'IA se développe, ce dont on est sûr, quelle sera la place respective laissée entre, dans un champ donné, la profession médicale et la profession paramédicale ? Il peut y avoir plusieurs schémas d'évolution, de repositionnements respectifs, voire de disparitions de telle ou telle spécialité. Pourquoi est-ce que ce serait la spécialité médicale qui disparaîtrait et pas la spécialité paramédicale ? Pourquoi est-ce que ce ne serait pas finalement plutôt ce qui est notre élément d'analyse première sur le champ santé ?

<sup>2</sup> Institut Hospitalo-Universitaire.

À plus deux ou trois ans, notre conviction est que les impacts ressources humaines (RH) porteront d'abord sur les spécialités ou les métiers qui ne concernent pas la prise en charge des patients elle-même, tout le back-office logistique, administratif, technique. Pourquoi ? Parce qu'il y a déjà des solutions d'IA existantes dans d'autres secteurs de la vie économique qui sont fonctionnelles sur tout ce qui est gestion RH, administrative et comptable.



Le dernier principe pour superviser les quatre précédents, supervision externe indépendante. Il y a plusieurs schémas. Là, c'est un arbitrage politique qui sera sans doute à rendre dans la loi de bioéthique. Si vous me demandez mon avis personnel, je dirais qu'une supervision privée pure me semble suffisante dans un schéma de développement de l'innovation, des principes ISO <sup>3</sup>, des principes de certification auxquels en radiologie vous êtes bien habitués. Simplement, dans notre ambiance politique nationale, je ne suis pas sûr que ce schéma privé pur passe la rampe. Il faut essayer sans doute de ne pas proposer un schéma public pur parce que là, ce sera ceinture et bretelles. On bloquera l'innovation. Peut-être une formule intermédiaire. D'ailleurs, le Conseil National de l'Ordre des médecins proposait un peu quelque chose de ce type, une instance de régulation supérieure investie d'une dose d'autorité de souveraineté et puis en dessous, de la soft law, des mécanismes de régulation, des principes de certification comme ceux que j'évoquais à l'instant.

En conclusion, on voit bien que dans notre histoire de loi informatique et liberté depuis 1978, la France s'est régulée, mais a beaucoup plus de mal à identifier et soutenir les déclencheurs de développement. Vous êtes en avance dans l'exposition au développement de l'IA avec des solutions de reconnaissance d'images déjà fonctionnelles. Vous avez conscience qu'il y a un impact sur les métiers et qu'il faut l'anticiper. C'est ce que vous faites. C'est très bien. Cela vient au bon moment puisque hasard ou transcendance, la France va avoir à se prononcer sur cette question-là dans la loi de bioéthique de 2018. C'est une échéance législative importante. Il ne faut pas en mettre trop dans la loi, pas de sur-règlementation, mais il ne faut pas passer à côté de certains principes essentiels. C'est le moment de le faire parce que si on ne le fait pas ici, le risque éthique principal est celui de l'importation de solutions non éthiques conçues ailleurs dans des cadres moins conformes aux principes d'une société démocratique avancée. Le temps est compté. Merci de votre attention. ■

<sup>3</sup> Organisation Internationale de Normalisation.





# Intelligence Artificielle et médecine : les recommandations publiques de l'Ordre

**Jacques LUCAS**

Vice-Président - CNOM



# I. A. et médecine : les recommandations publiques de l'Ordre \*

**M**erci d'accueillir l'Ordre sur le sujet qui vous préoccupe. Notre coopération avec la FNMR, la Société française de radiologie et les organes de la radiologie française en général dans le G4 <sup>1</sup> sont anciens puisque nous avons déjà produit en 2005 un guide du bon usage professionnel et déontologique de la téléradiologie. Ensuite, le sujet a été accaparé par des organes à vocation un peu marchande qui fait qu'il faut utiliser cette leçon pour ne pas rester dans le concept et dans les grandes déclarations de l'éthique, mais de faire de l'éthique

appliquée et de la déontologie opérante. Je vous proposerai tout à l'heure une des

solutions de partenariat de vos organisations avec le Conseil National de l'Ordre au regard du traitement des données, des algorithmes et de l'intelligence artificielle en radiologie.

Vous avez dans la pochette qui vous est remise les 33 recommandations qui ont été publiées par le Conseil National de l'Ordre.

Nous les avons appelées recommandations, car elles s'adressent à la puissance publique, aux professionnels, à l'université et qu'elles sont formulées en termes un peu académiques pour leur donner un peu plus de portée et d'être entendues. Ce premier objectif est atteint puisque comme David Gruson vous

l'a dit tout à l'heure, je participe pour le Conseil national à un groupe de travail du



\* Re transcription de l'intervention orale

<sup>1</sup> Conseil professionnel de la radiologie regroupant le Conseil des Enseignants en Radiologie de France (CERF), la Fédération Nationale des Médecins Radiologues (FNMR), la Société Française de Radiologie (SFR), le Syndicat des Radiologues Hospitaliers (SRH).

Comité consultatif national d'éthique. J'ai été entendu par Dominique Pon, directeur de la clinique Pasteur de Toulouse, chargé par la ministre du numérique en santé en général. Les sujets dont nous débattons ce matin et dont vous allez débattre cet après-midi en font évidemment partie.



Alors, je dirais au tout début puisque quand l'Ordre s'exprime, il est absolument nécessaire de faire référence à Hippocrate, mais Hippocrate - la radiologie n'existait pas à l'époque - a sorti l'Homme de la puissance des Dieux et a dit qu'il était inutile de faire des sacrifices expiatoires individuels ou collectifs pour obtenir les clémences divines et qu'il valait mieux observer l'Homme dans son environnement pour lui porter secours. Actuellement, le monde dans lequel nous nous trouvons, les professionnels comme les personnes malades. Je vous dis pourquoi j'utilise le terme de personnes malades plutôt que patients, car le terme de patients comporte encore un aspect un peu clinostatisme de soumission. La personne malade qui n'est pas un individu bardé de capteurs et d'objets connectés qui enverraient leurs données vers une intelligence artificielle.

Je vous engage d'ailleurs à lire l'intégralité du rapport qui se trouve sur le site du Conseil national. Sur les 33 recommandations, je vais en sortir quelques-unes seulement et faire peut-être quelques développements autour d'elles.

Le premier point, ce n'est pas la première recommandation puisque c'est même la

sixième. Le temps nous étant compté, je sors celle-là. Les transformations à venir s'annoncent aussi profondes que celles qui ont accompagné l'invention de l'écriture puis de l'imprimerie. Je vous rappelle que les autorités régulatrices de l'époque qui étaient pour ce qui concerne nos pays, la sainte inquisition romaine ne badinait pas puisqu'elle brûlait les livres qui étaient disruptifs par rapport à la pensée unique qui prévalait alors et qui se trouvait dans les saintes Écritures. Parfois d'ailleurs pour plus de commodité et pour éviter qu'ils ne recommencent, elle brûlait les auteurs et comme cela, il n'y avait pas de problème.

Tout cela pour dire en fait sur un mode qui est à la fois plaisant, mais un peu dramatique qu'il ne suffit pas que nous les professionnels, restions sur les bords du fleuve numérique en vitupérant sur le fait que l'on va nous déposséder de quelque chose pour que cela ne se produise pas. Il ne suffit pas que la France fasse une loi pour que cela ne se produise pas. Par définition et David l'a évoqué tout à l'heure, il y a des géants multinationaux qui ne sont pas des États. GAFAM<sup>2</sup>, ce ne sont pas des États, mais les GAFAM imposent finalement leur politique aux États-Unis. De même qu'en Chine, les sociétés qui développent

<sup>2</sup> Google, Apple, Facebook, Amazon.

ne sont pas des États. Elles se moquent un peu éperdument de normes qui seraient purement étatiques. Il ne faut pas croire que le Parlement français pourra édicter une loi et fermer les frontières à internet. On voit d'ailleurs que les pays qui ferment les frontières à internet ne sont pas des pays où s'épanouissent les libertés individuelles.

Il faut donc qu'il y ait un débat public. Guy Vallancien a évoqué le sujet en disant que l'on parle beaucoup du climat. Il y a eu une convention des parties pour le climat. À propos des États-Unis, vous savez qu'ils s'en sont retirés, mais peut-être vont-ils y revenir. Peut-être faut-il qu'il y ait également une convention des parties sur des sujets numériques pour que puissent être posés des interdits qui peuvent être des interdits d'ordre public, mais qui ne peuvent pas être des interdits nationaux ? De toute façon, on ne bloquera pas une innovation, même si elle vient très fortement impacter l'organisation des métiers et en particulier tous les métiers, dont le vôtre, qui traitent de l'image. La dermatologie est bien évidemment très directement impactée, toutes les autres professions de santé aussi, mais peut-être à des degrés moindres.

Nous demandons donc à la puissance publique d'organiser un débat public, car ce sujet-là n'est pas uniquement une affaire d'experts que ce soit des experts professionnels, que ce soit des experts académiques, mais c'est un débat citoyen. Il faut que les citoyens puissent se l'approprier. On voit bien d'ailleurs qu'à l'occasion des

révisions de la loi de bioéthique, le Comité consultatif national d'éthique a estimé qu'il produirait probablement un avis sur les technologies. Ce qui rejoint la proposition du Conseil national de l'Ordre d'avoir une loi de technoéthique en termes très généraux. Je reviendrai tout à l'heure sur les notions de droit dur et de droit souple afin de ne pas bloquer l'innovation.

Le deuxième point après le débat public, c'est que l'Ordre recommande qu'une sorte de déterminisme technologique, ou de magnifier la technologie, ne puisse pas conduire à la passivité apparente de la société qui se sentirait impuissante à faire entendre ses préoccupations. Il attire l'attention sur le fait que des appréhensions sociales ou professionnelles qui n'auraient pas pu s'exprimer ni obtenir de réponses adaptées aux inquiétudes pourraient conduire à des rejets violents - les canuts de Lyon puisque nous sommes à Lyon - devant des mutations trop radicales brutales ou mal expliquées. Nous avons là, toutes les organisations professionnelles, un devoir pédagogique à faire vis-à-vis de nos membres.

Nous recommandons également que les usagers, les patients, les médecins et les autres professionnels de santé s'engagent dans le monde des datas, des algorithmes, sans appréhensions paralysantes ou véhémences dogmatiques. Le Professeur Chang a dit tout à l'heure également : « N'ayez pas peur. », même si les termes de « N'ayez pas peur » relevaient du pape à l'ONU. C'est en participant eux-mêmes,

vous-même et conjointement à la conception et à l'élaboration d'objets et de dispositifs intelligents propres à répondre à leurs besoins qu'ils guideront utilement le secteur industriel puisqu'il y a cela derrière, plutôt que de laisser faire des lois du marché qui s'imposeraient à eux.

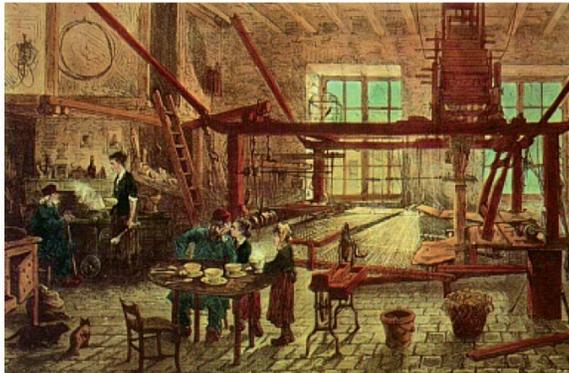
La référence que j'ai faite à la télémédecine peut trouver ici des objets de réflexion. Dans ces perspectives, les organisations et représentations professionnelles médicales et scientifiques doivent accompagner l'ambition de l'économie numérique de santé en France. C'est à ce niveau-là que nous vous engageons vraiment très fortement en tant que discipline structurée de vous emparer

du sujet de l'intelligence artificielle, de réfléchir aux entrepôts de données. Je vais y revenir après. À cet égard, si vous preniez cette voie, mais c'est à vous d'en débattre, nous sommes prêts à vous accompagner de nos expertises et de nos champs de compétences d'une déontologie numérique. Quoique les dispositions actuelles du code de déontologie médicale en tant que textes réglementaires permettent de s'appliquer au monde numérique. Encore faut-il les reformuler ou les réinterpréter au sujet de quelques articles, notamment en

ce qui concerne le secret médical. C'est-à-dire le secret du patient et non pas le secret professionnel du médecin.

Sur un plan plus concret dans le cadre de la stratégie nationale de santé qui a été développée par la ministre, il y a eu récemment un Conseil stratégique du numérique en santé qui a été installé. Nous ne savons pas s'il va avoir une longue durée de vie ou pas. Après les concertations multiples auxquelles vous êtes associés

certainement en tant qu'organisations syndicales au ministère, cela sera peut-être reconfiguré. Il nous semble impératif qu'il existe un conseil stratégique du numérique en santé, incluant ce dont nous parlons et que



dans ce conseil stratégique, il y ait des représentations professionnelles, y compris du secteur libéral puisque vous avez fait une incise acide tout à l'heure. En tout cas, nous en sommes membres pour ce qui concerne l'Ordre actuellement.

Un autre aspect, c'est que la formation initiale et continue va jouer bien évidemment un rôle crucial dans l'anticipation et l'accompagnement vers une médecine du futur qui est déjà présente, que l'on peut appeler assez globalement dans un futur

très proche, utilisant les dispositifs d'intelligence artificielle. Il faut former dès maintenant les médecins en fonction du monde dans lequel ils exerceront et dans lequel les technologies tiendront aux côtés de la clinique une très grande place. Il s'agit bien de ne pas transformer une personne, la résumer plus exactement sous la forme d'un cliché avec un automatisme qui donnerait non seulement le diagnostic, mais la conduite à tenir. Une des caractéristiques médicales et de l'avancée des connaissances a été l'exercice de la transgression par rapport à des savoirs établis.

Par conséquent, nous avons toute notre place à tenir. D'autant que Jean-Gabriel Ganascia, que vous pourrez lire et qui est quand même une personnalité sur ces sujets, dit bien que les dogmes sur lesquels nous vivons peuvent être retranscrits, même involontairement dans la construction d'un algorithme qui fait que finalement l'algorithme s'il n'était pas autoapprenant, reproduirait des dogmes qui ne seraient pas remis en cause, alors que c'est bien par la transgression que l'on peut évoluer sur un certain nombre de sujets. La chimiothérapie dans le cancer du sein chez une femme enceinte était un interdit fondamental. C'est bien parce que des équipes ont transgressé cet interdit, qu'il existe actuellement des chimiothérapies qui peuvent être proposées dans des cancers du sein à propos des femmes enceintes.

Un autre sujet qui va certainement vous troubler, mais qui est très important, c'est que lors de la détermination démographique des diverses spécialités médicales à former durant leur cursus universitaire et dans les contenus mêmes de ces formations, il doit être tenu compte des évolutions prévisibles des métiers. Cela concerne non seulement les nouveaux métiers, les pratiques déléguées, les pratiques avancées dont on parle beaucoup actuellement mais également, puisque l'on a parlé de délégation de tâches, un certain nombre de ces tâches qui pourraient être automatisées, pourraient être accomplies dans des échéances que nous avons chiffrées de cinq à dix ans – cela ne sera pas plus long. Ce sera même peut-être plus court – par des dispositifs intégrant de l'intelligence artificielle.

J'avais d'ailleurs soumis, Jean-Philippe si tu t'en souviens, cette recommandation à tes observations préalables. Nous avons simplement recommandé d'entreprendre cette réflexion de façon très rapide et de ne pas attendre. Je demande au Professeur Meder de m'en excuser. Je sais que cela n'est pas d'ailleurs directement le cas chez vous. Que l'université à elle seule ait décidé de la formation des métiers, d'autant que par nature, elle peut avoir tendance à voir cette formation en fonction de besoins propres au fonc-



tionnement des établissements et pas nécessairement en fonction des besoins sur les territoires. Ce sujet-là tient à cœur, particulièrement au Conseil national. La formation doit être faite en fonction des exercices sur les territoires. Les territoires comportant des établissements, mais également le secteur ambulatoire.

Nous nous engageons également, car David est passé un peu rapidement, à examiner le régime juridique des responsabilités. Le médecin, la situation ou le dilemme, nous avons bien sûr des idées là-dessus, mais je vous expose les choses sur un plan un peu général. Le médecin, et il y en a actuellement, va suivre les recommandations de la Haute autorité de santé à partir du moment où il considère qu'il n'a pas de responsabilité dès lors où il a suivi les recommandations. C'est faux parce que s'il y a un contentieux, le fait qu'il ait suivi les recommandations viendra bien sûr comme argument à sa défense, mais on pourra toujours lui dire : « Dans ce cas particulier, vous pouviez transgresser la recommandation qui n'était pas adaptée. » C'est un peu cela le contexte. Un certain nombre de nos confrères, peut-être pas vous, estiment - qu'à partir du moment où agissant un peu comme des automates - ils appliquent une recommandation et ne la critiquent même pas. Ce qui peut poser d'ailleurs un certain nombre de sujets lorsque les médicaments ont été retirés de la prescription,

comme récemment les antiparkinsoniens. Cela s'est posé dans d'autres sujets.

Ce que je veux dire par là en ayant pris cet exemple, un médecin va utiliser des moyens d'intelligence artificielle dans l'exercice de votre métier. Vous allez suivre ce que va vous dire la machine. Vous allez donc arriver à un diagnostic et une thérapeutique ou une conduite à tenir tout au moins. Il en résulte un dommage. Qui est responsable ? Le fait que vous avez suivi ce que vous dit la machine ou vous-même parce que vous auriez pu ne pas suivre ce que vous disait la machine ? Il peut donc y avoir là un conflit. Contrairement à ce que me disait David sur des aspects juridiques, nous ne sommes pas absolument convaincus - je suis même persuadé du contraire - que l'état actuel du droit règle ce problème. Je ne sais pas si Anne Laude intervient. Je pense que c'est quand même un sujet qui mérite sur un plan strictement juridique d'être évoqué.



L'exploitation des données massives présente un intérêt majeur. Actuellement, il existe le système national des données de santé qui est géré par l'Institut national des données de santé (INDS), qui comprend les données du SNIIRAM<sup>3</sup> et les données du PMSI<sup>4</sup>. Ce sont des données publiques. Ce sont des bases publiques. On a mis des verrous pour accéder à ces données. L'open data n'est que de l'open en partie, à juste titre d'ailleurs pour éviter qu'il n'y ait des réidentifications des personnes. À partir du moment où les données peuvent être anonymisées, notamment pour enrichir l'intelligence artificielle, la question ne se pose pas.

Cependant à côté du système national des données de santé, il existe des entrepôts de données. Ces entrepôts de données peuvent se trouver dans des établissements. Ils peuvent se trouver également dans des archives ou dans des bases qui se trouvent dans des cabinets de radiologie. Ce sont donc des données exploitables à condition qu'elles soient de bonne qualité. Si on nourrit l'intelligence artificielle avec des stupidités, elle deviendra parfaitement stupide. Par conséquent, il y a un vrai problème sur la qualité de la data initiale. Il serait nécessaire qu'il y ait une régulation appliquée à ces entrepôts à partir du moment où l'on va réutiliser ces données, y compris à des fins professionnelles.

Ne nous leurrions pas. On peut mettre une régulation sur les données des bases publiques ou des bases privées qui seraient des entrepôts de données, mais en même



temps, vous observez en particulier avec ces petits appareils (smartphones) que le citoyen ou la personne dissémine dans l'espace vers des plates-formes non régulées, tout un tas de données de santé ou de données de comportements qui sont parfaitement identifiantes. Est-ce qu'il le sait ou est-ce qu'il s'en moque ? Il faut probablement interroger la jeune génération qui se trouve géolocalisée en permanence, qui échange sur les réseaux sociaux et qui se dit : « Moi, ma vie est transparente. Je n'en ai rien à faire, même si on exploite mes données. » Ce n'est pas à des collègues d'experts de dire que c'est bien ou c'est mal. C'est bien à cet égard qu'il faut qu'il y ait également un débat public.

Allons au-delà. Les dermatologues, c'est le traitement de l'image. Bien sûr dans un certain nombre de cas, il faut qu'ils palpent. Il y a peut-être un ganglion satellite, mais il y a quand même beaucoup de lésions dermatologiques qui avec une excellente photo faite par un iPhone peut être envoyée sur une base de données. Du coup, c'est la personne elle-même qui va utiliser des dispositifs d'intelligence artifi-

<sup>3</sup> Système national d'information inter-régimes de l'Assurance maladie.

<sup>4</sup> Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information.

cielle. Elle pourra recevoir en pleine figure : « Vous avez un mélanome très évolué de la peau. Votre durée moyenne de survie va être de 18 mois. » On voit bien que là, il se pose un véritable problème. Faut-il ouvrir des dispositifs d'intelligence artificielle vers les personnes ? Il y a un ORL actuellement à Strasbourg qui a développé un dispositif pour prendre des photos de tympans. Les photos de tympans partent très rapidement sur une base de données qui est aux États-Unis. La photo de tympan revient avec une très grande qualité pour dire que c'est un tympan normal, ce n'est pas très compliqué, mais pour décrire même des lésions. Vous êtes à l'abri de cela parce que les dispositifs que vous utilisez actuellement sont plus complexes, mais peut-être faut-il voir de façon plus lointaine.

Pour conclure, je parlerai du droit souple. Je rejoins David et ce que pensent beaucoup de personnes dans ce domaine. Il ne faut pas que des règles de droit dur, c'est-à-dire nous avons en plus en France un pays de tradition écrite. Quand il y a un problème, on fait une loi. La loi renvoie à des décrets d'application. On s'aperçoit au bout du bout que les décrets dans leur application sont venus compliquer la solution du problème qui était posé initialement. Je le dis tout à fait clairement. Il faut certainement des règles de droit dur qui encadrent. Un vice-président du Conseil d'État disait d'ailleurs : « La loi doit être brève et solennelle. Elle est aujourd'hui devenue bavarde et tatillonne. » Il faut en revenir à la loi brève et solennelle qui

fixe les principes du vivre ensemble dans la République numérique. Il y a d'ailleurs une loi qui a été publiée sur la République numérique. Renvoyer à des autorités régulatrices, le soin d'émettre des recommandations puisqu'on les appelle comme cela, qui consistent à produire du droit souple. C'est-à-dire que les recommandations peuvent être rapidement évolutives.

Nous avons d'ailleurs une idée sur ce sujet-là sans rajouter un machin supplémentaire pour produire des recommandations. C'est de réunir sur le plan numérique les instances qui existent actuellement : la Haute autorité de santé, le Conseil national de l'Ordre parce que l'on prétend avoir une qualité d'expertise et en tout cas, une légitimité pour nous exprimer sur ce sujet, le Conseil national du numérique, un certain nombre d'instances qui seraient qualifiées pour émettre des règles de droit souple.

J'aurais pu vous en dire bien sûr plus longtemps. J'espère que mes propos ne vous auront pas rasés. Nous vous inviterons au contraire à lire dans leur intégralité les recommandations et les raisons sur lesquelles elles se fondent, qui ont été longuement développées. Je vous remercie. ■



# Comment le radiologue libéral se prépare à l'arrivée de l'Intelligence Artificielle ?

**Robert LAVAYSSIERE**

Vice-Président - FNMR



# Comment le radiologue libéral se prépare à l'arrivée de l'Intelligence Artificielle ? \*

**J**e remercie Jean-Philippe, de m'avoir proposé ce sujet qui est donc « le radiologue libéral et l'intelligence artificielle, comment se prépare-t-il ? ». Il y a un certain paradoxe à présenter un sujet d'avenir lorsque l'on en est à la fin de sa carrière. Mon propos sera en partie rétrospectif. Il sera un peu d'actualité et également de prospective. Vous vous demandez sûrement quel est le rapport entre ces deux tableaux. Vous avez remarqué que dans les présentations précédentes, il y avait eu beaucoup de tableaux présentés. C'est assez curieux. C'est au moins un point commun.

La dame qui est là dans cette belle tenue est la fille de Lord Byron qui s'appelait Ada Lovelace, Lady Lovelace et qui, historiquement, est la première programmeuse de l'histoire de l'informatique. Elle a utilisé la machine de Charles Babbage qui servait à faire des calculs. Pour la petite histoire, cette dame est morte d'un cancer de l'utérus. Le personnage qui est à droite, c'est une image de synthèse qui a été faite grâce à l'intelligence artificielle au sens le plus large, à partir de multiples

tableaux de Rembrandt. C'est donc une image d'un tableau de Rembrandt potentiel, créée grâce à l'intelligence artificielle. Ce qui vous démontre la capacité de cet ensemble de moyens à faire des choses tout à fait intéressantes.

Alors, je le dis aux jeunes. N'ayez pas peur, comme cela a été dit que ce soit par le vice-président du Conseil de l'ordre ou, éventuellement, par le pape. Vous avez une période devant vous qui est tout aussi passionnante que celle que nous avons connu ces 40 dernières années avec le développement des nouvelles techniques. Le distributeur de papier gras peut servir à distribuer certains ouvrages sur l'intelligence artificielle, bien sûr.

La première question que l'on se pose, c'est effectivement de définir ce que c'est l'intelligence artificielle. C'est simple finalement. C'est de décomposer l'intelligence humaine en fonctions élémentaires et de simuler chaque fonction avec l'informatique. Comme vous voyez, ce n'est pas un concept récent puisque cela date de 1956.

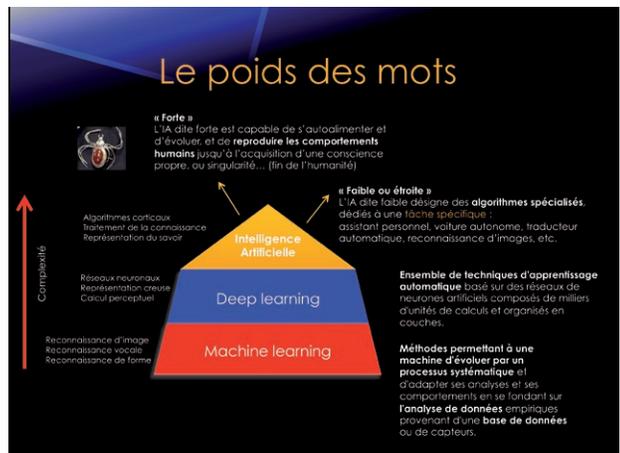
La deuxième question que l'on peut se poser aussi puisqu'on le présente toujours,

\* *Retranscription de l'intervention orale*

c'est le fameux « hype » auquel faisait allusion le Professeur Chang tout à l'heure. Est-ce que c'est vraiment si nouveau que cela ? Quand on regarde un petit peu en arrière on s'aperçoit que ce n'est pas nouveau du tout puisqu'effectivement, les ordinateurs datent des années 40 et que les premiers essais d'intelligence artificielle ont suivi très rapidement. Si l'on regarde, on voit qu'il y a quelques étapes. Je passerai sur la partie gauche que vous retrouverez dans vos dossiers pour aller plus vite à droite sur le programme Eliza auquel Monsieur Gruson a fait allusion, insister un peu plus sur un système qui est pour l'époque (1974) tout à fait novateur qui était un système qui permettait d'identifier les bactéries et de suggérer l'antibiotique et la posologie adaptée au poids du patient. Cela fait 40 ans, même un peu plus. Bien sûr, on a parlé de Kasparov. On passera là-dessus pour insister un tout petit peu plus sur Watson qui est toujours d'actualité. On sait aussi qu'un certain nombre d'universités notamment aux États-Unis se désengagent des programmes parce qu'ils coûtent trop cher pour ce qu'ils réussissent à produire. Le fameux jeu, en l'occurrence de « Jeopardy », est assez intéressant puisqu'à une question posée sur les villes américaines, le logiciel a répondu Toronto. Vous savez tous que c'est au Canada. Donc, il faut toujours prendre avec des pincettes, tout ce qui se raconte. Bien sûr, le jeu de go procède aussi d'une méthode tout à fait différente

du jeu d'échecs, mais quelque part, il y a une similarité. On peut comprendre que les machines puissent s'y adapter plus facilement. À côté de cela, vous n'avez pas échappé à droite et à gauche au buzz qui est fait autour de l'intelligence artificielle et aux illusions scientistes qui vont avec, qui promettent même - est-ce une forme de religion ? - la disparition de l'humanité au profit des robots. Ce qu'on appelle la singularité à laquelle il a déjà été fait allusion.

Il y a aussi un certain nombre de gourous médicaux, notamment en Suisse par exemple, comme cet universitaire des hôpitaux de Genève qui cite nommément la radiologie comme une technique qui pourrait disparaître sous l'effet de l'intelligence artificielle ou un think tank bien connu comme Terranova qui met aussi l'imagerie dans les poubelles de l'Histoire. Il y a aussi un certain nombre de gourous



bien connus : Bouzou, Ferry, Vallancien, Alexandre et compagnie. Il ne manque plus que - bien entendu, il est cité là-dedans - Schumpeter. On n'insistera pas trop pour revenir un peu sur le principe de l'intelligence artificielle.

Cette pyramide représente l'intelligence artificielle dans sa globalité avec une stratification. Le niveau le plus simple comme l'a dit Monsieur Chang tout à l'heure, c'est le « machine learning ». Or, vous l'utilisez déjà dans vos pratiques. C'est la reconnaissance d'image. C'est effectivement en partie les CAD <sup>1</sup> qui fonctionnent aussi avec un enrichissement via les réseaux neuronaux. Pour la petite histoire, pour les plus jeunes ici, quand les premiers CAD sont apparus en matière de sénologie il y a 30 ans, les gens se sont empressés de dire qu'il n'y avait plus besoin de médecins pour lire les mammographies et que l'on pouvait supprimer le deuxième lecteur dans le dépistage, puisque les CAD feraient mieux. On sait très bien que ce n'est pas vrai.

La reconnaissance vocale, Kurzweil, qui en est un des inventeurs, est aussi un des papes de l'intelligence artificielle. C'est une technique que vous utilisez pour certains depuis dix ou quinze ans au moins. La reconnaissance de forme est adaptée aussi dans les CAD pulmonaires, les CAD mammographiques et autres. Tout cela n'est pas vraiment nouveau. Ce sont des méthodes qui permettent aux machines d'analyser et d'évoluer un petit peu, mais sur des données spécifiques, une tâche

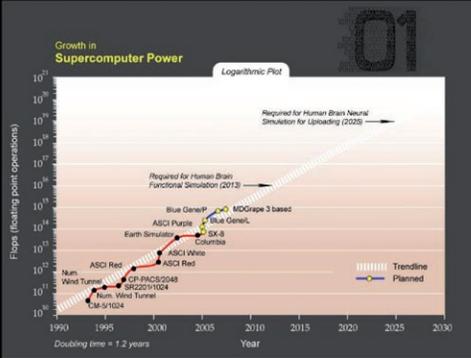
qui leur est assignée. Ce qui est plus difficile effectivement, c'est le « machine learning » qui est quelque chose de beaucoup plus complexe. Comme l'a dit Monsieur Chang, cela peut transformer une courbe de régression en forme sinusoïdale fausse. Nous ne savons pas exactement ce qui se passe réellement dedans. On nourrit cette machine avec de multiples informations. On lui applique des algorithmes, dont la transparence n'est pas la première qualité.

Après, on arrive à une intelligence qui est utilisée assez couramment. C'est ce à quoi a fait allusion tout à l'heure notre représentant ordinal. Ce petit ordinateur que vous trimbaliez tout le temps avec vous, il utilise ce que l'on appelle une intelligence faible ou étroite, ciblée sur des solutions à des problèmes spécifiques : assistant personnel, voiture autonome, traducteur automatique, reconnaissance d'image. Tout cela, c'est la réalité. Ce qui nous intéresse plus, c'est une intelligence forte et c'est encore quelque chose à venir, qui est capable d'évoluer et de reproduire des comportements humains. Ce n'est pas pour demain.

Cela signifiera peut-être effectivement la fin de l'humanité, mais il y a un certain nombre de réflexions qu'il me paraît important de souligner en ce qui concerne cette intelligence artificielle. Pour l'instant, il n'y a pas de moyen de faire réfléchir dans la machine. Cela reste tout à fait artificiel. L'intelligence artificielle une fois entraînée, elle répond à une tâche, mais ne sait pas comment elle arrive à ce résultat. Elle ne saura pas vous l'expliquer d'ailleurs. C'est

<sup>1</sup> *Computer Aid Diagnosis.*

# Loi de Moore ???



là où il y a le filtre des mathématiciens. On a un problème qui est celui de la boîte noire. Il y a dans le système quelque chose qui est obscur, qui est profond, dont on ne sait pas exactement ce qu'il y a dedans. On peut imaginer toutes les manipulations qui peuvent se produire puisque nous n'avons pas, nous utilisateurs potentiels de ces techniques, d'impact là-dessus.

Enfin, il y a aussi la puissance informatique. On est habitué à raisonner en termes de loi de Moore en se disant qu'effectivement, la puissance informatique double tous les deux ans. On peut imaginer qu'en 2025, on aura des machines qui nous permettront de simuler l'intelligence humaine. Peut-être que ce sera avant. Peut-être que sera après. Effectivement, il y a d'autres techniques d'informatique qui apparaissent et qui génèrent de nouveaux problèmes, mais il faut savoir que cela se fait lentement.

Ce qui est sûr aussi, c'est que cela a fait une irruption dans la vie quotidienne à un point qui est tout à fait extraordinaire, notamment avec les téléphones mobiles. Il est vrai que c'est devenu un moyen de paiement très courant. On valide avec un QR code, avec une empreinte digitale et la dépense passe immédiatement. On supprime l'argent. Cela a aussi un intérêt social évident qui est celui du contrôle des flux financiers. Petite histoire aussi, vous pouvez utiliser des appareils pour faire la cuisine, mais j'ai un souvenir personnel tout à fait précis. Denis Le Bihan, en 1984, avait écrit sur un commodore 64, ce qui ne dira plus rien à beaucoup de gens ici, un programme qui permettait de sortir des recettes de cuisine en fonction de ce qu'il y avait dans son frigidaire. Cela fait 34 ans.

Nous en sommes aujourd'hui à radiologie N.N puisque nous avons eu radiologie 1.0 ou Imaging 1.0 avec la *main de Röntgen*. Ensuite, Imaging 2.0 avec l'irruption des nouvelles techniques et des imageries en coupe. Nous en sommes théoriquement à Imagine 3.0 puisqu'au bout du compte, on essaye de remettre le patient au centre du débat et de sortir un peu de la technique. C'est là où les gens nous disent que dans le domaine de la santé, 30 % des processus peuvent être automatisés, voire même 60 % en imagerie. On nous dit aussi à l'en-*vi*, et nous le savons tous, mais nous avons mis chacun à notre façon des moyens d'y échapper, 50 % du temps médecin est affecté à des tâches non médicales. Pour moi, c'est l'enjeu majeur de l'intelligence artificielle.

Finalement, que peut attendre le radiologue qu'il soit libéral ou pas ? Le terme de libéral n'est pas limitatif de ces techniques. Je crois qu'il faut quand même garder à l'esprit et cela a été un peu dit aujourd'hui, c'est que le jugement humain doit venir au secours des machines et non pas l'inverse. Alors, si on fait le point, où en sommes-nous ? On sait que l'évolution de notre imagerie a fait qu'elle est totalement numérique maintenant à peu près partout. Il y a aussi un effet qui est en effet important, c'est la spécialisation par pathologie. Ce qui est un effet démographique non négligeable dans la mesure où cela aggrave le déficit démographique.

Dans ma génération, on savait tout faire. Ce n'est plus vrai du tout. Il y a une délégation de fonction - il y a été fait allusion - pour des examens, pour des gestes pour des fonctions informatiques, pour les technologies de l'information. Le radiologue ne fait plus tout lui-même. Il délègue largement. Il y a aussi une tendance lourde qui est bonne, c'est l'intégration fonctionnelle sur un site où théoriquement toutes les modalités et toutes les techniques sont disponibles, un point de référence dans un territoire où plusieurs points de référence dans des territoires. Nous sommes passés de l'art médical à un métier qui est un vrai métier avec des compétences et des compétences spécifiques. Il y a un point qui me paraît extrêmement important et dangereux, c'est que nous sommes passés d'un service individuel dans une relation de médecin à patient et vice versa à un système de production de masse dans

lequel nous avons été poussés et dans lequel nous nous sommes laissés pousser aussi sous l'effet de la productivité qui est un mot parfaitement détestable et qui a abouti à ce que les Américains appellent la « commoditisation ». C'est-à-dire que l'on vous transforme finalement en serveur de Mac Donald.

Quels sont les devoirs de l'imagerie ? Ces devoirs persistent dans le présent, mais également dans le futur et de façon encore plus aiguë maintenant avec la pertinence. C'est-à-dire l'imagerie au bon moment et de façon efficace. On attend de nous une précision diagnostique, à la fois technique, la bonne réalisation de l'acte et une correspondance avec la clinique, une sécurité physique pour le patient. Le patient doit ressortir dans le même état ou si possible en meilleur état après une procédure d'imagerie, voire interventionnelle, dans un bon état mental. On ne doit pas aggraver son état d'anxiété. Il doit être informé du résultat de l'examen. Il faut que le compte rendu soit utilisable. C'est-à-dire qu'il soit standardisé, structuré, cliniquement pertinent et qu'il réponde à la question si question il y a. Il faut que la communication soit adaptée, faite en temps voulu pour le patient, mais également pour le clinicien. Je vous rappelle que nous avons une obligation d'information ou de suivi de l'efficacité de notre information. C'est bien de faire un diagnostic de cancer du sein, mais encore faut-il que la patiente en soit consciente, ait bien compris et que le médecin derrière le soit aussi et qu'il assure le suivi que l'on ne voit pas revenir la même

patiente six mois après avec une demande de mammographie émanant d'un autre praticien qui a trouvé une tumeur.

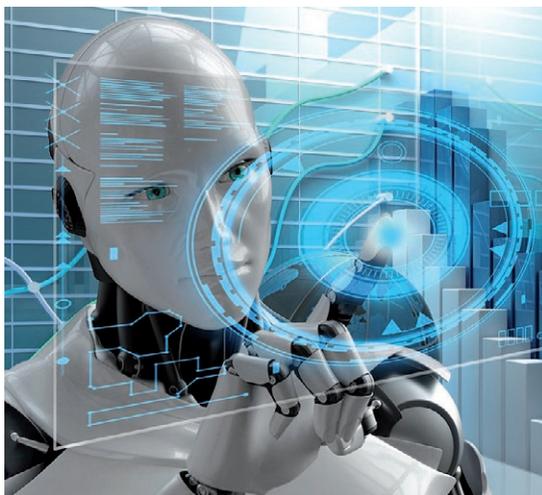
Bien sûr, il y a des faiblesses. On les connaît. Il y a du gaspillage. C'est évident. On sait quand on s'intéresse un tout petit peu aux erreurs en imagerie, il y a beaucoup de causes d'erreurs en imagerie. Il y a environ 40 biais cognitifs, dont une bonne dizaine qui sont adaptables à l'imagerie, qui expliquent les erreurs imputables au fonctionnement cérébral. Personne n'y échappe. On sait qu'il y a une qualité insuffisante. On peut estimer que 15 à 20 % des examens ont une incohérence diagnostique. Il y a une pénurie de spécialistes ou d'hyperspécialistes,

une communication insuffisante avec les patients et les médecins. Il y a une confidentialité insuffisante, avec une vulnérabilité des dossiers. Il y a aussi une perte d'efficacité par perte de temps. Cette perte de temps s'applique aussi bien aux médecins demandeurs qu'à nous-mêmes lors de la réalisation d'actes avec un certain nombre d'étapes quasi obligatoires que je ne vais pas vous lister,

que vous connaissez et que vous retrouverez dans votre dossier.

C'est là où l'intelligence artificielle peut nous aider en matière d'imagerie médicale. Dans la collection des données, la collection préalable avec l'établissement de questionnaires, l'utilisation des dossiers électroniques, la recherche automatique des données, l'aide à la demande. Il y a le guide du bon usage des soins, mais

on sait bien que le patient n'arrive pas en disant : « J'ai une tumeur. » Il faut quand même rester pertinent. La programmation en ligne des examens, toutes ces choses-là avancent doucement, l'extraction des informations pertinentes de données qui ont été collectées, le consentement par voie électronique, les protocoles



préprogrammés et la recherche automatique des antécédents et la comparaison. Il y a déjà une partie de ces fonctions qui existent dans nos systèmes, qui nous ont beaucoup simplifié la vie et qui ont grandement amélioré la qualité de nos prestations. Il y a le traitement des données avec l'analyse des questionnaires, l'aide à la détection, les CAD - je ne dirais pas l'aide au diagnostic - les reconstructions automa-

tisées, les comparaisons automatisées, la génération interactive de comptes-rendus et de comptes-rendus structurés et bien sûr, la deuxième lecture soit systématique, soit à la suite d'une expertise que l'on peut demander nous-mêmes ou que le clinicien peut demander.

Les applications sont très vastes. On peut imaginer effectivement que l'intelligence artificielle nous permette de trier les dossiers, faire une synthèse des images pertinentes et des données. Ce qui suppose des algorithmes extrêmement sensibles pour les dossiers normaux et pour les dossiers anormaux, des algorithmes très spécifiques. Cela ne sert à rien de détecter quelque chose si on ne sait pas quoi en dire ? Il y a un certain nombre de tâches parfaitement fastidieuses dont Monsieur Chang a parlé, notamment sur les critères RECIST. Si on devait faire cela nous-mêmes de façon manuelle en permanence, on y perdrait notre vie, voire notre santé. Le compte-rendu semi-automatisé est aussi une chose utile dans la mesure où il peut nous aider à faire un scorage automatique. Ce qui est bien utile pour que le discours soit cohérent et bien compris par les cliniciens correspondants.

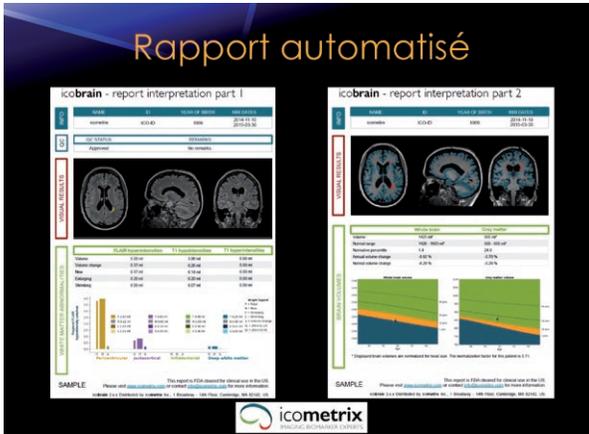
Derrière, c'est là aussi où l'intelligence artificielle peut nous aider. C'est l'assurance de qualité. On sait très bien qu'il peut y avoir des incohérences dans le compte-rendu, des erreurs de transcription et en reconnaissance vocale, on estime que le taux d'erreur peut aller jusqu'à 20 % au moins dans la transcription et la compréhension.

Cela peut être extrêmement grave. Il peut aussi y avoir des manques.

Il ne faut pas non plus oublier d'évaluer toutes ces techniques parce que c'est bien gentil de les proposer, mais il faut savoir à quoi on les utilise et quels sont leurs résultats finaux. On ne peut pas leur faire une confiance aveugle. Il faut rester effectivement critique. C'est indispensable. Alors effectivement, il y a déjà un certain nombre de logiciels qui nous aident dans la pratique. Là en l'occurrence, j'ai pris un exemple chez Philips. Je ne suis pas client Philips, mais c'est un système que je trouve intéressant. Pour prendre une firme indépendante, un rapport automatisé proposé par Icometrix qui est une évaluation de l'évolution des plaques de sclérose en plaques et qui est un système tout à fait performant. C'est vrai que cela n'a rien de passionnant ni pour vous ni pour moi, d'aller compter les plaques et de voir si elles ont beaucoup changé par rapport à l'examen précédent.

On voit aussi quand on prospecte un peu, quand on butine, des visions que l'on peut considérer comme des visions d'enfer en ce qui nous concerne. Par exemple, cette proposition d'une société américaine qui s'appelle Enlitic, qui considère que la croissance des données en matière d'imagerie est de l'ordre de 50 % en dix ans. Ce qui aboutit à une masse de données absolument considérable, qu'aux États-Unis par exemple, on va produire 300 millions d'images par an, qu'il serait utile que la machine fasse automatiquement un tri avec

## Rapport automatisé



surveillance, c'est dans le bon sens du terme.

Ce qui est assez fascinant, c'est de voir les sommes qui sont investies là-dedans par différentes sociétés. La partie droite de la diapo est une diapo que j'ai trouvée sur le site de Fujitsu à propos de la recherche sur la génomique, qui explique qu'il n'y a encore pas longtemps, il fallait plusieurs semaines pour explorer les données génomiques et génétiques d'une façon générale et qu'aujourd'hui grâce à l'application

de la technologie, cela peut être fait en une seule journée avec une vraie collection des données cliniques et des données génétiques.

une détection automatisée et en fonction du résultat de cette détection automatisée, un routage vers le spécialiste. En sachant qu'ils s'appuieront bien sûr, sur les réseaux neuronaux et sur les hyper CAD puisque l'on sait que les CAD actuels ont quelques défauts. Finalement, on aboutira à trois catégories : le dépistage, l'aide à la décision devant des nodules pulmonaires et une analyse rétrospective à partir des données collectées. Voilà une vision possible de ce que l'intelligence artificielle poussée à l'extrême pourrait nous apporter.

En ce qui nous concerne, il a été longuement question et il a été fait allusion à la télé-radiologie. Il y a un développement qui est potentiellement intéressant. Effectivement, on peut renforcer les performances de la télé-radiologie avec l'intelligence artificielle, avec les comptes-rendus structurés, la transcription et la traduction des comptes-rendus, le triage automatique pour l'externalisation, - on peut très bien en fonction du type de détection, l'orienter vers des spécialistes - la sécurisation des données, l'interopérabilité des systèmes et la création d'experts avec des experts qui agiront sur la base d'un service. En sachant bien sûr qu'il y a le problème des législations qui sont différentes d'un pays à l'autre, mais cela peut fonctionner dans un pays.

Quels sont les développements ? Je crois qu'il y a un point fondamental à retenir. C'est que nous changeons d'écosystème. C'est déjà fait pour les « clouds » qui sont plus ou moins passés dans les habitudes et toutes les techniques qui permettent effectivement avec le « blockchain » de faire une interopérabilité des systèmes et un « télémonitoring ». C'est-à-dire finalement, une surveillance à distance. Quand je dis

Chapitre II - Comment le radiologue libéral se prépare à l'arrivée de l'IA ? - 83

On en vient à un chapitre important qui pour l'instant n'est pas dans la pratique, ce sont les radiomics et les radiogénomiques. En haut de la pyramide après la collection de ces données, il y a la possibilité de mise en place de cette fameuse médecine personnalisée. Je vous rappelle que les radiomics, c'est la connexion entre l'imagerie et les données cliniques, histo-pathologiques et biologiques. On peut rajouter une couche de génétique. En sachant que derrière, il y a le risque du savoir, mais qui n'est qu'un savoir statistique. Encore, faut-il le rappeler.

On en arrive évidemment aussi au traitement des données. Là, on n'en est plus aux « big data ». On en est vraiment aux « huge data ». C'est un enjeu majeur pour la profession. Il faut structurer nos données, mais il ne faut pas non plus les laisser partir n'importe où et n'importe comment. Tout cela génère évidemment quelques réflexions sociétales. Les radiologues libéraux sont peut-être un peu plus que les radiologues hospitaliers au cœur de la cité, dans leurs interactions avec la médecine de ville, avec les patients de ville, les patients de l'hôpital. On peut citer Rabelais. Ces diapositives sont un peu terrifiantes.

Celle de droite est la place Tian'anmen à Pékin. Vous voyez que chaque personnage qui traverse la place fait l'objet d'une reconnaissance faciale. On sait parfaitement qui traverse la place. À gauche, c'est autre chose. C'est au Japon. C'est l'identification des véhicules. Ici par exemple, les comportements déviants des véhicules grâce au système de surveillance informatique.

Autre réflexion sociétale, faut-il être patient ? Quand je dis patient, c'est effectivement

au sens de celui qui attend, non pas au sens de celui qui souffre. En faisant un peu de recherches bibliographiques, je suis retombé sur cet article sur le dossier médical électronique et curieusement, on y retrouve Bruno Silberman et

Jean-Philippe Masson. C'était en 2004. Autant que je sache, le dossier électronique n'a rien donné, sinon un gouffre financier. Je ne citerai pas l'agence responsable.

Quelles sont les autres incitations ? Il y en a quelques-unes qui sont tout à fait valables avant de passer du fantasme à l'intelligence augmentée. Il y a la diminution des erreurs, les causes multiples et les variances. On voit de temps en temps les

**Radiomics/Radiogenomics**

- \* **Radiomics** : connexions entre imagerie et données cliniques, histo-pathologiques, biologiques, etc...
- \* **Radiogenomics** : intégration des données génétiques, "au risque de savoir"...
- \* **Big data ? Non, "huge" data !!!** Enjeu majeur +++

Médecine personnalisée

The slide features a pyramid diagram with four levels, each containing an icon: a microscope at the top, a person, a DNA helix, and a computer monitor at the base. A yellow arrow points from the text 'Médecine personnalisée' to the top of the pyramid.

chiffres : 100 000 morts par an dus aux erreurs médicales et j'en passe, etc. Est-ce que l'on va vraiment faire une économie en éliminant les fonctions à faible valeur ajoutée ? C'était le fameux back-office auquel ils faisaient allusion tout à l'heure. L'optimisation des coûts en éliminant les examens inappropriés, cela sûrement. La chasse aux abus qui concerne aussi bien les patients que les médecins et puis aussi les structures hospitalières. On sait très bien que certaines structures hospitalières, privées d'ailleurs parfois, trichent. Est-ce qu'il n'y a pas d'autres moyens pour facturer des actes qui ne sont pas à la nomenclature, malgré les nombreuses agences qui sont censées s'en occuper ?

Ilya un risque effectivement dans tout cela, c'est « l'ubérisation » - c'est un terme un peu galvaudé - ou la « commoditisation ». C'est-à-dire qu'il faut que cela aille aussi vite qu'au fast-food. C'est quand même une tendance lourde que l'on observe chez nos patients. Il y a la dérive aussi avec tous ces robots qui finalement, finissent par simuler une présence humaine. On peut prendre rendez-vous chez le coiffeur avec des hésitations. Le robot est capable de dire : « Je ne suis pas sûr. » et de tromper complètement la coiffeuse qui donne rendez-vous. Il n'y a pas de produit vraiment testé et pas de produit vraiment validé cliniquement. Pour l'instant, cela n'a pas été fait à ma connaissance, en tout cas.



Il y a des problèmes de législation, au-delà du problème des « big data », avec effectivement la législation sur la protection des données. Il y a l'usage des algorithmes dans le domaine de la santé. Qui définit ces algorithmes ? Qui les surveille ? Qui surveille leur évolution ? Si on imagine que la machine apprend, qu'est-ce qu'elle va apprendre ? Quelle direction va-t-elle prendre ? C'est une bonne question. On peut dire que l'éthique est devenue un trouble obsessionnel compulsif sans solution. À la fin, on arrive au transhumanisme et au solutionnisme. Je n'y crois pas beaucoup. Je serai probablement mort.

Dernière réflexion que je vais attribuer au photographe qui a fait cette photographie célèbre pour Givenchy, en l'occurrence Franck Horvat un jeune homme de 90 ans, qui est un photographe très connu, qui a vu son compte Facebook fermé parce qu'il y avait des femmes nues sur sa page. Comme il dit : « Ce qui m'attriste le plus, c'est d'imaginer que ce n'est pas un

homme qui a pris la décision, mais un logiciel. » Voilà, ce qui nous guette.

Cela veut dire qu'il faut rester vigilant, savoir ce qui est dans la boîte noire, quels sont les biais introduits, voire acquis dans les algorithmes, mais nous ne sommes pas des mathématiciens ni des informaticiens. On va devenir un peu prisonnier, comme on l'est d'ailleurs de nos fournisseurs de matériel ou de logiciels, notamment des RIS. Est-ce qu'il peut y avoir une discrimination induite en fonction des comorbidités ou d'autres critères que l'on ne connaît pas, un détournement de l'utilisation des indicateurs, des contournements légaux, voire tarifaires, un écart entre les créateurs, l'industrie d'un côté, les GAFA <sup>2</sup> et les utilisateurs, les médecins et les patients, avec un pouvoir exacerbé de la machine et au bout du compte, une remise en cause de la gestion de la relation fiduciaire qui est entre le médecin et le patient ? Une question fondamentale aussi qui a été posée. Que devient la confidentialité ? Effectivement, on a un peu l'impression que les gens finalement se moquent que leurs données soient connectées par leur iPhone ou leur smartphone quelconque.

J'ai une grande confiance dans l'imagination des radiologues et leur capacité à agir et de construire une entreprise en radiologie, peut-être pas intergalactique, mais au moins France entière. Quelle est la leçon dans tout cela ? Il est indiscutable que l'intelligence artificielle est là. Elle se développe rapidement. Est-ce que l'on arrivera vraiment à 40 % d'automatisation ? Je ne sais pas. Une chose est sûre, c'est

que l'on a tendance à nous proposer des solutions, mais qui ne tiennent pas forcément compte de nos problèmes. On ne doit pas plaquer des solutions comme cela. Il faut partir du problème et que l'on nous écoute. Ce qui est quand même assez difficile. On voit bien les lenteurs et les réticences que ce soit dans le domaine de l'industrie productrice de matériel ou les fournisseurs de logiciels. Il faut des années pour obtenir une modification. Il faut optimiser les structures et cela a été dit par Paul Chang, notamment en matière de tuyaux, mais pas uniquement, pour arriver effectivement à ce que l'on peut espérer être une intelligence augmentée et non pas une intelligence artificielle. Il faut choisir nos partenaires et la question que l'on peut se poser très légitimement, c'est de savoir si nos fournisseurs sont à la hauteur.

Si on prend l'exemple des fournisseurs français de logiciels de risques notamment, on sait que ce sont de petites boîtes qui marchent plus ou moins bien et que là aussi, c'est une galère permanente pour faire avancer les choses. Il me paraît extrêmement important de garder la main sur les données, les structurer et ne pas les galvauder. Au bout du compte, se souvenir quand même, c'est la relation médecin malade. Elle existe aussi en imagerie. Le médecin reste aux commandes par ses capacités cognitives. L'empathie du robot, ce n'est pas pour demain. J'ai choisi celle-là pour Monsieur Chang. Je pense que même l'intelligence artificielle n'arriverait pas à représenter un cerveau démocrate dans toute sa complexité. ■

<sup>2</sup> Google, Apple, Facebook, Amazon.





# Que va changer l'Intelligence Artificielle pour la radiologie selon la SFR ?

**Jean-François MEDER**

Président - SFR



# Que va changer l'Intelligence Artificielle pour la radiologie selon la SFR ? \*

**Q**ue va changer l'IA pour la radiologie selon la Société Française de Radiologie (SFR) ? C'est une question difficile. Pour m'aider à y répondre j'ai interrogé certains membres du groupe de travail IA de la SFR

L'IA : est-ce une évolution ou une rupture ? Pour un métier comme le nôtre qui a connu de telles révolutions au cours de son bref siècle d'existence, on pourrait supposer que c'est une nouvelle évolution. D'autant que le radiologue est prêt. Il est préparé à l'intelligence artificielle. Il est habitué au numérique. Il travaille le numérique à longueur de journée. Même la perception globale du sachant a évolué. Auparavant, savoir signifiait avoir un savoir encyclopédique ; aujourd'hui, savoir signifie « quelles sont vos facultés à aller chercher ce que vous ne savez pas ? ». D'ailleurs dans certaines facultés américaines des examens qui se font avec accès à internet. La place de l'imagerie a beaucoup changé. Il est classique d'entendre « d'abord l'examen clinique ». Cela reste vrai mais l'examen clinique, n'en déplaise à certains

cliniciens, a perdu un petit peu de sa pertinence parce que l'on veut très rapidement aller à la confirmation radiologique.

Faisons tout d'abord quelques constats :

- la quantité de données est de plus en plus grande ;
- nous ne sommes pas les seuls utilisateurs de l'image ;
- un circuit de l'examen radiologique totalement dématérialisé est souhaité par certains, en particulier des tutelles ;
- la relation patient-radiologue est dans certaines structures de moins en moins conséquente
- il existe des « usines » de téléradiologie et peut être aussi des « usines de radiologie », cela est très regrettable ce d'autant que nous avons un savoir, une tradition du soin, une éthique du soin.

Est-ce que l'IA est un cauchemar pour le radiologue ? À en croire certaines personnes, c'est oui clairement. Cela va être dramatique puisque l'IA fait aussi bien que l'expert. Dans Radiology, un éditorial nous rappelle qu'un software, approuvé par la FDA <sup>1</sup> permet d'informer le clinicien de l'existence d'une occlusion artérielle. Pour Geoffrey Hilton, il faut arrêter de for-

\* Retranscription de l'intervention orale

<sup>1</sup> Direction Générale de l'Offre de Soins.

mer des radiologues, puisque dans cinq ans... Un nombre considérable d'articles traitant d'IA sont référencés dans Pubmed, plus de 6000 depuis 2017. Parmi ceux-ci, seulement 7 % sont consacrés à l'imagerie ; l'IA ne tient pas compte du périmètre traditionnel des spécialités, elle s'intéresse aux parcours de soins, mais pas spécifiquement à la radiologie.

Pour beaucoup de collègues consultés, l'IA va permettre d'améliorer le processus de programmation et de réalisation des examens (conditions techniques de réalisation, diminution de l'exposition aux rayons X, automatisation des longueurs d'acquisition, débruitage, harmonisation des protocoles). L'aide à l'analyse des données sera aussi très utile.

Automatiser les tâches répétitives permettra de dégager du temps pour l'analyse plus sophistiquée et pour la relation radiologue-patient. Toutefois, qui va définir le seuil à partir duquel on pourra affirmer qu'une activité est répétitive ? L'évolution du métier vers des tâches plus complexes est certainement très intéressante et la plus grande disponibilité du radiologue pourra lui permettre de consacrer plus de temps aux patients et aux RCP.

L'IA ne devrait pas remplacer le radiologue pour plusieurs raisons : 1/ le radiologue est garant du choix de l'examen, de sa pertinence et des conditions de réalisation ; 2/ il corrige les erreurs diagnostiques ; 3/ et surtout, le radiologue est responsable.

Le radiologue peut-il devenir un « data scientist. » ? Quelles sont les activités qui définissent un data scientist ? Il est chargé de la gestion, de l'analyse et de l'exploitation des données, il a une formation d'analyste, une connaissance en statistiques, une maîtrise des outils, des notions de machine learning,... Tous ces éléments sont loin de faire partie de la formation du radiologue. Dans son rapport, monsieur



Villani écrit : « Il faut transformer les voies d'accès aux études de médecine, en intégrant davantage d'étudiants spécialisés dans le domaine de l'informatique et de l'IA. ». Il est certain que la formation des médecins doit tenir compte de l'IA mais comme l'ont dit des membres du groupe de travail IA de la SFR : « que le médecin travaille avec les scientifiques, c'est super, mais il doit rester la personne ayant les qualités humaines. ». Il faut saisir l'occasion pour renforcer les interactions entre



contre l'arrivée d'une médecine mondialisée (il y a une tradition du soin qui est liée à notre façon de vivre). Participer à la mise en place d'un cadre législatif, on doit y être.

Dans son livre, « le syndrome de Garcin », Jérôme Garcin rappelle ce que dit Charles Nicolle à un confrère désespéré par la souffrance d'un patient, atteint d'une maladie incurable : « lui avez-vous pris la main, au moins ? » ■

jeunes chercheurs et jeunes radiologues. Il ne faut pas oublier la part humaniste qu'il y a dans notre métier.

Nous assistons à une transition. On peut admettre que dès que la « machine » ira mieux, lira mieux, le radiologue sera obligé de voir son métier évoluer. Mais le pilotage de la transformation inévitable doit être fait par les acteurs du soin. Le radiologue doit participer à cette transformation, réfléchir à l'évolution de la formation, la réorganisation du travail et l'utilisation du temps libéré.

De quoi l'IA a-t-elle besoin ? Elle a besoin de données numériques, de données normées, de données labellisées, en particulier à des fins pédagogiques, de comptes-rendus des radiologues, de diagnostics fins. Elle a donc besoin de nous. Gérer une plate-forme, ce sera peut-être à nous d'y penser. Labelliser les données pertinentes, jusqu'à preuve du contraire, nous avons été formés pour les reconnaître. Valider des outils, protéger





# Comment un interne en radiologie se prépare à l'arrivée de l'Intelligence Artificielle ?

**Cédi KOUMAKO**

Président - UNIR



# Comment un interne en radiologie se prépare à l'arrivée de l'IA ? \*

**J**e vais vous parler de l'avis qu'ont les internes de radiologie de l'intelligence artificielle. Je remercie la FNMR de m'avoir invité aujourd'hui.

Pour commencer, cette petite présentation est basée sur un sondage que nous avons effectué auprès de l'ensemble des internes. Ce sont des résultats qui sont incomplets, parce que le sondage n'est pas encore clos, veuillez en tenir compte.

Vous voyez que nous avons eu 158 réponses à ce sondage, avec une distribution qui est relativement homogène sur les années des internes. J'espérais beaucoup de quatrièmes et de cinquièmes années, mais il y en a moins que les jeunes. Ce n'est pas très grave.

Voici, une diapo que j'aime bien, parce qu'à la FNMR, cela les intéresse peut-être de savoir ce que veulent faire les internes de leur vie plus tard. Beaucoup d'exercice mixte, la majorité veut faire de l'exercice mixte, étonnamment, mais c'est cela. De l'exercice libéral, un exercice hospitalier

exclusif, cela fait partie des moins intéressants pour eux. Apparemment beaucoup de « je ne sais pas », aussi.

L'idée de cette question initialement, c'était de connaître la population à laquelle on s'adresse, et de ne pas juste interroger des gens qui ont envie de finir PU-PH <sup>1</sup>. Là, c'est relativement hétérogène, donc cela m'intéresse. « Est-ce que vous avez déjà effectué une formation à la recherche ? » La majorité dit non. Encore une fois, ce ne sont pas des gens qui ont envie de finir universitaire, en tout cas, pas d'après ce qu'ils répondent.

La question intéressante : « est-ce que vous êtes ou avez été impliqué dans un projet en rapport avec l'intelligence artificielle ? » Et là c'est le drame, 147 personnes n'ont jamais eu de contact avec l'intelligence artificielle, 93 %. Il y en a 5 qui le sont en ce moment, qui ont un projet en cours autour de l'intelligence artificielle. Après les 1, 1, c'est 1 : « je ne suis pas, mais j'aimerais bien. » Et 1 « je cherche une start-up pour travailler autour de l'intelligence artificielle. » En gros, la majorité des gens qui ont répondu à ce sondage n'ont pas

\* Retranscription de l'intervention orale

<sup>1</sup> Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

été impliqués dans un projet autour de l'intelligence artificielle.

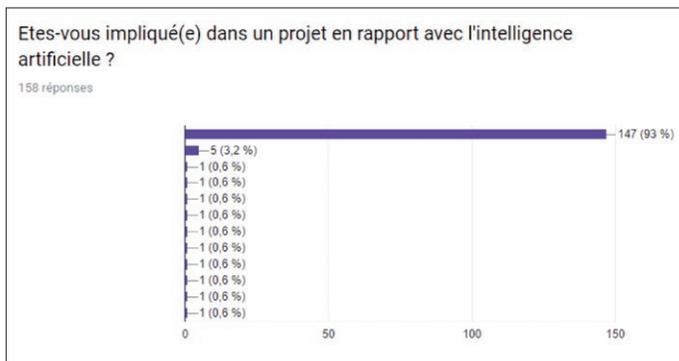
Question suivante : « est-ce que vous avez suivi une formation en rapport avec l'intelligence artificielle ? » Non, pour presque 97 % des cas, ce qui va bien avec la diapo précédente. Ils n'ont pas été formés, donc ils n'en font pas, logique.

Question suivante : « si une formation était proposée, est-ce que vous participeriez de façon active ? » Plutôt, ils ont envie d'être formés. Charge à nous de...

Oui, il y en a 25 % qui ne veulent pas, mais ce sondage a quelques réponses. La majorité a plutôt envie d'être formée autour de cette thématique.

Question : « je pense que l'intelligence artificielle ne peut pas remplacer les radiologues. D'accord. Pas d'accord. » La majorité est d'accord, ils ne disparaîtront pas. Ce qui est plutôt une bonne chose.

Question suivante : « dans une dizaine d'années, il ne restera essentiellement plus que la radiologie interventionnelle (RI) aux radiologues. » La majorité n'est pas d'accord. On a posé cette question parce qu'il y a pas mal de légendes autour de la radiologie interventionnelle, dont une qui est de dire : « vous allez disparaître, faites de la RI, parce que c'est le seul moyen de



s'en sortir. Faites des gestes, au moins, on ne pourra pas vous remplacer. » Je ne pense pas que ce soit la voie à prendre, mais cela fait partie des légendes. C'est pour cela que l'on a posé ces questions, et manifestement, les internes n'étaient pas d'accord avec cette idée.

« Je pense que certains domaines de la radiologie diagnostique ne seront pas impactés par l'intelligence artificielle. » Oui, on a parlé de la radiologie interventionnelle, là, la radiologie diagnostique. Oui, ils pensent que certains domaines ne seront pas impactés.

Parmi ces domaines, je vous ai cité ceux qui revenaient le plus dans le détail :

- L'échographie, beaucoup, l'échographie pelvienne, obstétrique.
- Certains ont cité la mammographie aussi, chose que je n'avais pas comprise.
- La pédiatrie.
- Beaucoup pensent que le radiologue aura une activité d'expertise, de conseil, avec la participation aux RCP <sup>2</sup>.

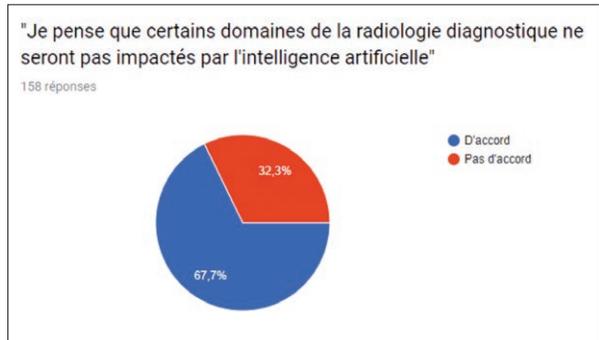
<sup>2</sup> Réunion de Concertation Pluridisciplinaire.

- Beaucoup pensent que l'imagerie digestive fera partie des surspécialités qui seront épargnées par l'imagerie artificielle. Pourquoi ? Simple- ment parce que ce sont des organes qui bougent beaucoup, et faire inter- prêter cela par de l'IA, c'est com- pliqué. Beaucoup d'artefacts, beau- coup de mouvements et surtout, il y a tout ce qui est soin ou imagerie post-opératoire. Parce qu'il ne faut pas l'oublier, l'intelligence arti- ficelle a besoin d'images sur lesquelles elle est entraînée, et en post-opératoire, il n'y a rien qui ressemble à la norme.
- Beaucoup pensent que l'imagerie d'ur- gence sera épargnée aussi, pour les mêmes raisons.
- Les cas complexes.

En gros, l'idée qui se détache c'est : faites de la pédiatrie, de l'échographie, de l'ima- gerie digestive, parce que ça bouge et les cas complexes, parce qu'il n'y aura jamais assez de cas pour former des machines à interpréter des cas complexes.

Question suivante : « je pense que l'intel- ligence artificielle est surtout une mode. Les changements sur notre exercice seront peu nombreux en pratique. » Ils ne sont pas d'accord. Je trouve cela bien, parce qu'ils ont intégré que ce n'était pas un effet de mode et qu'a priori, cela allait rester, et que ça allait même changer nos pratiques.

« Je pense que tous les domaines de la médecine vont être impactés. » Oui.



« Je vois cet impact comme plutôt posi- tif. » Retenez bien cette diapo, parce qu'il y a deux questions après, que je ne com- prends pas trop.

Ils pensent que l'intelligence va les sou- lager des tâches répétitives et peu gra- tifiantes. On en a parlé ce matin, notam- ment sur le RECIST, entre autres. J'aurais quelques avis sur le RECIST après.

« J'ai peur pour mon avenir profes- sionnel en tant que radiologue. » La majori- té a peur. Je trouve cela assez étonnant, parce que cela contraste avec cette dia- po. Les diagrammes se ressemblent as- sez, où ils voient plutôt cet impact positif, mais en même temps ils ont peur pour leur avenir.

Mais un peu d'espoir, quand on leur de- mande s'ils referaient radiologie : ils refe- raient quand même radiologie.

Il y a une diapo que je n'ai pas mise dans le PowerPoint, parce que j'ai essayé de faire court, c'est que, juste avant cette question,

on a demandé : « est-ce que vous referiez médecine ? ». Ils referaient médecine, étonnamment, avec un pourcentage plus faible que : « est-ce que vous referiez radiologie ? »

Il reste deux questions. « Je pense qu'il est nécessaire que l'IA soit réglementée pour ne pas remplacer le médecin » Oui. Je trouve cela assez dramatique personnellement, parce que la vision de la chose que je tire de cela, c'est : « j'ai peur d'être remplacé, et je me dis que les pouvoirs publics vont pouvoir limiter l'influence de cette chose, de sorte que l'on puisse s'en sortir. »

Et dernière question : « à votre avis, l'intelligence artificielle appliquée au quotidien en radiologie c'est pour quand ? »

- Beaucoup pensent dans 15 à 20 ans.
- Beaucoup dans 10 ans aussi.
- Dans 1 à 2 ans, quelques-uns.
- Jamais, quelques-uns aussi.
- Jamais, je ne crois pas que cela puisse fonctionner.

Je crois que j'ai fini avec les diapos. C'était la première partie de ma présentation. L'avis général des internes.

On m'a dit qu'il fallait que je parle un peu de mon avis personnel à moi. Je n'ai pas répondu à ce sondage encore, je pense que je vais y répondre juste avant de le clore. Mon avis personnel sur la chose. Je travaille sur un sujet actuelle-

ment autour de l'intelligence artificielle, autour de la segmentation musculaire par un logiciel de *deep learning*, qui segmente automatiquement les groupes musculaires pour faire de l'imagerie quantifiée, pour faire de l'IRM quantifiée.

Je dois avouer que je vois cela d'un très bon œil, parce que j'ai fait de la segmentation manuelle sur les muscles, et c'est le pire truc qui existe. Ce n'est pas possible. Donc, avoir une machine qui fait ça à ma place, je serai content. Comment je vois les choses ? Il y a beaucoup de domaines de l'imagerie qui ne sont pas explorés à l'heure actuelle, parce que nous ne sommes pas en capacité de le faire. Nous n'avons pas les moyens de le faire. Nous n'avons pas le temps de le faire. On n'a certainement pas envie de le faire parce que c'est ennuyeux. Et toutes ces choses peuvent être remplacées par une machine qu'il le fait à notre place, qui va nous permettre à la fois de découvrir des régions inexplorées, et à la fois de pouvoir participer à nouveau à des actes de médecine, en interaction avec les cliniciens.



Parce qu'on parlait du RECIST ce matin. Le RECIST, j'en fais, en stage, on les fait manuellement. Et quand sur la vacation du matin, on a dix scans TAP RECIST à faire, je suis désolé, mais la RCP qui a lieu en même temps, je ne peux pas y participer. Tout ce qu'on dit des RECIST que je fais, je n'en entends jamais parler au final. S'il y a quelque chose qui peut me soulager de cette activité, de sorte que je puisse assister aux RCP, je suis content.

Après, je suis aussi un peu inquiet, mais pas à ce point, parce que la radiologie telle qu'on la connaît à l'heure actuelle, dans vingt ans, ce ne sera pas la même, c'est sûr. Mais je ne pense pas que nous soyons à l'aube de notre disparition, parce qu'on a besoin de radiologues, on a besoin de quelqu'un derrière la machine. Les patients, pas tous, mais certains patients ont besoin d'un contact humain pour leur expliquer ce qu'ils ont. Comme le disaient mes collègues, dans certains domaines ils ne pourront pas être remplacés, on aura toujours besoin de l'humain. Je suis plutôt très positif vis-à-vis de l'IA. Je vois cela un peu comme la ruée vers l'or au Far West, et je veux que les radiologues soient les premiers arrivés, c'est tout. Il ne faut pas qu'on se fasse dépasser.

Je crois que je n'ai plus beaucoup de temps. Je vérifie juste que j'ai cité tous les points dont je voulais parler. Je lis beaucoup de choses autour de l'IA parce que c'est très à la mode, comme vous le voyez. Sur les sites de veille, il n'y a pas une semaine où il n'y a pas dix articles sur l'IA. Il

y a toujours des choses qui se disent positives ou négatives. Mais il y a une phrase que j'ai lue qui m'a marquée, que je trouve très intéressante, c'est : « l'IA n'est pas faite pour remplacer les radiologues, mais les radiologues qui feront de l'IA vont remplacer les radiologues qui ne feront pas de l'IA. » Tout ce que j'ai à dire, c'est : lancez-vous et allez-y autant que possible. Il ne faut pas que l'on se fasse remplacer. ■





# A qui appartiennent les données radiologiques dans le cadre du big data ?

**Laure SOULIER**

Avocate - Cabinet AUBER



# A qui appartiennent les données radiologiques dans le cadre du big data ? \*

**P**our ceux qui ne me connaissent pas, Laure Soulier, je suis avocat au cabinet AUBER. Vous connaissez plus souvent par expérience et habitudes mes associés Philippe Cohen et Marie-Christine DELUC. Nous avons l'occasion dans le cadre de notre activité de vous entourer durant toute cette sphère de votre activité professionnelle. Aujourd'hui on m'a demandé de vous parler plus particulièrement des données radiologiques et à qui elles appartiennent.

On a parlé de l'intelligence artificielle depuis ce matin, là on se situe un petit peu en amont : la base des données, pour pouvoir fournir et alimenter cette intelligence artificielle. La problématique, je crois que tout le monde l'a bien comprise et je crois que les choses sont clairement posées.

On est sur un progrès qui requiert et qui permet aujourd'hui une collecte et un traitement massif de données personnelles et de données de santé. Elles sont devenues le problème, une valeur cardinale de l'économie numérique et elles entraînent nécessairement cette question

qui est de déterminer quels sont les droits sur les données, question clé puisque je m'adresse principalement à des radiologues.

Est-ce que ces données radiologiques appartiennent aux patients ? Elles appartiennent aux radiologues ? Je serais curieuse de faire un petit sondage : qui pense qu'elles appartiennent finalement aux radiologues. Pas tant que ça. Je pensais plus que ça. Et qui peut les utiliser et sous quelles conditions ?

D'abord, c'est à la mode, vous avez dû recevoir sur vos smartphones, sur vos boîtes mail, une quantité astronomique de mails régissant les données personnelles. Vous avez forcément conscience du règlement européen qui est récemment entré en vigueur, le 25 mai, et qui, lui, pour la première fois donne une définition précise des données de santé. Vous l'avez là. Ce règlement est aujourd'hui applicable et vous êtes censés avoir mis en place les process. Vous êtes censés savoir ce que c'est, et comment appréhender la chose.

Ici, la définition : donnée à caractère personnel : relative à la santé physique et

\* *Retranscription de l'intervention orale*

mentale d'une personne physique, y compris la prestation de services de soins de santé qui révèle les informations sur l'état de santé de cette personne. Évidemment, vos actes en tant que tels, ceux que vous pratiquez quotidiennement font partie et rentrent dans cette définition qui est aujourd'hui établie.

Qu'est-ce qui se passe en droit français ? La donnée de santé est une donnée sensible, une donnée particulière. On dispose aujourd'hui d'une masse d'informations, ce qui est d'ailleurs illustré par l'actualité et les GAFAs <sup>1</sup>, et tout cela, traite de ce sujet. Aujourd'hui nous sommes sur un cran un peu au-dessus, particulier, parce qu'on traite de ces données dites sensibles. Elles sont régies par le droit commun et il y a une protection juridique.

Est-ce que c'est mon patient ou moi le propriétaire de ces données ? La donnée de santé appartient avant tout au patient. C'est la loi du 4 mars 2002 qui est venue rappeler, et élargir de manière considérable les droits du patient sur son dossier médical, notamment sur la communication de son dossier médical. Vous avez la loi du 4 mars 2002, vous avez le code de la santé publique qui vient préciser, dans la définition que je n'ai pas reprise, que vos actes de radiologie, les clichés, l'interprétation font partie intégrante du dossier médical. À partir de ce moment-là, le patient a un droit en tout cas sur ce dossier, sur ces éléments qui sont évidemment bien importants.

<sup>1</sup> Google, Apple, Facebook, Amazon.

Est-ce qu'il est propriétaire finalement ? Ou est-ce qu'il est simple dépositaire de ses données de santé ? Juridiquement, ce que l'on sait, c'est qu'une donnée, c'est une chose, sans hésitation.

Le problème de la donnée de santé, c'est qu'elle va avoir un lien étroit avec l'individu, et c'est qui est aujourd'hui à l'origine d'une controverse qui n'est pas réglée, donc je ne vais pas pouvoir vous donner de solution ferme et définitive à ce sujet. Pour certains : il y a un droit de propriété de l'individu sur ses données, puisque c'est son intimité, donc droit de propriété. D'autres au contraire viennent considérer que c'est une simple expression de l'individualité de la personne.

Même si on parle d'intelligence artificielle, même si on parle des technologies, il y a un moment où il est toujours bon de revenir sur les fondamentaux. Selon ces fondamentaux, le droit de propriété se compose de l'usus, du fructus, et de l'abusus.

Pour tout ce qui est données de santé, par exemple le corps humain. On peut faire un parallèle avec le corps humain : je ne peux pas disposer librement de l'intégralité de mon corps humain, je ne peux pas céder mon rein, je ne peux pas céder certains de mes organes. Faire don de son sang oui, mais le commercialiser bien évidemment que non. En fait, ce qui est établi, c'est que la personne ne peut pas disposer librement de ses données de santé, elle ne peut pas les vendre. En réalité, à notre

sens, le droit de propriété, le terme de propriété n'est pas adéquat en matière de données de santé. La personne n'est que dépositaire, usufruitière de ses données de santé.

Vous pourrez voir les deux thèses qui s'affrontent aujourd'hui dans les médias mais à mon sens, on n'est pas propriétaire de ses données. J'en veux pour preuve que si on fait tout ce foin aujourd'hui sur la réglementation en vigueur, c'est pour protéger les données personnelles. Si c'était la propriété du patient, on n'aurait pas besoin de les protéger comme on est aujourd'hui obligé de le rappeler.

Pour autant, vous avez tout ce processus qui s'est mis en œuvre pour les protéger, justement pour protéger de tout ce qui se passe à travers les GAFAs <sup>2</sup>, tout ce que l'on voit aujourd'hui dans l'actualité où ces travers ont été mis en évidence. Il nous incombe aujourd'hui, il vous incombe, en tant que professionnels de santé, d'essayer de contrecarrer un peu toute cette problématique, tout ce stress qui est aujourd'hui présent, en tout cas pour vos patients sur l'utilisation des données.

Il y a des protections. Elles sont énumérées par la loi. Ils ont un droit de disposer, de décider, de contrôler certains usages. Le RGPD <sup>3</sup> vient vous dire que cela renforce la protection des données de santé. Quand on creuse plus précisément le RGPD, je reviendrai là-dessus un peu, je ne trouve pas que finalement les choses soient complètement différentes par rapport à ce qu'avait fixé la loi de 1978. La loi informatique a posé les jalons.

Aujourd'hui sur les données de santé, sur le traitement des données de santé, vous allez voir qu'on peut parfaitement les collecter, les traiter, sous certaines conditions, certes. Mais je crois qu'il y a encore un certain nombre de choses à faire pour protéger les usagers et que vous, vous puis-

siez, avec leur accord, avec ce travail que nous ferons en commun, disposer, traiter, collecter afin de faire en sorte de pouvoir améliorer le système de santé aujourd'hui, dans le bénéfice premier du patient. Remettons le patient au centre de ce débat. Là-dessus, les choses juridiquement pourraient être réglées.

On nous pose souvent la question : « maître, dites-moi ce que je dois faire ? »



<sup>2</sup> Google, Apple, Facebook, Amazon.

<sup>3</sup> Règlement général sur la Protection des Données.

« Juridiquement, qu'est-ce que je dois faire ? » ma réponse est toujours la même : définissez d'abord précisément votre projet médical, et on s'adaptera, et la loi, la réglementation trouvera les solutions pour vous permettre de mettre à bien votre projet. Mais ce projet doit être médical avant tout, et dans l'intérêt évidemment numéro un de vos patients.

Pour autant, est-ce que vous pouvez être considérés comme propriétaires des données ? Pourquoi pas ? Finalement, c'est votre œuvre, votre travail, c'est vous qui avez fait la radio, c'est vous qui faites une interprétation. Est-ce que vous avez une propriété sur ces actes ? Bien évidemment non. Le patient n'en a pas. Vous n'en avez pas plus. Certes, il y a une nécessité de conserver, de stocker, donc vous devez avoir en possession ces éléments.

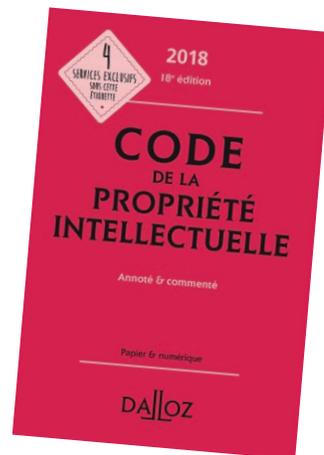
Est-ce qu'il existe un droit d'auteur sur les clichés et les interprétations ? C'est une question que l'on m'a souvent posée :

« c'est mon œuvre, c'est moi qui ai interprété ces données. J'ai quand même une originalité. » Non au regard du droit français, vous n'avez pas cette originalité qui vous permet de rentrer dans la qualification du droit d'auteur. De ce côté, j'ai envie de vous dire match nul, balle au centre. Ni l'un ni l'autre n'a la qualification de propriétaire de ces données.

Tout un processus a été mis en place pour permettre de collecter un peu ces données. Il peut être intéressant à ce stade

de faire un parallèle plus général avec les "simples" données personnelles. Il a pu en effet être jugé aux Etats-Unis qu'à partir du moment où vous avez décidé de publier certaines de vos données personnelles sur un site, Facebook, pour citer le plus courant, Vous ne pouvez plus les récupérer comme ça, vous n'en avez plus la propriété. C'est bien le signe qu'il faut mettre en place un système, tous ensemble, pour pouvoir traiter au mieux de manière éthique, réglementaire ces données, Il est nécessaire qu'on puisse travailler tous en amont dans les meilleures conditions.

Maintenant, vous radiologues, comment utiliser cette base de données qui est absolument exceptionnelle et qui permettrait une avancée majeure en matière de prévention et de diagnostic ? Le topo des internes, juste avant, m'a un peu fait frémir parce que je me suis dit : « mince, on est sur une dynamique super positive, et j'ai l'impression que les jeunes n'ont pas



saisi l'intérêt de la question. J'ai été très étonnée que les jeunes internes n'aient pas participé plus à de l'intelligence artificielle. J'avais le sentiment en tout cas au début des premières présentations que ça ne prenait pas tellement. On en parle beaucoup, mais est-ce que les jeunes derrière suivent le mouvement ? Évidemment je crois que oui, et c'était sur les slides qui sont après. Mais c'est vrai que sur le moment, j'étais un peu freinée dans mon élan positif qui est de dire que je crois qu'il y a vraiment un travail à faire, et qu'il sera dans l'intérêt général de tous.

Les données sensibles. Je vous ai dit : données de santé = données sensibles. Le nouveau règlement vient interdire radicalement le traitement de ces données sensibles. Le traitement, qu'est-ce que cela veut dire ? Ça veut dire, ne serait-ce que la collecte. Ce n'est pas forcément tout de

suite : faire une base de données. C'est-à-dire que quand vous conservez, quand vous stockez, ne serait-ce que votre compte-rendu et de l'imagerie, vous faites du traitement de données. Le RGPD vient dire : le traitement des données sensibles, normalement c'est interdit. Néanmoins, et c'est là que je voulais en

venir tout à l'heure, s'il est considéré aujourd'hui que le RGPD constitue une protection absolue, je ne le vois pas tellement en réalité puisqu'il y a un grand nombre d'exceptions qui font que ces données vont pouvoir être traitées. Je vous en ai donné un certain nombre d'exemples, les plus importants. Le principal, c'est si la personne concernée a donné son consentement, ce qui donne un rôle, une place primordiale à ce consentement.

Cependant, lorsque le traitement est nécessaire à la sauvegarde des intérêts vitaux, à la recherche scientifique ... il est possible de collecter toutes ces données pour permettre de nourrir l'intelligence artificielle, qui demain pourra vous permettre d'aider au diagnostic et de concentrer votre activité professionnelle sur l'interprétation, sur les cas difficiles, et améliorer en cela la santé publique, tous ces éléments vous sont permis aujourd'hui au regard du règlement européen.

Pour conclure, vous l'avez compris, la question de la propriété ? je crois que ce n'est pas tellement le débat. Vous n'êtes pas propriétaires, ils ne sont pas propriétaires, mais en tout cas, vous pouvez les collecter, et vous avez évidemment la possibilité de traiter sous certaines conditions.

Maintenant ce n'était pas le sujet, mais on en a parlé un peu tout à l'heure : sur le RGPD et sur tout ce qui s'applique aujourd'hui, je crois qu'il y a deux ou trois points capitaux que vous devez garder en tête. C'est bien évidemment l'anonymisa-



tion. Les droits de la personne et l'intimité doivent être respectés et protégés, sinon ça sera sanction automatique. La sécurité de votre système informatique, la vérification de l'hébergeur sont autant d'éléments capitaux pour pouvoir traiter dans les conditions, pour être compliant RGPD. C'est évidemment un élément capital.

Je voudrais juste terminer et rebondir sur ce qui a été dit ce matin, quand il a été dit qu'il fallait peut-être tendre la main vers l'autre. De mon retour d'expérience, puisque je vous assiste beaucoup en expertise, je vois beaucoup de cas où il y a eu un conflit avec vos patients, où les patients vous reprochent un certain nombre de choses. Là, nous sommes dans un tournant.

C'est-à-dire que vous avez les GAFAs, des structures énormes avec des moyens financiers énormes qui finalement ne connaissant pas la personne vont exploiter les données. Vous, vous êtes sur un autre terrain, c'est-à-dire que vous avez la possibilité de dialoguer, d'amener et de pouvoir expliquer au patient pourquoi vous allez avoir besoin d'exploiter ses données, dans quel but. Je crois que c'est votre force aujourd'hui par rapport à toutes ces structures. Elle n'est pas financière, elle reste juste humaine.

Et de mon retour d'expérience, c'est une des clés principales qui permettra l'avancée de l'intelligence artificielle, en tout cas dans le domaine de la radiologie. C'est ce qui fait votre force. Et de dire : « non,

nous n'avons pas peur de l'intelligence artificielle", parce que vous avez cette force supplémentaire : le dialogue, et il ne suffit pas à mon sens de tendre la main, mais de prendre la main des patients pour leur expliquer pourquoi on le fait. S'ils donnent leur accord, vous prendrez d'autant moins de risques que le projet sera partagé. Il sera construit avec eux, on en a parlé aussi un peu tout à l'heure, toute cette nécessité, à mon sens de prévoir des chartes au sein des établissements, des informations spécifiques sur le fait que, oui, les données pourront être exploitées.

Si vous travaillez de concert, la législation vous suivra. Il y a un moment où il faut faire avancer les choses. On a des règles juridiques qui sont établies aujourd'hui, qui vous permettent un certain nombre de choses. Prenons le tournant en leur prenant la main et, il n'y a aucune raison d'avoir peur. En tout cas juridiquement on arrivera à vous aider dans l'établissement d'une structure pour vous permettre d'exercer demain votre exercice professionnel sans aucune crainte. Au contraire, vous aurez des moyens largement développés pour vous permettre d'exercer votre activité de manière plus sereine.

J'espère d'ailleurs que moi-même je pourrais bénéficier de votre expérience pour exercer la mienne dans les mêmes conditions. Je vous remercie. ■



# Comment l'Intelligence Artificielle en santé est devenue une réalité géopolitique

**Florent PARMENTIER**

Expert en géopolitique européenne  
Sciences Po Paris



# Comment l'I. A. en santé est devenue une réalité géopolitique \*

**B**onjour à tous. Je voulais commencer par remercier Monsieur Masson pour son invitation, et son équipe pour l'organisation et la qualité des interventions de ce matin, qui étaient toutes des points de vue différents, mais avec lesquelles on arrive à aborder beaucoup d'aspects.

Diversité des approches mobilisées depuis ce matin, et ce qui va nous intéresser à présent, c'est l'approche géopolitique. Et précisément, il y a quelque chose d'un peu contradictoire, contre-intuitif dans l'expression « géopolitique de l'intelligence artificielle » : la géopolitique s'intéresse aux inerties, aux grandes masses territoriales, à l'Histoire, là où l'intelligence artificielle fait plutôt référence à la technologie, à l'instantanéité, à la modernisation, etc. On a presque une concordance des temps qui n'y est pas, en quelque sorte, entre quelque chose qui doit être très inertiel et quelque chose qui au contraire insiste sur la rapidité et le changement. C'est cette contradiction que nous allons essayer de résoudre dans la présentation.

Je vais essayer également de vous expliquer, je crois que je ne serai pas le premier dans la salle, que contrairement à ce qu'avance Laurent Alexandre, l'Europe a également des atouts, qu'elle est tout à fait susceptible de mobiliser, à condition d'avoir un peu de vision. C'est aussi ce que je vais essayer de présenter, mais je ne m'attarde pas sur ce point tout de suite.

Je voulais commencer avec une citation de Vladimir Poutine, une déclaration de septembre dernier, il est toujours intéressant d'écouter quelqu'un dont on peut dire beaucoup de choses. Mais l'une de ses caractéristiques, c'est d'avoir malgré tout une vision assez forte par rapport à son pays, qu'on peut tout à fait critiquer, concernant la Russie comme puissance... Je cite : « *des opportunités colossales et des menaces difficiles à prédire, celui qui deviendra le leader de cette sphère sera celui qui dominera le monde.* »



\* Retranscription de l'intervention orale

Là, on peut se demander : est-ce qu'il y a une idée de domination militaire ? Ce qui n'est pas tout à fait exclu au vu de la personnalité du président russe. Où est-ce qu'on est plutôt dans l'ordre de la domination économique ? Ce qui est intéressant, c'est de voir effectivement que la part des entreprises concernées et les investissements concernés par l'IA en matière de sécurité est variable. Elle est plus faible en Europe évidemment qu'en Israël ou en Russie. On a quelque chose de cet ordre qui est intéressant, alors même que la Russie ne fait pas partie des leaders de l'IA.

La Russie apparaît très rarement dans ce cadre. Mais c'est intéressant aussi parce que la Russie a un PIB<sup>1</sup>, en tout cas un budget de la défense, qui ne représente que 10 % du budget américain. Elle a un budget de la défense qui est globalement celui de la France ou de la Grande-Bretagne. Mais si on parle en termes de capacité de projection, etc., la Russie apparaît bien au-delà de son réel poids économique. Le fait que la Russie, que le président russe s'intéresse à l'intelligence artificielle, nous fait dire aussi qu'en matière de santé, cela vaut la peine de le faire également. Cela pose un certain nombre de défis et d'intérêts pour l'Europe.

Trois idées reçues peut-être sur les liens entre géopolitique et IA en matière de santé. Il y a cette idée selon laquelle « *la technologie n'a pas d'impact géopolitique en dehors du militaire.* » Effectivement, si vous avez un missile qui peut frapper un partenaire,

ce n'est pas la même chose. Mais en réalité oui, cela fait partie des travaux d'ailleurs sur lesquels le député Joachim Son-Forget travaille beaucoup dans le cadre du groupe de réflexion Global Variations ([www.global-variations.com](http://www.global-variations.com)). La technologie a un impact géopolitique, on va voir pourquoi, notamment en matière de santé. Je vais y revenir dans quelques minutes.

« *La sphère technologique est autonome du politique et donc de la géopolitique.* » Là aussi, il faut rejeter cette idée. Il faut penser que si en matière de technologies de défense, la Russie et Israël par exemple sont parmi les leaders, si l'Estonie apparaît comme un des grands pays également en matière de cybersécurité, ce n'est pas totalement un hasard<sup>2</sup>. Il faut voir que les technologies sont là aussi souvent en lien avec les questions de géopolitique.

Et puis il y a cette idée que parfois « *l'IA est une technologie qui se développe de manière autonome et linéaire.* » On a rappelé ce matin qu'elle est apparue dans les années 50, et on a alterné ensuite entre des périodes d'oubli et parfois des périodes d'emballlement. On ne sait pas où on en est, on sait que cela avance, mais il est tout à fait possible que d'autres progrès techniques exogènes puissent contrarier, en quelque sorte, l'avancée de l'IA. Peut-être atteindra-t-on un plafond, il est difficile en la matière de toujours avoir des certitudes.

Ici, peut-être un point intéressant, c'est de dire que pour étudier l'intelligence artifi-

<sup>1</sup> Produit Intérieur Brut.

<sup>2</sup> Voir Antoine Picron, « L'Estonie : modèle d'un état plateforme e-gouverné », Institut Sapiens, 11 juillet 2018, <https://www.institutsapiens.fr/le-estonie-modele-dun-etat-plateforme-e-gouverne/>

cielle en matière de santé, il y a en réalité au moins deux grilles de lecture qui sont complémentaires : une approche géopolitique, on l'a dit, c'est le rapport entre l'espace et le politique, et c'est très souvent décrit comme les rivalités de puissance sur un territoire donné. Les inerties font partie de la géopolitique, on va étudier les données structurantes, pour autant, elles sont conditionnantes, mais elles ne sont pas déterminantes. Il est évident que chaque pays a aussi sa propre manière de concevoir ses frontières. On pourrait là aussi insister sur ces différents points.

La géopolitique en matière de santé est une donnée relativement récente au regard de l'histoire. On parlait, a posteriori, de géopolitique de santé pour évoquer les grandes pandémies qui ont marqué l'histoire, comme la peste noire ou la grippe espagnole. Il y a, à partir de la fin du dix-neuvième siècle, tout un mouvement historique qui a consisté à faire que la santé devienne un enjeu international. Et pendant longtemps, c'était beaucoup moins un enjeu international, qu'un enjeu local entre un médecin et son patient. Mais nous allons voir qu'il y a cette puissance, cette grille de lecture. Il y a eu une tendance à géopolitiser la question de la santé. C'est une tendance qu'on va observer et qui est, à mon avis, importante à retenir.

De l'autre côté, on a une approche géoéconomique. L'approche géoéconomique, c'est l'analyse de la stratégie économique des États, mais aussi de ces grands

groupes. Nous n'avons pas aujourd'hui beaucoup parlé de ces grandes plateformes qui s'intéressent à ces questions de santé. Quand on dit plateforme, on parle évidemment GAF<sup>3</sup> pour les États-Unis, on parle BATX<sup>4</sup> pour la Chine, laissant l'Europe comme un espace sans stratégie, face à des entreprises géantes.

Pour illustrer ces différences entre géopolitique et géoéconomie, afin de montrer que c'est complémentaire, vous pouvez prendre par exemple le cas de l'Estonie. L'Estonie, c'est un tout petit pays d'un million et demi d'habitants, mais c'est le pays qui a son commissaire européen dans le domaine numérique. C'est un pays qui est assez en pointe sur plusieurs technologies et régulations. C'est notamment un pays qui a envie de créer sa propre cryptomonnaie, l'estcoin.

Si vous avez un point de vue géopolitique, vous allez dire : l'Estonie a un énorme voisin, la Russie, qui est hostile. Il faut donc développer depuis les années 1990, à travers un cadre assez libéral, des infrastructures, des compétences, etc. En matière d'IA, il y a déjà une régulation possible pour ce qui est de la voiture autonome.

Mais si vous regardez au-delà de cet aspect géopolitique et géoéconomique, c'est aussi un pays où l'Union soviétique avait implanté, dès les années 1960, un centre de cybernétique. Ils construisent aussi avec ce qu'ils ont. C'est intéressant de noter que les approches économiques

<sup>3</sup> Google, Apple, Facebook, Amazon.

<sup>4</sup> Baidu, Alibaba, Tencent, Xíomi.

et les approches géopolitiques plus structurées peuvent se combiner. C'est bien ce dont il s'agit, quand on traite du sujet d'aujourd'hui.

Je ne m'attarderai pas sur ces différents points. Effectivement, à travers les technologies, la géopolitique et la géoéconomie, c'est la question essentielle de la souveraineté qui est posée, souveraineté au niveau politique. On a

parlé des clouds souverains, sous l'ancien président de la République Nicolas Sarkozy. On a parlé ensuite des questions des plateformes souveraines.

Et il y a cette idée qu'il y a de nouveaux acteurs dans le domaine de la santé. C'est ce que rend possible l'intelligence artificielle. Au-delà des patients, des médecins, des établissements, il y a des collecteurs de données, des hébergeurs de données, des *data scientists*. L'idée est que le champ de la santé s'élargit avec l'intelligence artificielle, ou plutôt les IA.

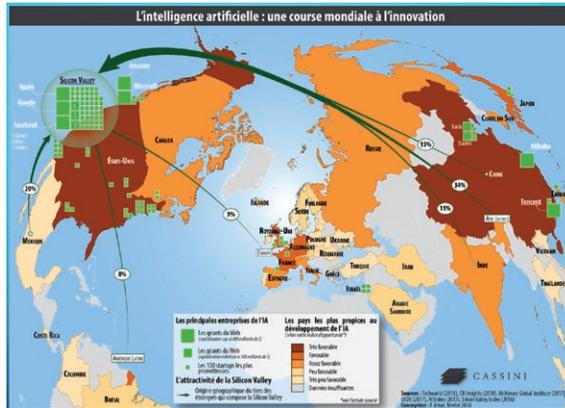
Un principe qu'il faut retenir, en tout cas pour le positionnement de l'Europe, c'est de se dire : qui maîtrise la vitesse, détermine le standard. C'est-à-dire que ce n'est pas seulement le fait d'être le plus grand acteur qui va faire la différence, mais c'est

souvent le fait d'être le premier acteur qui permet ensuite de gagner un certain nombre de points. C'est intéressant, puisque le standard est une question clé,

c'est notamment une question clé pour les Européens, et au-delà, pour les acteurs français.

Je vous ai mis une petite carte que j'ai pu trouver sur le site Diploweb (<https://www.diploweb.com/Geopolitique-de-l-intelligence-artificielle-une-course-mondiale-a-l-innovation.html>), sur la course mondiale à l'innovation à travers les questions d'intelligence artificielle. C'est une carte qui a ses mérites. On pourrait ensuite revenir sur un certain nombre de points. On voit bien l'extrême force des États-Unis et de la Chine, mais j'essayerai de montrer que les Européens ont également leur rôle à jouer.

Peut-être sur ce point, un seul chiffre. Il y a un rapport récent du cabinet de conseil Roland Berger qui citait les 3 600 start-ups les plus innovantes en matière d'IA appliquée au développement d'affaires. On voit que les États-Unis certes ont 40 % des start-ups innovantes en la matière, la Chine en a 11 %. Mais si vous cumulez l'ensemble des 28 États de l'Union européenne, nous avons malgré tout 22 % pour



L'Union européenne, ce qui en soi n'est pas négligeable, ce n'est pas évidemment la pôle position, mais pour un continent qui est censé être complètement dépassé, on peut voir qu'il y a quand même quelques éléments.

J'ai voulu vous présenter l'approche générale. Maintenant, les enjeux véritables en matière de santé. Je ne m'attarderai pas là-dessus, parce que c'était bien présenté ce matin : l'IA en santé, c'est l'aide à la décision médicale. C'est une meilleure surveillance des patients. C'est une assistance chirurgicale pour des robots. Il y a un développement de ce lien entre l'intelligence artificielle et la robotique, ce sont des choses que vous avez vues par ailleurs.

Après, je crois que la particularité de l'IA en matière de santé, c'est qu'on ne va pas mettre en concurrence des produits en tant que tels, mais on va mettre en concurrence des conceptions éthiques, des conceptions culturelles de la santé. Là-dessus, c'est un point extrêmement déterminant. Lors de l'entretien d'Emmanuel Macron pour *Wired*, le journal branché de la Silicon Valley, il était évidemment plutôt positif par rapport à l'intelligence artificielle, mais il ne manquait pas de souligner que l'IA mettra en question nos démocraties et nos préférences collectives. De ce point de vue, c'est important de le rappeler, au-delà des produits, que ce sont des conceptions de la santé qui sont en concurrence.

Vous savez qu'aujourd'hui on peut faire une radio avec un téléphone portable. Il

est évident que là aussi, cela aura des effets sociaux forts dans certains pays. Quand on pense à la politique de l'enfant unique en Chine, on peut se dire que ce type de radio est potentiellement dangereux, et fera naître des générations de garçons *ad vitam aeternam*. Et il y a ce proverbe indien que certains connaissent peut-être, qui consiste à dire : « *avoir une fille, c'est arroser le jardin du voisin.* » On peut tout à fait imaginer ce que permettraient d'obtenir des échographies abordables avec un téléphone. Cela aurait des effets sociaux effectivement importants.

Cela rejoint l'idée selon laquelle, à côté des technologies, il y a les usages sociaux des technologies qui sont des facteurs importants. C'est pour cela que je dis que ce sont des conceptions de la santé qui sont en balance. La santé est quelque chose d'éminemment culturel. C'est d'autant plus important de ce point de vue pour les Français, pour la France, comme pour l'Europe, de pouvoir mettre en avant sa propre conception.

Je ne reviens pas sur les dimensions éthiques que nous avons mentionnées ce matin ni peut-être sur les sources de l'IA, parce que tout cela a été documenté. Ce qui va être intéressant maintenant, c'est de voir ce que peut faire la régulation. Là-dessus aussi, il faut rester lucide sur le fait qu'entre l'IA de Google et la loi des médias, peut-être que l'IA de Google aura un avantage, ou des manières d'avancer. L'IA d'Amazon pose directement une menace par rapport à notre droit de la concur-

rence. *DeepMind*, *Baidu*, ont des logiciels d'intelligence artificielle qui auront leur propre impact sur le code de la santé publique. C'est probablement là-dessus qu'il faut aussi plancher, parce que cela fait partie des dossiers importants.

Il faut rappeler ici, je vais le faire très rapidement, que l'IA est à la fois très liée au développement du numérique, et, bien évidemment, très liée aux questions de données, comme l'avancait la dernière intervenante. Il faut insister sur un certain nombre de points. L'IA va surtout permettre de repenser le travail, comme le pensent les internes de l'intelligence artificielle.

Là-dessus, je ne développe pas, puisque je pense qu'il y a d'autres personnes qui seront probablement mieux placées que moi. J'insiste juste peut-être sur un point. Ce lien IA-robotisation, on le voit autour des questions de voiture autonome. Fina-

lement hier une voiture, c'était essentiellement un moteur à explosion. Demain, ce sera un système d'exploitation. On peut se poser la question de savoir comment les différents acteurs européens vont s'investir dans ce domaine, la France, l'Allemagne évidemment.

En matière d'IA et de militarisation, là aussi on aura des développements qui seront intéressants. On peut tout à fait imaginer que les guerres de demain soient des guerres sans soldats, avec des affrontements de drones ou de cyberguerre. Tout cela n'est pas réjouissant, mais cela vaut la peine de garder ce type de développement en tête.

Je voulais terminer cette présentation avec quelques éléments de prospective. Est-ce que l'Europe sera au rendez-vous de l'IA en 2030 ?

Là-dessus, peut-être quelques points. Ce qui est intéressant, d'abord c'est dans une tribune publiée dans le journal américain *Forbes* : les sept puissances de l'IA. Je les mentionne : États-Unis, Chine, Russie, Inde, Canada, Israël et Estonie. Ce qui est intéressant, c'est que l'Union européenne n'existe pas, la France non plus, l'Allemagne non plus. Cela peut poser des questions. La présence de l'Estonie est essentiellement là, et cela donne une piste pour les Européens.



Si l'Estonie est présente dans ce top sept mondial des pays qui auront de l'influence dans l'IA, c'est parce que l'Estonie travaille peut-être plus que les autres sur l'imposition d'un cadre qui permet, par exemple, j'en parlais, le développement du droit de la voiture autonome. Ce qui veut dire que même un petit pays avec une population inférieure à la ville de Paris, même un pays comme l'Estonie a son mot à dire, par sa capacité à réguler, à trouver de nouvelles réglementations. C'est là-dessus que l'Europe a une carte à jouer. Au-delà du fait même que notre écosystème est plus difficile, d'ailleurs on va y venir.

Il faudra peut-être aussi partir du principe que la santé en 2030 ne connaîtra pas les mêmes problématiques qu'aujourd'hui. Il y aura certainement des changements massifs dans la révolution des traitements, dans le fait d'avoir des e-patients toujours plus demandeurs, et toujours plus experts qui n'hésiteront pas à poser des questions au radiologue en ayant simplement lu trois chroniques. On aura des questions de re-fonte de financement, des questions de gouvernance qui vont profondément évoluer. Je ne développe pas ce point, mais c'est un point qu'il faut garder en tête en matière de prospective.

Je vais faire un détour par les questions énergétiques. Pourquoi ? Parce que l'énergie, pour les spécialistes du secteur, a cette capacité, comme l'intelligence artificielle finalement, de transformation d'un secteur. Si vous ne disposez pas d'énergie, vous ne pouvez pas multiplier les richesses. Si

l'énergie paraît à première vue ne peser que 2, 3, 4 % des PIB d'un certain nombre de pays, en réalité, si vous ne disposez plus d'énergie, ou si vous ne disposez pas de ce 1 % de pétrole que vous coûte votre PIB, il y a une bonne partie de l'économie qui s'effondre. L'intelligence artificielle aura probablement la même caractéristique à l'avenir, elle commence déjà à l'avoir.

Ce qui veut dire que pour les Européens, nous pouvons peut-être tirer des analogies de ce qui est fait en matière de politique européenne énergétique et l'intelligence artificielle. C'est intéressant de le voir, notamment pour la politique gazière européenne puisque c'est plus là que se pose la question avec le plus d'acuité. On a eu un débat en Europe, très actif depuis une dizaine d'années, pour savoir comment faire pour se débarrasser de la dépendance par rapport à Gazprom. C'est une question importante, mais qui n'est pas forcément posée comme elle le devrait. Il y a différents outils.

- Il y a d'abord la question de l'interdépendance qui est une relation politique.
- Il y a la question de la diversification, est-ce que l'on peut acheter d'autres partenaires que de la Russie ?
- Il y a les questions de l'alternative aux sources d'approvisionnement énergétique.

Ce qui est important dans ce cadre, c'est la question que posait un des grands spécia-

listes de Cambridge, Pierre Noël. Il disait, en substance, que le problème n'est pas la dépendance de l'Europe par rapport à la Russie. Le problème, selon lui, c'est que les Européens n'ont pas réussi à se mettre d'accord pour faire un marché européen intégré. À partir du moment où vous avez un marché européen intégré, la situation n'est plus la même. Du coup, l'Europe en tant qu'acheteur devient presque plus forte que la Russie en tant que producteur. C'est un point intéressant dont il faut se souvenir, puisque nous sommes en train de dire que nous n'avons aucune capacité de réguler ou de faire respecter certains principes aux GAFA. Et dans le même temps, on voit qu'on s'est quand même posé ces questions, depuis assez longtemps maintenant, plus d'une dizaine d'années. L'analogie vaut pour intérêt.

L'un des points importants aussi, ce sont les facteurs clés d'évolution. Quand on parle de prospective, il faut d'abord comprendre un état des lieux, voir quels sont les facteurs clés d'évolution -je ne détaillerai pas là, on peut laisser éventuellement pour les questions-, ensuite de voir quels sont les scénarios possibles et préférables. Dans ce cadre, la question est celle de l'économie, la structuration du champ des

acteurs. C'est une question à la fois géopolitique, c'est-à-dire est-ce que l'Union européenne veut aller vers une forme d'autonomie ou finalement dépendre totalement d'autres pays ? Avec un problème qui est celui que si on dépend d'autres pays, nous n'avons pas forcément les mêmes cadres éthiques, et on importera des solutions non éthiques, comme David Gruson l'a très bien dit ce matin avec des difficultés particulières.

Et il y a également une question technologique. Il ne faut pas oublier que l'intelligence artificielle est une technologie parmi un certain nombre, que l'ordinateur quantique fait aussi partie des facteurs de disruption possibles, et qu'en matière de disruption, on n'est pas la fin de l'histoire. Ne pas oublier que Kodak et Nokia ont été des champions en leur temps, et qu'aujourd'hui, finalement, on les trouve beaucoup moins vaillants. Il n'est pas dit

que tous les GAFA soient dans une forme aussi rayonnante qu'aujourd'hui dans une dizaine d'années, c'est très vraisemblable, bien sûr, mais ce n'est pas obligé.

Trois scénarios, pour illustrer ce point, très rapidement. Le scénario de la marginali-



sation de l'Europe, qui est de plus en plus dépendante de plateformes, qui n'a pas de vrai positionnement. Vous savez que la Corée du Sud est un pays qui a un vrai positionnement, Israël a un vrai positionnement. Ce qui manque aux Européens, c'est un positionnement, c'est-à-dire un message fort à véhiculer.

Et c'est également une fragmentation, car on ne pourra pas être efficace du point de vue européen avec 28 politiques différentes qui ne se parleraient pas. Cela n'a tout simplement pas de sens. En revanche, collectivement, l'Union européenne pèse 22 % des start-ups mondiales importantes dans le secteur, c'est loin d'être négligeable. On peut imaginer comme cela, une forme de marginalisation.

On peut imaginer quelque chose de plus volontariste. Par exemple, avec la création d'une DARPA<sup>5</sup> européenne. La DARPA, c'est cette agence américaine de défense qui est là pour produire un certain nombre de projets innovants. Une phrase résume la DARPA, c'est la parole d'un ancien président qui en disait : « si jamais vous avez moins de 80 % d'échec, c'est que vous n'avez pas fait votre travail. Votre travail c'est d'avoir de l'échec parce qu'en faisant de l'échec, si vous avez 10 % de choses qui cassent totalement tous les codes, à ce moment-là, on aura largement gagné. » C'est un peu la mentalité qui manque à l'Europe et que l'Europe n'a pas nécessairement embrassée.



Sachant qu'à côté de cela, le monde de la géopolitique, de la géoéconomie de l'IA ne se limite pas seulement aux plateformes, pas seulement aux GAFAs. Il y a des laboratoires de recherche, il y a des start-ups, il y a des grandes entreprises. Le jour où les grandes entreprises automobiles allemandes se mettront véritablement à l'IA, et à la voiture autonome, on pourra voir des basculements plus favorables aux États européens. La question est encore une fois comment faire pour mettre en place un écosystème pertinent. C'est le scénario du retour de l'Europe avec un peu de volontarisme.

Si on devait être un peu moins volontaire, et un peu moins coopérer, à ce moment-là, il faudrait plutôt attendre quelque chose, une forme de salut de la part d'une des forces économiques de l'Europe. L'une des forces de l'Europe est sa capacité à mettre du standard au niveau international. C'est finalement un peu son ADN, c'est-à-dire se mettre d'accord entre 28 États et

<sup>5</sup> Defense Advanced Research Projects Agency.

trouver une régulation commune, c'est un des domaines sur lesquels l'Union européenne a eu un certain succès. Sa capacité par exemple à être le leader mondial du changement climatique, alors même que ce n'était pas le premier pollueur mondial en atteste. Il y a des choses qui sont possibles. Est-ce que la RGPD <sup>6</sup> est un moyen pour les Européens d'affirmer un standard éthique et de prendre une forme de pensée, de nouvelles régulations ? C'est tout à fait envisageable, possible. Ce n'est pas non plus écrit, il faudra voir effectivement ce que ça donne.

Je vous propose d'en terminer là. Je vous remercie.

*Applaudissements.* ■

<sup>6</sup> Règlement Général sur la Protection des Données.



# L'Intelligence Artificielle va-t-elle modifier la relation patient-médecin-radiologue ?

**François BLANCHARDON**

Président comité régional AURA  
FRANCE ASSOS SANTE



# L'Intelligence Artificielle va-t-elle modifier la relation patient-médecin-radiologue ? \*

**D**'abord je voudrais remercier très chaleureusement le Président de la FNMR de nous avoir consacré une petite place, nous, patients, usagers, à ce colloque très intéressant sur l'intelligence artificielle.

Lorsqu'on pose la question de l'intelligence artificielle à un usager, cela ne lui évoque pas grand-chose tout de suite. Mais lorsque l'on creuse un peu, on arrive à trouver quelques réactions, qui sont plutôt positives, mais qui interrogent beaucoup et c'est ce qu'on va être amenés à discuter ensemble.

Je voudrais dire que je représente ici Alain-Michel Ceretti <sup>1</sup>, qui est très heureux, également, qui vous salue et qui vous fait ses amitiés.

J'ai relevé dans votre synthèse, Monsieur le Président, une phrase très importante, la dernière où vous précisez que vous veillerez toujours à privilégier la relation du médecin et de son patient. Nous voilà rassurés, puisque c'est un élément extrêmement important pour nous.

Avant de commencer ma présentation, et de vous présenter rapidement France Assos Santé, je voulais poser une question au début de cette présentation et vous demander : est-ce que seules des données médicales peuvent permettre à établir un diagnostic ? On verra à la fin, si on a la réponse à cette question.

France Assos Santé, pour ceux qui ne connaissent pas, c'est le nom de marque qui a été choisi par l'Union nationale des associations agréées d'usagers du système de santé, qui a pour action de représenter les patients et les usagers du système de santé, et de défendre leurs intérêts. C'est une mission qui a été officiellement reconnue dans le cadre du code de santé publique via la loi de modernisation du système de santé du 26 janvier 2016, qui a créé l'Union nationale des associations agréées du système de santé.

France Assos Santé est née à l'initiative de 72 associations nationales qui ont été fondatrices de cette association. Elle s'inscrit dans la continuité de la mobilisation des collectifs inter-associatifs que vous avez sans doute dû connaître qui se sont

\* *Retranscription de l'intervention orale*

<sup>1</sup> *Président de France Asso Santé.*

mobilisés depuis plus de vingt ans, pour construire et faire reconnaître la représentation des usagers inter-associatif.

Notre volonté est que la vision de l'usager s'exprime sur les problématiques de santé qui les concernent au premier chef, par une voix puissante, mais aussi que l'on fasse reconnaître leur expertise, l'expertise de l'expérience - nous disons souvent que nous sommes experts en expérience - pour pouvoir contribuer au système de santé. Il ne s'agit pas simplement de nous demander si on est content ou pas de ce qui se passe, mais plutôt de nous reconnaître une capacité à analyser et à évaluer la pertinence et les pratiques professionnelles, comme les indicateurs de parcours, ou l'expérience patient, par exemple.

Je voulais faire un petit retour en arrière sur la relation médecin-patient. À la fin du dix-neuvième siècle, début du vingtième siècle, il y a eu ce grand médecin, qui était

le premier président du Conseil de l'Ordre des médecins, le docteur Louis Portes qui disait quelque chose comme ça : le malade n'est qu'un jouet, à peu près complètement aveugle, très douloureux et essentiellement passif, et qui n'a qu'une connaissance très imparfaite de lui-même. Et pourtant, c'est ce docteur qui parle le premier de colloque singulier, de cette relation intime qu'est la relation patient-médecin, une relation bilatérale et protégée en confiance du médecin et de son patient.

Nous voyons là l'émergence de la première relation patient-médecin complètement déséquilibrée, avec une prédominance importante du rôle du médecin dans cette relation paternaliste, bien sûr, et un patient qui, comme son nom l'indique, est très passif, très patient, et qui va être complètement à l'écoute de son médecin, qui ne va pas souvent dire ce qu'il ressent et qui va accepter ou non, son traitement, l'explication de son diagnostic, sans pour autant émettre son propre avis. Là, on est au début du XX<sup>e</sup> siècle.

Puis il y a une évolution, notamment sur la fin du vingtième siècle avec le développement des maladies chroniques, qui touchent des jeunes sujets qui ne veulent pas rester passifs face à leur pathologie, qui veulent être acteurs de leur santé et être acteurs dans cette relation entre le malade et le médecin.

Avec l'arrivée des nouvelles technologies, de l'information et de la communication, cela rend le patient plus acteur dans sa prise



*Dr Louis Portes  
Président du Conseil de l'Ordre - 1947*

en charge. Il est informé, il est autonome, doté d'un tiers de confiance, responsable, compétent, impliqué, organisateur de soins, acteur de soins, citoyen co-décideur. C'est l'émergence de la représentation des usagers. Finalement, on voit que le patient remonte dans ce déséquilibre entre le professionnel de santé et le patient, dans la relation médecin-patient, pour avoir une relation qui s'équilibre à la fin du vingtième siècle, où les deux vont travailler sur une stratégie de traitement, une stratégie par rapport au traitement de la pathologie.

Et arrive un nouvel acteur au début du XXI<sup>e</sup> siècle, avec l'arrivée des objets connectés. L'information

aussi qui est transmise par Internet. Nous ne sommes plus sur une relation bilatérale entre un médecin et son patient, mais sur une relation à trois, avec l'émergence d'un outil supplémentaire. C'est soit Internet, soit un outil connecté, qui va prendre sa place de plus en plus dans cette relation entre le patient et le médecin.

Aujourd'hui, quelle est sa place exacte ? Est-ce que sa place est identique dans toute consultation, dans toute relation

entre un médecin et son patient ? Je crois que l'on n'a pas encore complètement su établir le vrai équilibre dans cette relation à trois, qui maintenant s'instaure dans le colloque singulier. Mais on sait tous aujourd'hui que le patient va se renseigner auprès d'Internet.

Il va aussi lui-même essayer de trouver des outils connectés par rapport au suivi de sa pathologie, soit orienté par son médecin,

ce qui serait la meilleure solution, soit en l'achetant tout seul par rapport à l'émergence très importante de ces outils connectés, où on ne sait pas très bien qui est derrière, quelles sont les sociétés

savantes qui sont derrière. On ne sait pas très bien non plus comment vont être traitées les données de santé. On en a parlé tout à l'heure, j'y reviendrai. Les données de santé, c'est un élément clé dans toute l'apparition de ces objets connectés, de ces outils connectés, et bien sûr, en ce qui concerne l'intelligence artificielle.

Finalement, aujourd'hui ce qui est important pour les usagers, c'est l'écoute du malade dans cette relation patient-médecin.



Une étude réalisée il n'y a pas tellement longtemps, au début du vingt et unième siècle, qui va peut-être vous faire bondir, dit que le médecin dans sa consultation, le temps où il écoute son patient, c'est treize secondes. Or, ce que le patient attend le plus dans cette relation, c'est son écoute pour pouvoir établir correctement son diagnostic, mais aussi pour pouvoir adapter correctement son traitement.

Qu'est-ce qu'il faudrait faire, et notamment en ce qui concerne le rôle des radiologues ? Puisque lorsque nous, usagers, allons chez un radiologue, la première question qu'on se pose c'est : qu'est-ce qu'on va nous faire ? Cela fait souvent peur quand on va faire un acte auprès d'un radiologue. D'abord c'est de rassurer, d'être présent en amont de l'acte, c'est de commenter l'examen qui va être réalisé.

C'est aussi faire une synthèse de l'interrogatoire et de l'examen clinique, donner une conclusion. Bien souvent, on est frustré puisqu'on repart sans avoir même eu le retour, peut-être parce qu'il y a besoin d'un temps pour l'explication, et étudier les données. Mais on est souvent frustré en quittant le cabinet du radiologue. On a besoin pourtant tout de suite d'avoir une première information sur ce qui a été plus ou moins découvert.

Enfin, c'est aussi s'assurer que le patient a bien compris, puisque dans un moment émotionnel fort, où le patient parfois attend un retour qui peut lui faire peur, il ne comprend pas, souvent à ce moment-là

précis, ce que peut lui dire son médecin, et notamment son médecin radiologue.

En quoi l'intelligence artificielle va modifier la relation patient-médecin ? On ne va pas relire tout ça, parce que vous en avez déjà beaucoup parlé, mais ce sont les points positifs que les usagers mettent en avant avec l'utilisation de données, pour pouvoir améliorer les actes de radiologie, pour être à même de pouvoir mieux établir un diagnostic.

Pour moi, il y a deux choses qu'il faut retenir, c'est que finalement l'intelligence artificielle va raccourcir les délais pour pouvoir avoir accès à un médecin radiologue. C'est extrêmement important d'éviter les diagnostics tardifs puisqu'on voit en quoi les diagnostics tardifs ont un impact négatif, par la suite, sur l'évolution d'une pathologie.

La deuxième chose qui est extrêmement importante, c'est aussi d'éviter certains soins. On parle de parcours de soins évitables. Aujourd'hui, on peut être amené à avoir mal interprété une radio, et à faire rentrer un patient dans un parcours de soins, alors qu'il aurait pu être évité. C'est essayer d'avoir de meilleure qualité en termes d'évaluation du diagnostic.

Pour autant, est-ce que l'intelligence artificielle va être en mesure d'avoir des données liées, autres que la technique médicale ? Ou sera-t-elle à même de prendre en compte tout l'environnement socioculturel du patient et permettre une médecine plus personnalisée ? C'est la question qu'on

posait au début. Est-ce que finalement, seules des données médicales peuvent amener un diagnostic correct ? Ou est-ce que ce n'est pas la globalité, à la fois de l'interprétation des données, mais aussi la relation personnalisée qu'on établit avec son patient qui peut correctement permettre d'établir un bon diagnostic ? C'est plutôt ce qu'il me semble préférable. Est-ce qu'au final, l'intelligence artificielle va remplacer le colloque singulier ? Ou est-ce que ce troisième acteur, qui est un acteur technique, informatique, va prendre le pas sur la relation entre le médecin et son patient ?



J'ai envie de vous dire que non. C'est simplement quelque chose qui va permettre d'aider au diagnostic, mais le diagnostic ne pourra être fait correctement que s'il y a une bonne écoute, une bonne relation entre le patient et son médecin.

J'ai mis l'avis de la CNIL <sup>2</sup> qui met en avant que le patient doit donner son consentement express, libre et informé à l'utilisation de ses données de santé. Si ce n'est pas le cas pour être exploitées, celles-ci devront être anonymes, de façon à ce qu'on ne puisse pas remonter jusqu'à la personne. Il va falloir augmenter son niveau d'information pour les patients sur l'utilisation des données.

Est-ce que les usagers sont favorables ou non au traitement de leurs données de santé ? Lorsque l'on pose la question et au-delà des données de santé, on peut aussi se poser la question : est-ce que

les patients sont favorables à participer à des études de recherche par exemple ? Et quand on leur pose la question, ils sont globalement très positifs par rapport à cela, ils acceptent très facilement, à partir du moment où on leur explique ce qui va se passer, et à partir du moment où on va leur expliquer à quoi servent les résultats. Il y a cette information incontournable de savoir ce qu'on va faire de leurs données, et comment vont être protégées ces données. Au-delà de ces deux informations essentielles, le patient est totalement prêt à ce que l'on utilise ses données en matière de santé, mais il faut bien sûr les protéger.

Pourquoi faut-il une responsabilisation des utilisateurs dans ces données de santé ? Je vais vous donner un exemple qui m'a été rapporté très dernièrement, par un patient atteint de SIDA. Il a pris un rendez-vous chez un dentiste, il n'a pas déclaré sa pathologie lorsqu'il a pris son rendez-vous, et quand il est arrivé dans le cabinet, il s'est vu opposer la consultation sous prétexte qu'il

<sup>2</sup> Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés.

était séropositif. C'est très choquant, quand on le raconte comme ça, mais finalement, si on se pose des questions, c'est peut-être aussi pour protéger les autres patients que le médecin a décidé cela. Mais cela peut poser la question de savoir comment est stérilisé le matériel qu'il utilise.

Bref, cela veut dire que lorsque des données de santé ne sont pas protégées et qu'elles vont circuler comme cela, soit auprès du monde médical, mais aussi en dehors, les assurances, le milieu professionnel, le milieu social, cela a une importance pour la personne, et cela peut les rendre très en co-

lère par rapport au fait que l'on n'ait pas su protéger leurs données de santé. Il va falloir qu'il y ait une responsabilisation très importante des utilisateurs de l'intelligence artificielle. Il va falloir protéger et bien sûr, il va falloir légiférer pour faire en sorte d'avoir un cadre pour l'utilisation de l'intelligence artificielle.

Il faut aussi privilégier l'environnement de vie du patient, puisque la question du début, c'était : « est-ce que seules les données médicales... » Je ne vais pas répondre à cette question, c'est plutôt à vous d'y répondre, mais la vie du patient et son environnement de vie sont au moins aussi

importants pour permettre de dresser un diagnostic.

Il faut permettre l'évaluation de ces nouvelles pratiques professionnelles par les usagers. Quand on a parlé de gouvernance, tout à l'heure, il faut que les usagers soient présents pour pouvoir donner leur avis sur ce qui va être construit en matière d'intelligence artificielle, pour qu'ils

puissent évaluer si le cadre dans lequel vont s'établir ces données, et le travail sur ces données en matière d'intelligence artificielle est protégé pour les usagers.

Il faut faire en sorte aussi, c'est

très important, que l'intelligence artificielle ne soit pas porteuse d'inégalités. C'est très important comme dans d'autres secteurs, notamment le secteur bancaire, que je connais bien. Je viens du secteur bancaire, donc je connais un peu cela, parce qu'on travaille beaucoup avec l'intelligence artificielle. Le marketing basé sur les data, et au final, on va construire des cibles. Les cibles qui rapportent le moins ne vont plus avoir un accès à un conseil et à un conseiller, et seules les personnes qui auront un rapport pour l'établissement bancaire vont pouvoir avoir accès à un conseiller. Et ça, on n'en veut pas, par rapport à la relation avec le médecin. Il ne faut pas qu'il y ait ce rap-



port de coûts et de pouvoir avoir accès à un médecin.

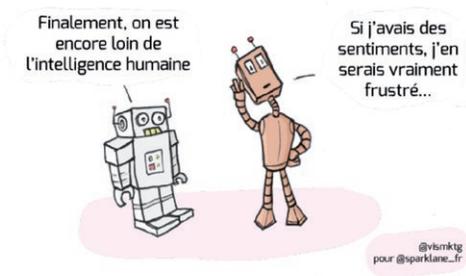
Il faut que l'intelligence artificielle ne soit pas porteuse d'inégalités tant en matière de coûts qu'en matière également géographique, puisqu'on sait que notre territoire a des inégalités en matière d'accès géographique à la santé. C'est peut-être dans les grands centres, qu'on arrivera en premier, à utiliser l'intelligence artificielle au risque que dans d'autres secteurs géographiques, on voit arriver cela dans, non pas trente ans, mais peut-être dans cinquante ou soixante ans.

Il faut accompagner l'usage à ceux qui en ont besoin, ce n'est pas forcément facile pour tout le monde, et préserver et sécuriser les données de santé. On en a beaucoup parlé.

telligence relationnelle, qui sont les bases de notre société, et qu'il faut maintenir.

Enfin, cette relation à trois. Le patient, le médecin et l'intelligence artificielle qui est schématisée. Il faut arriver à faire en sorte qu'on trouve un équilibre entre ces trois acteurs de la relation patient-médecin.

Merci à vous. ■



Pour finir, ces deux petits schémas. Deux petits robots : le dernier dit : « si j'avais des sentiments, j'en serais frustré. Finalement, on est encore loin de l'intelligence humaine. » Oui, à côté de l'intelligence artificielle, il y a l'intelligence émotionnelle, l'in-





# Le point de vue des industriels

**AGFA**   
HealthCare

**Canon**  
CANON MEDICAL SYSTEMS

 GE Healthcare France

**PHILIPS**

**SIEMENS**  
medical



**Aïssa KHÉLIFA**  
AGFA HEALCARE IT

# Intelligence augmentée : la prochaine frontière \*

**P**our tenir dans les délais, j'ai supprimé plein de slides parce que beaucoup de choses ont déjà été dites. On va donc pouvoir faire court.

Quatre questions en guise de préambule. Ce sont les seules choses que je vais traiter, je ne vais pas traiter la suite.

- Première question : comment gérer le fait que plus les cas sont rares, plus le volume et la nature des données nécessaires sont importants ?
- Deuxième question : quel est l'impact du RGPD <sup>1</sup> sur des projets de collecte de données en vue de *deep learning* ?
- Troisième question, après le *Cloud Act* du 23 mars 2018, est-ce qu'on peut encore confier ces

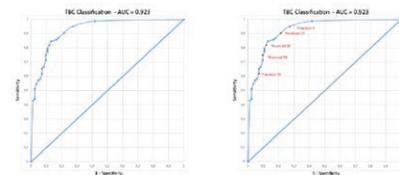
données à des sociétés américaines ? Je parle bien évidemment des GAFAMI <sup>2</sup>.

- Le dernier point, ce sera une question problématique : est-ce que l'on doit parler d'intelligence artificielle ou d'intelligence augmentée ? Vous verrez que la nuance est plus que sémantique.

La volumétrie est inversement proportionnelle à la fréquence des cas. Plus les cas

## La volumétrie est inversement proportionnelle à la fréquence des cas

- Plus les cas sont rares, plus le volume et la complexité des données sont importants.
- Ex sur la tuberculose (significativité atteinte avec 10 000 clichés)



Dubai Validation	Phase One (2017)	Phase Two (2018 re-trained algorithm)
Sensitivity (TB Positive)	90%	95%
Specificity (True Negative)	55%-70%	70%-75%
AUC*	0.911 (A)	0.923 (A)



\* *Retranscription de l'intervention orale*

<sup>1</sup> Règlement Général sur la Protection des Données.

<sup>2</sup> GAFAMI : Google Amazon Facebook Apple Microsoft IBM

sont rares, plus on a besoin de volume et plus les données sont complexes à traiter. Or, dans l'exemple sur la tuberculose, on arrive, dans le cadre d'une étude que nous avons menée, à une significativité, avec simplement 10 000 clichés traités. C'est peu de données dans le *deep learning*, et vous voyez qu'on est sur des taux de sensibilité de 95 %, sur des taux de spécificité supérieure à 75 %, et sur une zone sous la courbe ROC qui est au-dessus de 0,9. Nous avons tous les critères pour valider le fait que la solution d'intelligence augmentée est satisfaisante sur le plan clinique.

10 000 données, c'est 10 000 dossiers, c'est très peu. La question c'est quand on va aller sur des données rares ou sur des pathologies complexes, il va falloir chaîner des données hétérogènes tout en garantissant bien évidemment l'anonymat des patients. En théorie, les données doivent être anonymisées et chaînées avant l'arrivée dans l'entrepôt de données.

En pratique, les moteurs d'anonymisation des données sont situés dans les serveurs, et les données sont anonymisées et chaînées après leur arrivée dans l'entrepôt. Confer par exemple, *Watson Health*, où ce sont des données nominatives qui partent des clients de *Watson Health* aux États-Unis, et qui sont ensuite anonymisées pour traitement.

Deuxième cas de figure, on parle de données d'imagerie, mais quand on veut chaîner autre chose que de l'imagerie, des données issues du dossier patient, des données

issues du séquençage du génome, on se retrouve sur des bases multiples, avec des identifiants multiples, et donc avec la nécessité de fusionner à un moment toutes ces données. Où est-ce que ça se fait ? Comment le fait-on ? Quelles sont les solutions qui sont envisagées ?

Comment on gère le fait d'acquérir des consentements non seulement sur les données d'imagerie, mais aussi sur les données du génome, mais aussi sur les données de patients, de s'assurer que ces consentements sont convergents, pour pouvoir traiter convenablement ces données ? Ce sont des questions qui aujourd'hui sont ouvertes, et ce sont des problèmes auxquels nous ne savons pas encore, ni vous ni nous, répondre convenablement.

Deuxième point : quel est l'impact du RGPD ? Je vois deux impacts : le premier, c'est lors de l'utilisation de solutions d'intelligence augmentée. Est-ce qu'il faudra demain demander un consentement préalable pour utiliser un CAD <sup>3</sup> ? Est-ce que, quand des radiologues vont utiliser la solution dont je parlais tout à l'heure, de diagnostic automatique, automatisé, ou assisté de la tuberculose, ils vont devoir demander le consentement de manière systématique du patient ? On pourrait le penser.

Mais le problème est encore plus évident lors de la constitution des bases de données. Je vais prendre une illustration avec une étude de Stanford, qui a été publiée

<sup>3</sup> *Computer Aid Diagnosis*.

l'an dernier sur la pneumonie. C'est une étude que le RGPD n'autoriserait peut-être pas dans une lecture stricte de la gestion du consentement.

L'étude, vous la connaissez certainement, c'est l'étude de détection de la pneumonie par rayons x avec un outil de *deep learning*. Ils sont partis sur une base de 112 000 radios thoraciques gérées par le NIH <sup>4</sup>. L'algorithme a intégré les 112 000 examens en six semaines, cela peut aller vite. Les résultats sont sans appel, je cite les promoteurs de l'étude : « Nous développons un algorithme qui dépasse la performance

*des radiologues dans la détection des pneumonies, à partir de clichés de thorax. »* Au moins, le message est clair.

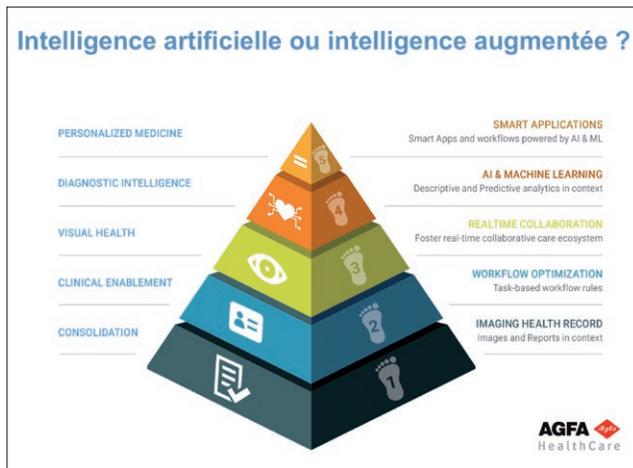
- Est-ce qu'il y avait un consentement préalable ? Oui, toutes les données ont été issues du NIH, et tous les patients avaient donné leur consentement pour participer à des essais cliniques.
- Est-ce que c'est un essai clinique ? Oui, c'est clairement un essai clinique.

<sup>4</sup> National Institutes Of Health.

- Est-ce que les patients ont donné leur consentement express ? Non, ils n'ont pas donné leur consentement express.

Le consentement au titre du RGPD doit être exprès, positif et intelligent, éclairé. Aucun des patients dans des données qui ont pour certaines plus de vingt-cinq ans n'a donné son consentement express pour une étude sur l'intelligence artificielle. Cela

veut dire que si on a une lecture stricte de la gestion du consentement, on va au-delà de grandes difficultés. Peut-être que la pratique évoluera, mais peut-être qu'elle n'évoluera pas. On sait que dans un certain



nombre de cas, on est allé plutôt vers le plus rigide que vers le plus intelligent.

Troisième question après le *Cloud Act*, qui veut dire *Clarifying Lawful Overseas Use of Data*, ou « clarifier l'utilisation légale des données à l'étranger ».

Est-ce qu'on peut encore confier ces données à des sociétés US ? Le *Cloud Act* est un acte qui était un texte tout petit, trente-deux pages, ce qui est très rare aux États-

Unis, qui a été voté en avril dernier et qui dit ceci, c'est l'article principal : « un fournisseur de communications électroniques ou de services informatiques à distance devra se conformer aux obligations de préserver, sauvegarder ou dévoiler (to disclose), le contenu de toute communication électronique ou de toutes informations en sa possession, son contrôle ou sa garde, que cette communication, ce dossier ou cette information soit localisée à l'intérieure ou à l'extérieur des États-Unis. » Au moins cela a le mérite d'être clair. Tous les opérateurs américains de stockage de données et de télécom, bien évidemment, sont concernés par ce *Cloud Act*. D'ailleurs ils ont tous applaudi, parce qu'effectivement l'acte clarifie la position des États-Unis.

Cela veut dire quoi ? Cela veut dire qu'on peut avoir des conflits de doctrine, notamment pour un opérateur américain intervenant en Europe, donc soumis au RGPD en Europe. Bien évidemment, cette disposition est complètement contraire à ce que prévoit le RGPD.

Le problème c'est qu'en matière de *deep learning*, la quasi-totalité des fournisseurs d'algorithmes sont nord-américains, et pour ceux qui ne le sont pas, ils sont chinois, ce qui est peut-être encore pire en matière de protection des données.

Comment va-t-on gérer ce conflit de doctrine entre le RGPD et le *Cloud Act* ? Si

### Quel impact du RGPD ?

- Double impact :
  - Lors de l'utilisation de solutions d'Intelligence Augmentée ?
    - Consentement préalable pour l'utilisation d'un CAD ?
  - Lors de la constitution des bases de données
- Une illustration avec l'étude de Stanford sur la pneumonie
  - Une étude que le RGPD n'autoriserait peut-être pas



on veut que toutes nos données de santé puissent partir vers les services fédéraux américains, il suffit de ne pas réfléchir à cette question.

Dernier point. Intelligence artificielle ou intelligence augmentée ?

Depuis ce matin, on utilise les termes presque de manière indifférenciée. Or les termes ne sont pas indifférenciés.

- L'intelligence artificielle, c'est d'essayer de répliquer l'intelligence humaine.
- L'intelligence augmentée, c'est de se donner des outils, qui en combinaison avec des outils de *workflow*, en combinaison avec des processus, vont permettre d'aboutir à une amélioration, à une amplification du travail produit par l'intelligence humaine.

Cela veut dire quoi ? Cela veut dire qu'au cœur de la démarche, d'abord, vous l'avez vu ce matin dans l'exposé de Robert, vous avez la constitution d'entrepôt de données,

c'est le premier point. Ensuite, je ne reviendrai pas dessus parce que Paul Chang en a merveilleusement parlé, vous avez besoin de *workflows* qui vont permettre la coopération et l'utilisation intelligente des données qui sont stockées. Plus de données en silo, ou moins de données en silos et des *workflows* qui vont permettre de travailler dessus. Derrière, vous avez besoin d'outils de collaboration en temps réel entre professionnels. Et c'est seulement à ce moment-là, quand vous avez fait tout cela, qu'apparaissent les outils d'intelligence augmentée, de *machine learning*.

On est d'abord sur leur conception, et ensuite sur leur utilisation en temps réel, intégré dans les *workflows*. On est sur un processus qui est un processus complexe, lent, qui va nécessiter une réflexion sur l'organisation, au-delà des simples systèmes informatiques, et qui, pour vous radiologues, va poser la problématique de la façon dont vous travaillez en interaction avec les autres. Pour l'hôpital, c'est sans doute relativement facile. Pour les radiologues libéraux qui peuvent intervenir dans différentes cliniques, dans différents parcours de soins, la question va être plus complexe.

En conclusion si vous voulez, sur le site d'AGFA HealthCare IT, il y a un très joli livre blanc sur l'état de l'intelligence augmentée. ■





**François VORMS**  
CANON

# Le Deep Learning, un développement inéluctable \*

**P**endant que la présentation se prépare, merci à la FNMR, de nous donner cette occasion de pouvoir présenter les pistes, les orientations concernant l'intelligence artificielle au sein de Canon Medical Systems Corporation.

Pourquoi Canon est impliqué dans l'intelligence artificielle en imagerie médicale ? Le groupe Canon vient d'intégrer la structure d'imagerie médicale de Toshiba et fait évoluer son fonctionnement pour tenir compte des nouveaux enjeux. Le changement de nom de Toshiba Medical en Canon Medical est effectif depuis le 4 janvier 2018. C'est donc par cet historique que nous œuvrons dans l'intelligence artificielle, ce n'est pas nouveau.

Ce développement a pu être mis en place grâce à la recherche en interne, grâce à l'acquisition de société, de savoir-faire, que ce soit dans le post-traitement ou dans la recherche plus en amont. Canon a aussi

par le passé investi dans des sociétés qui sont dans le diagnostic et qui favorisent l'accès au big data. On l'a dit ce matin, les premières expériences et étapes d'intelligence artificielle, ont été les CAD<sup>1</sup> que l'on trouve aussi chez Canon Medical dans les solutions de post-traitements. Aujourd'hui, nous continuons à progresser dans le développement de l'intelligence artificielle avec le *deep learning*, qui demande des ressources informatiques importantes et suppose d'avoir des partenariats avec de grosses sociétés comme Nvidia avec qui nous venons de signer un accord.

Nous sommes convaincus que ce développement est inéluctable. Pourquoi ? Parce que vous le savez aujourd'hui, il n'y a plus de médecine sans imagerie. Nous assistons à une augmentation du nombre d'examens à la fois par les nouvelles indications mais aussi du fait des maladies chroniques. Il est donc tout à fait légitime de penser que l'intelligence artificielle doit être développée et c'est notre rôle en tant qu'industriel. Nous sommes là pour travailler avec vous, pour vous aider à faciliter votre quotidien,

\* Retranscription de l'intervention orale

<sup>1</sup> Computer Aid Diagnosis.

pour améliorer la *workflow* et penser sécurité pour le patient, Monsieur le Pr Chang en parlait tout à l'heure.

L'intelligence artificielle, va permettre aussi de travailler avec des images dégradées, avec toujours moins de rayons X. C'est donc grâce à l'intelligence artificielle, par le biais du big data, que l'on va pouvoir reconstruire ces images sans bruit. A ce titre, nous avons présenté, il y a maintenant un mois et demi au congrès de Yokohama, notre premier scanner, avec intelligence artificielle embarquée, c'est-à-dire avec du *deep learning* qui sera disponible début 2019.

Je laisse la parole à mes collègues qui sont plus dans la technique afin de vous éclairer sur les différentes pistes. Je te laisse Patrice prendre la suite.

### **Patrice COUDRAY** (Canon)

Merci François. Juste en introduction de ma présentation, on sait tous, depuis ce matin qu'il y a plusieurs intelligences artificielles, il n'y en a pas qu'une, il y en a de plusieurs types. Nous savons tous que cela ne va pas se faire comme ça du jour au lendemain, et qu'il y aura plusieurs phases dans le déploiement de l'intelligence artificielle.

Ce que je voulais juste vous démontrer, c'est tout d'abord que nous n'avons pas le choix, parce que les grosses modalités nous poussent, nous les constructeurs,

et vous poussent aussi à accompagner toutes ces images, ce *huge data*, par des solutions d'intelligence artificielle. Les modalités nous poussent à développer des technologies d'IA, notamment la première qui arrive dans nos systèmes, et que nous proposons très prochainement, le *deep learning* reconstruction, le DLR.

Alors pourquoi et à quoi va servir le DLR ? Je prends juste deux exemples, celui du scanner et de l'IRM.

Nous avons récemment sorti un nouveau scanner Precision, qui propose deux fois plus de performances que tous les scanners du marché. Il s'agit d'un scanner qui va permettre des résolutions que vous n'avez jamais encore vues : 50 paires de lignes par centimètre, la matrice de reconstruction en 1024 et 2048. Cela s'accompagne de détecteurs de 0,25 millimètre, deux fois plus fin que ce qu'on faisait jusqu'à présent. La médecine de précision, l'imagerie de texture sont de nouvelles notions que le Precision permet de développer afin d'améliorer la détection, la caractérisation et la prévention.

Toutes ces nouvelles notions sont rendues possible grâce à la finesse du détecteur. Cependant, cette nouvelle génération de détecteurs nécessitera de réduire encore la dose, un des objectifs du DLR.

Le *huge data* devra être accompagné, simplifié, les nouvelles modalités vont générer non pas des centaines, mais des milliers d'images à chaque examen.

Nous avons déjà une solution disponible qui s'appelle AICE, objet de notre communiqué de presse du 10 avril. Cette solution est basée sur du *deep learning* reconstruction. Je ne reviens pas sur cette technologie d'apprentissage du réseau de neurones que Monsieur Pr Chang a très bien expliqué ce matin. C'est une boîte un peu noire, mais peu importe.



L'idée essentielle est d'obtenir un signal sur bruit le plus pur possible, le rapport signal sur bruit idéal. Le Saint Graal est d'acquérir un signal pur, sans bruit. Dans cette condition, vous pouvez espérer des images qui ont des résolutions spatiales extrêmement fines, des résolutions temporelles optimisées, des temps d'acquisition qui deviennent bien plus rapides. Le DLR va servir à se rapprocher du signal sur bruit idéal de 100 %.

De plus, le DLR, le *deep learning* reconstruction, est beaucoup plus rapide que n'importe quelle technique itérative disponible sur le marché aujourd'hui.

Le DLR peut s'appliquer également à l'IRM. En IRM, le logiciel va apprendre à identifier le bruit de manière spécifique, l'isoler et le soustraire de l'image. C'est nouveau, parce que les logiciels classiques retirent un peu tout, y compris du signal utile. Si vous venez au congrès de l'ISMRM <sup>2</sup> à Paris

dans deux semaines, nous vous montrerons les premiers résultats d'intelligence artificielle dans nos images.

Il est légitime d'exiger des temps d'acquisition courts en IRM. Vous voyez ici un temps d'acquisition de 1min 45. Cette image est acquise en haute résolution, en matrice 1024, mais malheureusement, plus on augmente la matrice, et plus on a du bruit. Afin de limiter l'influence du bruit, l'utilisateur rajoute des acquisitions, ce qui rallonge sensiblement les temps d'acquisition. Le DLR a pour objectif de raccourcir les temps d'acquisition et d'augmenter le rapport signal sur bruit.

Nous avons déjà aujourd'hui un IRM de recherche, en France, à Bordeaux, qui est équipé du DLR. L'idée est d'utiliser des images d'IRM 3T et de challenger la Qualité Image des 7 Tesla.

Je laisse la main à Cyril qui va vous parler du post traitement.

<sup>2</sup> International Society For Magnetic Resonance in Medicine.

## Cyril DI GRANDI (Canon)

Bonjour à tous. Je travaille pour Olea Medical, nous développons des solutions avancées de post-traitement en IRM et en scanner. Voici ce que l'on est capable de faire aujourd'hui en *deep learning*. On réalise de la segmentation et de la caractérisation d'AVC, tout en automatique. Nous proposons également la classification, et la segmentation automatique des tumeurs cérébrales, la segmentation du cartilage dans le genou.

Je suis informaticien, donc c'est un peu ma faute si on discute de cela aujourd'hui. Je voulais vous rassurer, le *machine learning* existe depuis très longtemps. Cela fait dix ans que je travaille avec vous, le *deep learning* pourrait me permettre aujourd'hui de me dire : « chouette, nous allons pouvoir remplacer les radiologues. » En fait, ce n'est pas vrai du tout. Je voulais vous rassurer.

Ce qu'on essaye de faire en informatique, c'est vous proposer des outils pour gagner du temps, vous permettre de mieux travailler. Nous pouvons vous aider à améliorer le triage des patients, à accélérer la lecture des cas, et comme on le dit tous depuis ce matin, finalement vous faire gagner du temps précieux sur des tâches qui sont répétitives, pour lesquelles vous n'avez pas de valeur ajoutée, pour vous permettre de vous concentrer sur votre vrai métier. Et surtout pouvoir gagner en reproductibilité et en précision.

Merci à tous. ■



**Christophe LALA**  
GE

# L'industrie du dispositif médical a un rôle central à jouer \*

**B**onjour à tous. Merci pour votre invitation. C'est très agréable d'être ici. Je voudrais justement rappeler le rôle de l'industrie dans cette mouvance de *l'artificial intelligence*, ou de l'intelligence artificielle. Puisqu'on a beaucoup parlé ce matin de GAFA <sup>1</sup>, on va essayer de vous convaincre que nous, l'industrie du dispositif médical, avons un rôle central à jouer.

Je vais essayer de vous préciser un peu quelle est la stratégie du Groupe General Electric, et en particulier de la division santé. Je vais passer assez rapidement sur les pages que vous avez vues tout au long de la journée. Ici, ce sont les conditions qui déterminent l'accélération de l'intelligence artificielle. Vous l'avez dit, Docteur Chang, ce matin, et encore cet après-midi. L'intelligence artificielle existe déjà depuis vingt ans, et il y a un phénomène de *marketing* qui, au-

jourd'hui, met un tampon en intelligence artificielle à peu près sur tout.

Je vais juste essayer de vous dire ce que nous sommes en train d'essayer de faire. Cette page veut dire quoi ? Cela veut dire que c'est ça notre défi à nous tous, industries y compris, c'est-à-dire qu'on le voit, il y a une accélération des coûts. Il y a une nécessité de maîtrise des dépenses de santé. Il y a un déficit de professionnels de santé. On voit bien que l'on est à un moment où on cherche des solutions pour essayer de sortir par le haut. Puisque si on continue comme ça, avec la forte demande dans les pays matures, on va à l'explosion. Sur le problème d'accès on sait bien que dans les pays émergents, et cela a été rappelé aussi, il y a pratiquement six milliards de personnes sur la terre qui souffrent d'un déficit d'accès aux soins.

Le dernier point, je l'ai évoqué rapidement, c'est la qualité : de quelle manière on peut

\* Retranscription de l'intervention orale

<sup>1</sup> Google, Apple, Facebook, Amazon.

contenir la dépense, tout en essayant de garantir et d'améliorer la qualité des soins. C'est un peu ce que cette page veut dire. On pense que, comme par définition, l'intelligence artificielle est un élément de rupture, on a toutes les conditions pour y arriver.

Je vais parler de plusieurs espaces, mais surtout, on a beaucoup couvert celui du médical. Il y a aussi l'espace système qui est à couvrir. J'en ai parlé un peu. Ici, ce sont des choses que vous savez déjà : on est au mi-

lieu de la page. On est en train de se propager vers le prédictif, et un jour le prescriptif. Très rapidement, je passe sur cette page, tout le monde connaît.

On a aussi parlé de médecine de précision. Ici, vous avez une idée de ce que, pour notre groupe, veut dire cette médecine de précision, dans les trois étages que sont : le diagnostic, le traitement et le suivi du patient. À chacune de ces étapes, on pense que la meilleure façon d'essayer de conduire un diagnostic, un traitement et un suivi personnalisé, c'est d'essayer bien sûr d'avoir cette précision dans le geste, cette précision de diagnostic, et bien sûr l'accumulation de données, bien que trivialement, on a les moyens d'essayer de trouver dans les

différents épisodes de santé du patient, un chemin qui nous permette d'être prescriptif à terme, et d'essayer un jour peut-être, de n'avoir jamais la maladie qui se déclare.

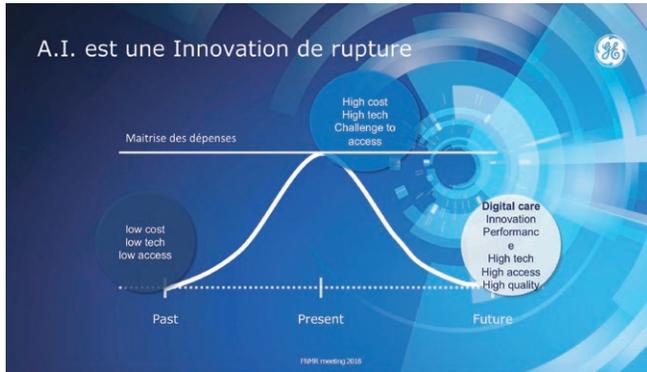
Stratégiquement, on s'appuie sur deux grands piliers. Le premier pilier de développement de l'intelligence artificielle, c'est l'in-

frastructure au sens large. On l'a évoquée aujourd'hui, c'est ce que l'on fait dans nos produits, dans nos équipements, dans nos services. Mais cela touche aussi les structures : on a un peu parlé de l'hôpital,

mais il y a des gisements d'économies à faire dans la prise en charge de l'hôpital, et là c'est plutôt le process.

Ensuite, c'est de quelle manière les machines se parlent et comment on peut par exemple traiter le domaine des équipements médicaux, de la même manière qu'on traite les moteurs d'avion et les avions en général. C'est-à-dire que pour vous, cela voudrait dire que jamais vous ne voyez une machine en panne. On est plutôt dans l'Internet des objets.

Ces trois espaces : organisationnels, produits et Internet des objets, c'est le premier axe. Je ne vais pas revenir là-dessus, c'est quantifications automatiques, c'est procé-



dures automatisées, c'est tous les *softs* qui existent et qui vont être de plus en plus performants.

Sur l'autre axe, que j'ai appelé parcours du patient, c'est difficile de le nommer, mais c'est l'axe où on voit arriver les données de masse. C'est là où très probablement les grands acteurs de l'informatique vont vouloir se positionner. C'est dans l'ensemble de la vie du patient, dans l'ensemble de ses épisodes, comment je collecte l'entièreté des données pour essayer, là aussi, d'avoir une image la plus standardisée possible et donc être dans le prédictif.

Ici sur ce terrain, on a des embryons de produits, de programmes, mais il y a un immense travail à faire. Et là, bien évidemment, la data n'est plus propriétaire, elle est partagée par toute l'industrie, par tous les différents segments d'acquisition des données. Là, la notion de *clean data* est critique, ce qui veut dire que nous ne sommes pas encore au bout du chemin, mais on avance progressivement.

Dans tous nos développements, on regarde trois cibles : le patient, le système - j'ai dit rapidement le système de santé, je vous donnerai un exemple pour illustrer mon propos - et bien sûr les professionnels de santé, médecin ou paramédical.

Sans revenir sur tout ce qui a été dit ce matin, si on se focalise maintenant un peu plus sur le domaine de l'imagerie. Pour vous donner une idée de ce que l'on développe sur nos IRM, puisque l'IRM est un élément qui est beaucoup consommateur de temps en matière de protocolisation des différents paramètres, c'est un peu opérateur dépendant. On est en train aujourd'hui d'introduire un logiciel qui permet de regarder sur un ensemble de plate-formes communes de notre marque, voire de marques concurrentes, de quelle manière on fait le lien entre la taille du voxel, les paramètres et les différents intervenants. On va enregistrer ces données cumulées, on va les regarder dans le temps, on va mettre une couche, évidemment de *machine learning* sur ce système. Et à terme, selon l'indication la machine programmera

l'entièreté des protocoles en un clic, et finalement la même chose sur le post-processing, là aussi en imagerie cardiaque.

Vous le savez, Arterys, avec YS Works, on est capable aujourd'hui d'aller travailler dans le cloud, d'aller pousser des données dans le cloud, faire du prédictif et de cette manière, on est dans le produit. Cela existe, cela va se développer et c'est



relativement facile, même si c'est un peu opérateur dépendant, j'y reviendrai.

Les autres axes, on a parlé entourage automatique. Tous ceux ici qui comme moi font ce métier depuis longtemps, mais de l'autre côté de la barrière, combien de fois vous avez repris des segments, combien de fois vous vous êtes reculés des images. Ce n'est pas tout à fait terminé, et pourtant, cela fait très longtemps. Nous, les sociétés d'imagerie et c'est mon propos, sommes *natifs processing*, et pour nous le traitement de la data c'est naturel. On voit bien que pour réussir, il faudra bien arriver à tirer la quintessence d'un business model.

Je suis désolé, je suis le mauvais dindon de l'histoire, mais on a parlé de financement tout à l'heure. Et même si on parle beaucoup d'Amazon, de Microsoft, des GAFAs en général qui investissent énormément, je peux vous assurer qu'ils n'investiront pas très longtemps, s'il n'y a pas une monétisation de la pratique, désolé pour le français anglais. C'est-à-dire qu'aujourd'hui quand on discute avec le régulateur, il rêve de l'intelligence artificielle, pour une raison simple. C'est que s'il pouvait essayer d'annuler le travail du radiologue, pour lui, la monétisation est de l'ordre de zéro. Avec des comportements de cette manière, le financement sera un sujet.

Je pense qu'il faut s'intégrer dans un écosystème, et c'est là où on doit travailler ensemble. C'est pour cette raison que je dis que le dispositif médical, les sociétés d'imagerie et vous, ensemble, c'est à nous de

construire le futur, parce qu'on sait de quoi on parle. Sinon, il n'y aura pas de sources de financement, et on sait bien que ce *value-based healthcare*, c'est la clé. Quel est l'impact pour le patient ? Quel est l'impact pour le système de santé ? Si l'impact est important, le remboursement sera important. C'est le monde moderne dans lequel on va rentrer.

C'est de cette manière que nous appréhendons évidemment le développement de nos produits, qui est critique. Parce que la qualité de la donnée vient quand même du produit, et ensuite le traitement de celle-ci, avec tout ce que l'on a évoqué très brillamment ce matin. Je suis très heureux d'avoir pu participer à cette discussion.

Évidemment avec le drapeau General Electric, j'ai un peu de mal à parler de la France, mais je vais quand même le faire. On a aujourd'hui des ingénieurs basés à Buc, vous le savez, à côté de Versailles. On a développé cette petite start-up qu'on avait rachetée à Strasbourg qui faisait du management de la dose en *x-ray*. C'est un point d'entrée très important pour le développement de l'intelligence artificielle. On a créé la *GE Foundry*.

Comme le Docteur Chang le rappelait tout à l'heure, la source clé, c'est le data scientist. Un *data scientist*, c'est celui qui est capable de déterminer les indicateurs qui vont permettre d'obtenir les résultats attendus, et qui font le lien avec les données. Cela n'a rien de trivial. C'est facile à dire en une phrase, mais c'est très compliqué. Ces data scientists, grâce à nos écoles grâce à notre éducation, effectivement en France, il y a un savoir-faire qui est reconnu dans le monde, et on s'ap-

puie dessus. Je pense que c'était important de le préciser.

Pour terminer, en conclusion, on ne fera rien tout seul. On ne fait déjà rien tout seul. On travaille avec, je l'ai dit, Amazon sur le cloud. Parce qu'aujourd'hui monter un cloud France pour nos équipements, c'est 500 millions de dollars à l'instant T. Je peux vous assurer que faire grandir, entretenir un cloud, assurer sa sécurité, juste la climatisation d'un cloud vous ne pouvez pas imaginer... On ne peut pas lutter contre ça, mais c'est le cloud, c'est l'hébergement de la donnée. On travaille avec ces gens. On travaille avec Apple sur un IOS qui va porter un outil qui va permettre du *deep learning* sur les smartphones. On travaille évidemment avec des grands sites académiques. On travaille avec vous. C'est un travail commun, mais c'est la suite logique de la révolution digitale.

Ce qui est le cœur central du digital, c'est que c'est un miroir de ce que nous faisons tous. Il faut savoir se parler. On ne peut travailler que sous la forme de consortium. Ce que je vais dire, ce n'est pas nouveau : le développement des scans, des IRM, on l'a fait avec vous. On met la technologie à la disposition de résultats dont vous nous dites s'ils sont probants ou pas pour le patient. Cela continuera avec l'intelligence artificielle. Elle existe aujourd'hui. Elle est en voie d'accélération, mais cette histoire de *Brian Body*, c'est-à-dire tout ce que j'ai montré sur ma première page, le cloud ou les algorithmes, c'est indispensable. Mais ce qui est indispensable aussi c'est la connaissance du domaine. Je vous remercie. ■





**Antonin MARCAULT**  
PHILIPS

# L'Intelligence Artificielle : une révolution qui se base sur trois piliers \*

**J**e souhaite commencer par remercier la FNMR pour son invitation à pouvoir présenter rapidement ce que fait Philips en intelligence artificielle. J'en profite aussi pour excuser

David Corcos, président de Philips France, qui n'a pas pu se joindre aujourd'hui, qui aurait aimé être là.

Quelques mots d'introduction sur Philips. Vous le savez sûrement, le groupe a pris la décision de se recentrer exclusivement et nous concentrer à 100 % sur la santé, en désinvestissant nos autres activités telles que l'audiovisuel, la Hi-Fi et plus récemment l'éclairage.

Comme vous le savez l'image est au cœur de l'ADN de Philips. Cela fait plus de cent ans que nous travaillons en imagerie en santé avec une volonté d'innover constamment. D'ailleurs, cette transformation du

groupe est matérialisée notamment par nos investissements en recherche et développement dans le domaine de l'image, et plus particulièrement dans le domaine de l'informatique de santé et de l'intelligence artificielle. Aujourd'hui Philips dépense 10 % de ses revenus en R&D, c'est-à-dire environ 1,8 milliard d'investissements chaque année. 60 % de cette somme est dédiée à la recherche et au développement de l'informatique de santé et de l'intelligence artificielle. Ce qui fait que nous sommes une société du dispositif médical qui se transforme et qui va vers plus de logiciels, plus d'informatique, plus d'intelligence artificielle.

En avril dernier, Philips a fait le choix de s'inscrire dans le plan *IA for humanity* qui a été dévoilé par le Président Macron et qui définit le secteur de la santé comme un secteur prioritaire dans le développement de l'intelligence artificielle en France. Monsieur Chang, vous l'avez répété tout à

\* *Retranscription de l'intervention orale*

l'heure, l'un des avantages qu'a la France, ce sont ses cliniciens, ce sont ses data scientists, mais c'est aussi des sources de données qui sont de plus en plus structurées.

Dans le cadre de ce plan *IA for humanity*, le groupe Philips a décidé de localiser en France un centre d'expertise mondial en recherche en intelligence artificielle, qui est basé à Suresnes. C'est un plan d'investissement de Philips sur cinq ans, qui a vocation à construire et à co-construire avec vous, et avec l'ensemble des acteurs français et internationaux, les prochains algorithmes d'intelligence artificielle en santé, principalement en imagerie médicale et en génomique.

Comme vous avez pu le voir dans les présentations précédentes, l'imagerie s'enrichit de plus en plus des données de biologie et de génomique. On parle de radiomique. Cela faisait sens pour nous de localiser les meilleurs experts français en France sur ces thématiques au sein d'un centre d'expertise mondiale en IA.

La troisième dimension de ce centre d'expertise mondial en intelligence artificielle, c'est l'écosystème. Il semblait indispensable pour nous que ce centre collabore avec les meilleurs acteurs de l'écosystème IA et santé en France que ce soit les établissements hospitaliers, les cabinets privés, les instituts publics ou les PME et les startups. A travers ce centre, Philips s'engage à investir et à accompagner les projets les plus prometteurs de la French Tech en santé. On voit qu'il y a un potentiel im-

portant et beaucoup de pépites en France. Nous avons lancé en juillet dernier un fond d'investissement de 50m€ aux côtés de CapDecisif Management et BPI France destiné à investir dans les meilleurs projets en e-santé, santé et intelligence artificielle. D'ailleurs, certains d'entre vous font peut-être partie de board scientifiques, ou même sont fondateur de start-ups.

Pour répondre à la question principale de ce séminaire, l'intelligence artificielle avant d'être une révolution, c'est une chance : pour vous, professionnel de santé, pour nous, et pour les patients.

C'est une révolution qui se base sur trois piliers. Le premier pilier, c'est une chance technologique et clinique. Nous l'avons vu, nombre d'algorithmes permettent de faciliter le *workflow* du travail du radiologue, permettant une meilleure visualisation et caractérisation des images. Je crois beaucoup que la force des industriels de dispositif médical est d'être avec leurs équipement en première ligne à vos côtés pour récolter de la donnée. Il faut que l'on soit également à vos côtés pour pouvoir l'exploiter. C'est le sens de ce centre d'expertise mondial en intelligence artificielle. C'est le sens aussi de l'ensemble des développements que nous faisons, à la fois sur nos équipements et sur nos logiciels.

Il faut savoir que l'intelligence artificielle ce n'est pas nouveau. Ce n'est pas nouveau chez Philips, ce n'est pas nouveau dans le monde. On parlait de *deep learning* tout à l'heure, l'apprentissage profond a été

créé en 1965. Les premiers réseaux neuronaux c'est 1943. La grande nouveauté aujourd'hui, c'est que nous disposons des outils pour pouvoir exploiter ces données : puissance de calcul, stockage, données de plus en plus structurées et de masse.

La deuxième chance, le deuxième pilier, c'est une chance organisationnelle. L'intelligence artificielle est une formidable opportunité pour améliorer l'efficacité des cabinets que nous parlions d'équipements, de flux de patients ou d'organisation interne. Chez Philips, nous avons développé plusieurs outils notamment *PerformanceBridge*, qui permet à la fois de suivre les performances d'un plateau technique mais qui permet aussi de suivre le flux des patients et manipulateurs afin d'identifier les goulets d'étranglement et d'optimiser les flux. Ces outils sont de plus en plus prédictifs, c'est-à-dire qu'ils peuvent anticiper le besoin par exemple en manipulateurs tout au long des semaines.

Le troisième pilier, c'est une chance économique. Le système actuel s'oriente vers un système de santé qui repose de plus en plus sur la valeur, le *value base care*. On se dirige vers de plus en plus d'efficacité avec des outils qui facilitent le *workflow* et qui s'adaptent au contexte clinique du

patient et au professionnel de santé tel qu'Ilumeo. Je me permets à ce stade de remercier le Professeur Chang qui vous a présenté et détaillé la solution Ilumeo solution qui a été co-développée avec Philips, et qu'on intègre dès à présent à l'environnement de travail du radiologue. Voici de l'intelligence artificielle concrète, accessible aujourd'hui facilitant le quotidien des radiologues. Cela permet de bénéficier d'un contexte clinique amélioré du patient, et permet aussi de prioriser le *workflow* et les listes de travail pour prioriser les cas les plus urgents.

Je souhaitais également souligner, en ce sens, l'accord qui a été conclu entre la FNMR et l'UNCAM <sup>1</sup> sur la pertinence des soins. C'est aussi une chance pour le système de santé et un premier pas vers un système basé sur la qualité.

Lorsque l'on parle de radiologues libéraux, on parle aussi d'entrepreneurs. Je parlais précédemment d'écosystème ouvert pour faire émerger l'innovation au service des patients et des professionnels de santé. Pour permettre l'émergence de projets de co-création en intelligence artificielle, il est essentiel que chaque acteur se dote des derniers outils. Aujourd'hui, lorsqu'on parle d'outils en intelligence artificielle la plupart de ces derniers sont des outils *open source* ac-



<sup>1</sup> Union Nationale des Caisses d'Assurance Maladie.

cessibles à chacun d'entre vous, à chacun d'entre nous, si on est en capacité de les exploiter.

La décision prise par Philips est la création d'une plateforme commune d'intelligence artificielle afin de rassembler les meilleurs outils, bases de données disponible pour l'innovation en santé. Ces outils, on les a verticalisés en santé, on les a mis à disposition d'une plate-forme qui s'appelle *HealthSuite In-sights*, qu'on a révélée à la *Paris Healthcare Week* cette semaine. Elle a vocation à être une plate-forme de co-création entre les data scientists, qu'ils soient internes chez Philips, qu'ils soient chez d'autres industriels ou qu'ils soient dans des start-ups ; les cliniciens que vous représentez, qu'ils soient privés ou qu'ils soient publics. Ces outils sont à disposition sur cette plate-forme afin de co-crée ensemble les algorithmes qui serviront à votre pratique clinique demain.

Si on veut créer des outils d'intelligence artificielle pertinents, il faut que l'on travaille sur une plate-forme commune qui permettra de les valoriser et les diffuser. Pour résumer cette plateforme, j'aime bien faire l'analogie avec l'App store d'Apple.

Au titre de dernier mot, j'aimerais profiter de cette assemblée pour vous présenter un programme d'accélération international qui s'appelle *AI for radiology* dans lequel chacun d'entre vous créateurs de start-up, vous pouvez vous inscrire. Il est structuré de telle façon qu'il permet de travailler avec les meilleurs experts de Philips,

pour pouvoir accélérer vos solutions, et accéder à l'ensemble de l'expertise clinique et informatique, de Philips et de nos intervenants externes à travers le monde.

Afin de conclure, l'intelligence artificielle est une chance pour vous tous, pour nous tous. Elle ne peut pas se faire chacun dans son coin. Il est indispensable de travailler en écosystème ouvert. Il faut créer ensemble, mais pour cela il nous faut des outils et des plateformes qui soient disponibles pour chacun. C'est le parti pris de Philips afin de faire progresser l'IA en radiologie clinique au service d'un radiologue augmenté par la technologie. Je vous remercie de votre attention et reste disponible pour vos questions. ■



**Jean-Baptiste LEPRINCE**  
SIEMENS HEALTHINEERS

# L'I. A., une opportunité pour un modèle préventif à coût raisonnable \*

**M**erci de votre invitation. Je suis Jean-Baptiste LePrince, Directeur Services chez Siemens Healthineers. Difficile de parler en

fin de journée comme ça. Pardonnez-moi d'avance, si vous avez l'impression que je ne fais qu'enfoncer des portes qui ont déjà été ouvertes.

On a évoqué l'intelligence artificielle, et je ne vais pas rentrer dans sa définition. Je tenterais de vous présenter notre point de vue, en tout cas de son impact sur la radiologie en particulier.

En préambule, si je devais balayer un tout petit peu de contexte, deux éléments me viennent à l'esprit :

1) Le premier, c'est que la radiologie par son essence même, depuis plus de cent-

vingt ans, s'est créée sur la base de découvertes scientifiques. Je pense bien sûr aux rayons x. Et elle n'a eu de cesse que de s'adapter à des évolutions et des inventions scientifiques. La plus significative qui me vient à l'esprit, c'est bien sûr la découverte de la résonance magnétique nucléaire, et ses applications à l'imagerie, qui ont été faites dans le début des années 70.

2) Le second point, et cela a été vu longuement aujourd'hui, c'est que l'intelligence artificielle n'est pas un fait nouveau. Au-delà de ses conceptions théoriques, en pratique, moi-même, je me souviens, jeune étudiant dans les années 90 à l'École Polytechnique, j'avais des camarades qui réalisaient des projets de programmation sur les réseaux neuronaux. Nous-mêmes, la société Siemens Healthineers, nous faisons depuis 1996 de la recherche et du développement d'applications sur le *machine learning*. C'est plus de 400 brevets aujourd'hui. Le *deep learning*, plus récent,

\* *Retranscription de l'intervention orale*



Ensuite, il y a un second niveau, plus macroscopique, que je vais tenter de décrire dans les quelques minutes qu'il me reste, il pourrait mériter beaucoup plus.

Je commencerai par une sorte de conviction évidente, ou en tout cas de conviction de bon sens : aujourd'hui quand on regarde la structure de coûts de notre système de santé, les besoins en volumétrie qui vont avec, et la vision que l'on a sur ce Graal d'une médecine préventive, la différence de volumétrie est telle, qu'il est inenvisageable d'avoir la structure de coûts du modèle curatif d'aujourd'hui pour faire du préventif.

L'opportunité immense qui s'ouvre grâce à l'intelligence artificielle, c'est cette capacité de pouvoir rentrer dans un modèle préventif à une structure de coût raisonnable pour tous.

On entre alors dans des enjeux de santé publique, qui vont s'accompagner de nombreuses opportunités puisqu'on est en train de parler de nouvelles prestations qui ont besoin de cadres :

- Le premier, nous l'avons vue, c'est l'accès aux données qualifiées. C'est un vrai grand sujet, technique, technologique et juridique.
- Le second consiste à clarifier tout le débat juridique sur la responsabilité. On l'a évoqué aujourd'hui. Notre vision c'est qu'effectivement il s'agit d'un sujet complexe qui va nécessiter un large débat au sein de notre société.
- Et le troisième, c'est la création d'un environnement, de codifications associées,

pour reconnaître la valeur qui provient de ces prestations.

Voilà notre vision, en quelques mots, que je voulais vous présenter.

Pour nous, il s'agit d'une opportunité ; elle nécessite beaucoup de travail, beaucoup de chantiers à mener, un cadre institutionnel à poser mais c'est un enjeu de santé publique.

Nous vivons là, fondamentalement, une grande opportunité pour la radiologie.

Merci beaucoup. ■







# III - Les échanges

## Débat avec la salle

**T**out au long de la journée, des échanges ont eu lieu entre les intervenants et les participants au séminaire. Nous avons synthétisé <sup>1</sup> ce débat en distinguant les interventions du Pr Paul Chang qui sont reproduites intégralement.

### Jean-Philippe MASSON

J'avais prévu une question pour Monsieur Besnier qui expliquait que l'IA risquait d'entraîner une dégradation de la relation entre le médecin et le patient. Je me suis rendu compte qu'en fait, les intervenants successifs qui lui ont succédé ont répondu en disant : « Non, pas du tout. L'IA va au contraire augmenter le temps pour le praticien de façon à ce qu'il soit plus proche de son patient. » Je crois que c'est une chose que nous défendons déjà depuis très longtemps. Différentes interventions montrent que c'est compliqué mais surtout que tout projet d'IA qui sera mis en place devra disposer d'un accompagnement éthique fort pour éviter certaines dérives.

**Question :** Les données et leur intégration sont plus importantes que l'algorithme ?

### Paul CHANG

Je vais essayer d'extrapoler la question. Vous avez absolument raison. Si je comprends bien votre question, vous dites que, comme je l'ai mentionné, le changement fondamental de paradigme de l'apprentissage automatique au *deep learning* est guidé par les données. L'algorithme en soi est initialement agnostique et modifie, comme c'est le cas pour toute méthode statistique, les paramètres, ou bien la prévision de l'hyperplan se fonde sur les données. Vous avez absolument raison : l'un des problèmes de cette approche est le fait que les données qui l'alimentent doivent être annotées et interprétées. C'est l'un des principaux challenges que pose l'application du *deep learning* aujourd'hui, en matière de radiologie. Voici un bon exemple qui illustre ce problème :



<sup>1</sup> Sous la responsabilité de la rédaction

il y a quelques années, IBM a dépensé 1 milliard de dollars pour acheter une petite entreprise d'imagerie médicale basée à Chicago, en premier lieu pour alimenter Watson et ses initiatives de *deep learning* avec des données vérifiées, interprétées, de manière à former et valider les systèmes. Malheureusement, ils ont découvert que la plupart des archives médicales n'étaient pas annotées. Nous stockons des images, sans les relier aux résultats, à la vérité. Voilà le gros problème. Il existe des approches intelligentes où l'intelligence artificielle peut être employée comme outil pour extraire la vérité des archives, mais nous verrons cela plus tard. Si je comprends bien votre question, vous devez auto-amorcer ces algorithmes d'apprentissage automatique par des données vérifiées ou interprétées et c'est justement là l'un des *Catch 22*, l'un des principaux problèmes dans l'adoption de ces technologies, car la plupart de nos données ne sont pas vérifiées, puisque l'interprétation est effectuée par des humains et qu'il ne reste pas de traces précises de l'interprétation. La plupart des vérités que nous obtenons par des systèmes médicaux sont ensevelies sous des explications « non-narratives », comme nos chemins critiques, qui sont très difficiles à extraire par des moyens numériques.

**Question :** Ce n'est pas tant l'intelligence artificielle qui inquiète, mais plutôt l'humain. Finalement, que veut le patient ? Ne sommes nous pas dans des sociétés où nous voulons être rassurés ? Ne voulons nous pas une médecine complètement

**maîtrisée par l'intelligence artificielle dans laquelle le compagnonnage éthique ou le dialogue avec le médecin passerait au second plan ?**

**Jean-Michel BESNIER**

Oui. Je pense que la bonne question est : que veut au fond le patient ? Je crois que le patient est comme nous tous, tiraillé toujours entre des comportements antinomiques. Il accepte lorsqu'il est en situation de détresse d'être considéré comme un simple organisme livré à une médecine dont il espère qu'elle sera de plus en plus technique. Il sait que la fiabilité est de plus en plus du côté des machines. Donc, il est prêt à se laisser élémentariser à n'être plus que cet organisme. D'un autre côté, il aimerait bien que l'on tienne compte de ce qui est irréductible en lui par rapport à la machine et par rapport à l'animal. Il est un être qui est doté d'une fonction symbolique.

Sa fonction symbolique consiste d'abord dans le fait que c'est un être parlant dont le langage lui permet de dire ce qui n'est pas, de dire le futur, de dire le passé, mais c'est un être d'histoire. C'est un être qui a une intelligence qui lui permet en général de résister aux automatismes. Je suis sidéré de voir que cette acception du concept d'intelligence est complètement passée à la trappe aujourd'hui. L'intelligence, c'est d'abord et avant tout la possibilité de lutter contre les instincts et de lutter contre les automatismes des instincts. Un être humain est un être qui a une vocation à une certaine inutilité, au désintéressement, etc. C'est cette composante-là de l'être hu-

main qui est un être à dimension symbolique. L'être humain un être qui relève de l'animal et de la machine.

Si la médecine se laisse de plus en plus accaparer par l'intelligence artificielle – elle le fait et c'est normal puisqu'elle veut l'efficacité – elle risque de perdre cette dimension de sens qui reste quand même l'aspiration du patient. Concrètement, vos patients sont de plus en plus ulcérés de voir qu'ils entrent de moins en moins dans une relation dialoguée avec vous. Ce sont d'abord des écrans, des images qui s'interposent entre vous et eux. Ce qui fait que le patient lambda ressort de chez son médecin en général en disant : « Il ne m'a même pas regardé. Il n'a regardé que ses écrans. Il n'a regardé que ses images. Il n'a regardé que mes analyses, mais il ne m'a même pas parlé. » C'est aussi bête que cela, mais je crois qu'il faut en tenir compte. Si en plus, le patient découvre que peut-être le médecin est de plus en plus dépossédé de l'initiative par des machines qui collectent d'abord et avant tout des données et des données tous azimuts, cela le panique.

**Question :** On parle beaucoup d'éthique. Cela devient vraiment une tarte à la crème. Monsieur Chang a dit que nous avons tous tendance à nous emparer de la nouveauté rapidement, mais que nous mettons un certain temps, à la digérer. D'un point de vue éthique, est-ce que l'éthique sociétale justifie par exemple que l'on ait mis dix ans à accepter la mammographie numérique dans le dépistage, alors que l'on savait pertinemment dès le début que c'était une technique réellement disrupt-

**ive et que pendant ces dix ans de perdu, la patiente a perdu une chance ? Est-ce que l'on ne peut pas accélérer la réflexion sur l'introduction de ces nouvelles techniques et d'autre part y mettre les moyens puisque l'on sait par exemple que dans les nouvelles propositions numériques, le secteur libéral est totalement exclu ?**

### David GRUSON

Notre conviction première est que le problème éthique principal, c'est l'absence ou l'insuffisance du recours au numérique et du partage des données. Une fois que l'on a posé cela et que l'on arrive à faire admettre cela, on va voir comment se positionnera le Conseil constitutionnel nationale d'éthique et surtout, comment se positionnent les pouvoirs publics dans la future loi de bioéthique. Une fois que l'on arrive à faire admettre cela et ce constat-là, c'est une vraie rupture dans la manière de fabriquer ou de soutenir l'innovation. Quand on regarde les choses et que l'on sort un peu des fantasmes, les risques éthiques, risques de délégation d'un consentement à l'IA, risques de minoration de la prise en compte de la situation individuelle par rapport à une logique trop collectiviste liée à l'algorithme, ces risques-là sont identifiables, sans doute en partie régulables.

On ne part pas de rien. Comme le rappelle le rapport de l'Ordre, vous avez des principes de déontologie que vous appliquez tous les jours dans votre pratique médicale et des règles juridiques sur la responsabilité des professionnels qui s'appliquent dans une bonne partie des cas. Il faut soutenir l'effort de recherche, non pas

sur une éthique désincarnée ou abstraite, mais très opérationnelle avec des outils de régulation pour accompagner le déploiement des nouvelles technologies.

**Question :** Nous avons l'impression qu'il n'y a pas une intelligence artificielle, mais qu'il y en a beaucoup. Tout dépend où on place le curseur. S'agit-il simplement de la sophistication d'outils existants ou est-ce vraiment une rupture technologique ?

**Il a été dit que ces outils nécessitent des financements. Qui finance et pourquoi ? Le rythme de développement de toutes ces technologies ne sera pas le même dans les pays du Nord et ceux du Sud. Est-ce que cela ne risque pas d'être générateur de conflits ?**

### Cédi KOUMAKO

Je vais parler de l'aspect inégalités nord/sud. Je suis un peu concerné, comme vous le voyez. Comme vous le disiez, il y a plusieurs intelligences artificielles. Il y a différentes façons de concevoir la chose. Une des façons est de dire : cela va être des tâches basiques, de sorte que les radiologues ou les autres médecins fassent tout ce qui est complexe, et l'IA s'occupera uniquement des tâches basiques.

Une autre façon de voir est de dire : finalement, on a une machine qui est capable de recevoir plein de données et de les traiter. On va lui confier les tâches complexes, on va essayer de rassembler les cas les plus rares de la planète et de confier les tâches complexes à cette machine, de sorte qu'elle puisse identifier ces tâches complexes.

En ce sens, quand vous parlez d'inégalité nord-sud, cela peut être positif, parce que l'inégalité nord-sud existe à l'heure actuelle. Des pays en Afrique ou en Amérique du Sud qui ont accès à de la radiologie experte ou à des experts en radiologie, il n'y en a pas énormément. Se dire que l'on peut offrir à ces personnes une radiologie d'expertise au travers de l'intelligence artificielle, pour moi, c'est une bonne chose. On peut même leur offrir une radiologie d'expertise venant de l'Europe grâce à des radiologues qui sont déchargés de leurs activités basiques habituelles, c'est plutôt une bonne chose. C'est à nous de faire en sorte que notre conception de l'IA aide à réduire ces inégalités. C'est ma vision de la chose.

### Florent PARMENTIER

Pour aller dans le sens de ce qui vient d'être dit, plusieurs intelligences artificielles, oui, je n'y reviens pas, mais surtout plusieurs potentialités, plusieurs manières d'envisager l'utilisation de l'intelligence artificielle, et même de financer. Ce qui est amusant, c'est que si on compare dans cette étude de Roland Berger, ces 3 000 start-ups qui utilisent l'IA comme point essentiel, on observe qu'il y a des préférences européennes. Au niveau mondial, 6 % s'orientent vers des questions de sécurité, 3 % en Europe. Si on regarde le niveau, de mémoire, de santé et de biotech, on est sur du 9 % à l'échelle mondiale et 8 % à l'échelle européenne. Cela veut dire que les Européens doivent, là-dessus aussi, repenser leur positionnement. Ce qui est dominant dans la partie européenne,

c'est 35 %, je crois, des consommations qui sont plutôt B to B<sup>2</sup>, alors qu'au niveau mondial c'est plutôt 25 %.

C'est juste quelques chiffres pour dire que la conception, l'utilisation, la manière d'envisager la chose, non seulement, il y a plusieurs intelligences artificielles, mais il y a aussi plusieurs manières de comprendre et de se positionner par rapport à l'intelligence artificielle.

Deuxième point sur le « qui finance et pourquoi ? » Question essentielle. Il y a une particularité et un point d'alerte. En 2016, les Américains ont financé à travers des venture capital et leurs grandes entreprises, l'équivalent de 23 ou 26 milliards de dollars de recherche en intelligence artificielle. Les Européens étaient plutôt sur du 4 milliards de dollars, ce qui est effectivement la difficulté. C'est-à-dire non seulement les Européens sont morcelés, c'est un premier problème, mais en plus, ils n'ont pas l'écosystème qui leur permet de construire le coup d'après.

**Question :** Dans son exposé, Maître Soulier a évoqué l'article 11.12 du code de la santé publique, en parlant des obligations des médecins radiologues. Il me semble que cet article ne s'applique qu'au dossier médical du patient hospitalisé.

### Laure SOULIER

Sur les obligations, j'ai visé les dispositions du code de la santé publique qui définissent le dossier médical et qui visent à la communication et à la libre communication. Si le patient vous demande la com-

munication de son dossier, vous devez y accéder.

### Jean-François MEDER

Deux petites questions à Maître Soulier. La première, j'avais la notion que les dossiers n'appartiennent à personne, mais que l'utilisation médicale du dossier appartient au patient. À ce titre, est-ce que l'utilisation à des fins pédagogiques des données est une activité médicale ou pas ? La seconde, y a-t-il une définition juridique qui distingue l'anonymisation, qui n'existe pas en imagerie, de la désidentification ?

### Laure SOULIER

Je n'ai pas la réponse à la seconde question.

Il y a un maître mot, c'est l'anonymisation. Maintenant, j'en reviens sur pourquoi tendre la main, et plutôt prendre la main. C'est parce que vous avez des craintes en ce moment qui sont absolues. Le patient a peur de quoi ? C'est que même anonymisé, aujourd'hui, vous mettez deux start-ups l'une en face de l'autre, et malgré des données anonymes, on arrive à retrouver la personne à qui appartient la radio. C'est toute la difficulté aujourd'hui.

C'est pour cela que je dis que pour contourner tout ce problème, qui est à mon sens très difficile à régler, réglons le problème différemment, prenons un chemin différent. Il faut que l'on puisse avoir comme partenaire privilégié, à mon sens, le patient, pour pouvoir obtenir les autorisations, le consentement et pour pouvoir utiliser ces informations, avec son accord à des fins de recherche, à des fins péda-

<sup>2</sup> Business to Business.

giques pour aller de l'avant. Là, je cherche un autre terrain, vous voyez, je n'engage que moi.

**Question :** Une question sur le consentement. On sait que différentes institutions, des hôpitaux vendent des données aujourd'hui. Est-ce que dans le cadre du RGPD cette recherche du consentement est absolument nécessaire et opposable ? Est-ce que dans le cadre du RGPD <sup>3</sup> un hôpital ne pourra plus vendre des données aux GAFA <sup>4</sup> sans le consentement éclairé du patient ?

### Laure SOULIER

Aujourd'hui ce qui est certain, c'est que le consentement doit être là. Il doit être recherché et il doit être obtenu. Maintenant, on en arrive toujours à des étapes supplémentaires. Aujourd'hui ce qui est reproché, par exemple que ce soit l'hôpital ou l'Apple Watch ou tout ce que vous voulez, c'est que le consentement est biaisé -c'est le problème éthique - il est un peu forcé. C'est-à-dire que vous allez nécessairement donner votre accord pour pouvoir utiliser quelque chose, et c'est là que le débat n'est pas complètement tranché.

On va être dans une évolution, on est dans cette évolution. Quelle va être la forme de consentement qu'il va falloir obtenir ? Il faut y travailler tous ensemble, parce qu'aujourd'hui on vous dit consentement c'est très bien. Les sites internet ont chan-



gé leur politique, vous avez reçu 20 000 mails, ... Je défends les médecins, vous l'avez compris, mais pour moi, il faut aussi se placer d'un autre côté, celui du patient. L'accord est un peu forcé. Il n'a pas l'information. Le consentement est là, mais il est important qu'il ait une information sur les fins qui vont être données. Et c'est tout le RGPD compliant. C'est pour avoir une information la mieux ciblée.

### Cédi KOUMAKO

J'ai a posteriori remarqué que ma présentation tout à l'heure sur l'avis ou la position des internes était peut-être un peu trop pessimiste. Mais ce que je retiens du sondage qu'on a fait, c'est que les jeunes internes ne sont pas totalement informés. Et la désinformation, ça fait peur. Il y a quelques réponses dans ce sondage qui me font penser qu'on est plutôt sur du positif. Ils ont envie d'être informés. Ils ne sont pas totalement réfractaires à l'idée de l'intelligence artificielle. Je tiens à signaler

<sup>3</sup> Règlement Général sur la Protection des Données.

<sup>4</sup> Google, Apple, Facebook, Amazon.

que les réponses qui peuvent sembler négatives sont beaucoup liées au manque d'information.

Il y a un travail en ce moment en cours, avec le collègue des enseignants de radio (CERF), qui a intégré une journée de formation à l'intelligence artificielle dans les nouveaux modules de formation des internes. On a rendez-vous avec le CERF bientôt pour aller essayer d'organiser la formation des internes sur l'IA, parce que c'est indispensable.

**Question : L'intelligence artificielle sera fort utile à notre exercice de radiologue. Aujourd'hui, nous possédons les équipements (IRM, etc.) qui nous permettent cet exercice. Mais l'intelligence artificielle va ouvrir à d'autres spécialistes la possibilité d'exercer par eux-mêmes sans nos connaissances. Comment protéger les radiologues ? En conservant la propriété de nos équipements ?**

### **Robert LAVAYSSIERE**

Il y a une première réponse, c'est l'exemple du PACS et de la diffusion des images. Que ce soit à l'hôpital ou dans un établissement privé de grande taille, les cliniciens reviennent toujours nous voir pour nous demander des explications devant les images. Nous avons un rôle d'expert en matière d'imagerie. C'est un rôle qui est reconnu qu'il faut garder. Effectivement, Jean-François Meder a fait allusion aux usines d'images ou usines d'imagerie, c'est une dérive dangereuse. Mais à partir du moment où on garde un rôle médical, et aussi vis-à-vis du patient,

il n'y a pas de raison qu'on soit « déposé » de ce rôle d'expert.

La seconde réponse est que les autres spécialistes sont aussi dans une situation démographique pas très favorable, ils ont parfois autre chose à faire. Certains spécialistes, les oncologues, les orthopédistes, les pneumologues regardent des images, mais cela ne veut pas dire qu'ils ont envie de faire des images eux-mêmes. Je parle du système français. Il est vrai que dans le système américain, c'est différent, puisque l'on sait le poids de l'auto prescription. Mais cela obéit à d'autres règles que les règles économiques que nous connaissons. Je pense que le danger en France est relativement faible. Tant que l'on restera présent sur le terrain, en faisant valoir la qualité, on n'aura pas ce problème de concurrence qui existe.

C'est vrai que dans la diffusion des images maintenant vers d'autres, notamment vers les médecins généralistes, on voit arriver des questions qui nous font perdre du temps. Cela m'est encore arrivé il n'y a pas longtemps, un médecin généraliste qui avait regardé des images d'angio-IRM sur des coupes natives, posait des questions qui n'étaient pas pertinentes. Mais il faut l'accepter.

Pour la question de la propriété, n'importe qui n'aura pas une autorisation d'activité. Ensuite, je ne crois pas que l'intelligence artificielle telle qu'on l'entend aujourd'hui va se substituer aussi vite que cela aux radiologues. C'est la première chose. D'autre part, on est déjà dans une utilisation partielle de l'intelli-

gence artificielle et d'un certain nombre de techniques. Ce n'est pas pour cela que les autres spécialistes s'en sont emparés.

### **Patrick GASSER**<sup>5</sup>

Je suis hépato-gastro-entérologue. Est-ce que vous pourriez faire un tout petit peu plus de prospective en vous projetant dans dix ans ? On a effectivement l'intelligence artificielle dans nos cabinets, dans nos établissements de soins. Puisque ça sera beaucoup plus simple à avoir au moins dans les cinq ou dix ans à venir, ne faudra-t-il pas être plus polyvalents dans la prise en charge de nos patients ? C'est-à-dire travailler ensemble dès le départ de la prise en charge. Et j'irai plus loin : est-ce qu'il ne faut pas demain créer des entreprises de soins, de biens et de services, en associant dans une même entreprise des radiologues et des spécialistes notamment ? Je parle de l'entreprise libérale demain, dans le cadre du territoire et de la réponse aux soins pour tous.

### **Jean-François MEDER**

La structure dont vous parlez, c'est l'hôpital.

### **Patrick GASSER**

Ce n'est absolument pas l'hôpital.

### **Jean-François MEDER**

Je suis parfaitement à l'aise pour en parler, parce que nous sommes ensemble du début à la fin de la prise en charge, y compris dans les soins de suite...

### **Robert LAVAYSSIERE**

J'avais un peu envie de faire la même réponse que Jean-François. En ce qui concerne la médecine de ville, je crois que ce que peut nous apporter l'amélioration du fonctionnement grâce à l'intelligence artificielle, c'est la collection des données. Et cela nous manque effectivement puisqu'en médecine de ville, un des gros problèmes, c'est la pertinence de la demande. Je n'ose pas dire de la prescription, peut-être pas pour les gastro-entérologues, et encore. Dans un nombre élevé de cas, il y a peu de précisions ou pas du tout quant à l'objet de l'examen lui-même. Le patient ne sait pas toujours, c'est un problème que l'on connaît tous. Effectivement, là, on peut penser qu'une demande pertinente de soins puisse aboutir à une réponse pertinente. Dans ce cas, effectivement une collaboration plus poussée pourrait être intéressante.

### **Paul CHANG**

Voilà une bonne question. Comme on me la pose souvent, j'ai préparé une réponse. Je pense que vous allez découvrir que l'adoption de l'intelligence artificielle ne diffère pas beaucoup de l'adoption de n'importe quelle technologie potentiellement révolutionnaire en médecine. Je vais essayer de répondre à votre question, en même temps que je vais répondre à celle de la personne qui m'a demandé si l'IA allait nous remplacer et si nous devons protéger nos scanners, etc. Je dois vous avouer que cela m'a fait sourire, car j'ai eu exactement la même conversation quand on a commencé à parler des PACS.

<sup>5</sup> Président de l'UMESPE.

À cette époque, tout le monde disait que, si les images étaient disponibles sur des supports numériques, il n'y aurait plus de radiologues. Les gens étaient inquiets (et exprimaient bruyamment leur inquiétude), parce qu'ils pensaient que les PACS allaient rendre complètement obsolète et détruire la pratique de la radiologie. C'est tout le contraire qui est arrivé et la radiologie n'a cessé de croître ; et c'est malheureusement là le problème. Maintenant, la radiologie en est à l'adolescence et sa croissance a entraîné une augmentation des attentes des cliniciens et des patients, que nous ne sommes plus en mesure de satisfaire. Voilà l'un des problèmes de l'intelligence artificielle.

Vous vouliez savoir comment allaient se passer les choses. Je pense qu'il y aura trois phases. Tout d'abord, l'intelligence artificielle existe depuis des décennies. Ceux qui utilisent les ordinateurs dans le diagnostic ou la mammographie le font depuis 30 ans. Lorsque les gens demandent quand cela va se passer, la réponse est que cela s'est déjà passé. L'intelligence artificielle est déjà là. Vous allez assister bientôt aux premières phases des systèmes basés sur le *deep learning*, mais vous n'allez même pas vous en apercevoir. La toute première mise en application de l'intelligence artificielle, en ce qui concerne le *deep learning*, sera la reconstruction d'IRM et de scanner. Ce seront des systèmes intégrés que GE, Siemens ou Philips fabriquent déjà. Cela vous permettra de reconstructions qui entraîneront une réduction spectaculaire des coûts et du temps passé dans l'acquisition d'images d'IRM. L'exposition aux rayons X de nos pa-

tients baissera également de manière significative. Vous verrez, dans un an, l'une des grandes applications simples du *deep learning*, si vous mettez à jour vos équipements de scanner ou d'IRM : ce sera l'application du *deep learning* aux acquisitions. Elle sera intégrée et vous ne la remarquerez même pas, en dehors du fait que vos doses de radiations baisseront brusquement et que les délais d'exécution d'une IRM augmenteront. Vous allez déjà assister à cela.

La phase suivante consistera en l'exploitation de ce que d'autres secteurs ont déjà réalisé avec l'intelligence artificielle, à savoir l'élimination de toutes les tâches répétitives, de toutes les « bêtises » que nous devons faire, pour nos patients. Vous allez voir des améliorations significatives et, dans ce cas, les applications les plus simples sont celles que je désigne comme les applications « minimale-ment heuristiques » du *deep learning*. Par exemple, l'amélioration des protocoles. Je ne sais pas comment cela se passe en France, mais, aux États-Unis, nous avons une dichotomie entre les services, où certains praticiens consacrent beaucoup de temps à l'amélioration de la qualité des protocoles des cas. C'est très important, mais c'est très difficile, à faire, car il faut un contexte clinique pour le protocole, et cela prend du temps et vous devez pouvoir accéder à des informations cliniques qui sont souvent absentes. J'ai déjà vu cela chez des startups, dans des applications et chez de grands équipementiers, pour le protocole, la gestion et le tri des cas : l'intelligence artificielle sera utilisée pour faciliter la recherche du contexte clinique

et la communication avec les médecins de référence, afin de comprendre plus exactement ce qu'ils souhaitent de notre part. Actuellement, il y a un décalage. Nous perdons beaucoup de temps à essayer de comprendre ce que vous souhaitez vraiment ou alors, nous nous limitons à obtenir une étude générique sur la circulation veineuse portale, sans nous soucier du reste. Ce qui n'est pas bien du tout. Il y aura une prochaine phase, pendant laquelle les applications de *deep learning* ne seront pas vraiment au centre de l'activité du radiologue, mais plutôt dans tout le travail périphérique, comme le protocole. Votre liste des tâches va devenir soudain très intelligente et ce sera justement la phase suivante, car il est plus facile d'obtenir l'autorisation des autorités de régulation pour ce genre de choses.

Donc, la prochaine phase à laquelle vous allez assister concernera la liste des tâches, qui, actuellement, est relativement basique. Sur votre PACS actuel, votre liste des tâches est essentiellement composée de stat, ER, etc. Vous allez voir des listes qui vous diront qu'il vaut mieux examiner d'abord un certain cas du point de vue ER, car il y a une anomalie, nous voyons une maladie potentiellement mortelle. Vous allez voir cela dans un ou deux ans.

C'est ce que je prévois. C'est déjà fait, c'est dans le pipeline et il y a des gens qui vont l'acheter, ou bien vous l'aurez gratuitement. La prochaine phase que les radiologues devront affronter sera très intéressante. Il y a des tâches très chronophages, comme les exemples que je vous ai montrés, par exemple la recherche de lésions en IRM,

les données multi-spectrales, trying to resist measurements or modified resist, or time activity-type perfusion studies dans le cerveau. Ces tâches seront également automatisées pour vous, sans que cela vous remplace entièrement, mais en vous faisant gagner du temps. D'après de nombreuses études, les radiologues consacraient 60 % de leur temps à des tâches répétitives, qui ne requièrent pas l'usage du cerveau. Nous faisons des tas de choses, comme le rangement des images, pour utiliser notre cerveau. Vous allez voir ces améliorations simples dans les années à venir.

Le prochain changement que vous allez voir très vite n'est pas l'utilisation de l'intelligence artificielle dans l'imagerie, le réseau neuronal convolutionnel, mais l'extraction du traitement du langage naturel, comme dans d'autres secteurs. Les grandes entreprises de différents secteurs, comme Google, Amazone, utilisent le traitement du langage naturel pour extraire des réseaux sociaux la perception des consommateurs. En particulier, l'année prochaine, beaucoup de grandes entreprises utiliseront cette technologie pour extraire du sens et des résultats à partir de rapports non structurés, pathologies, notes cliniques, etc. Trop souvent, nous ne comprenons pas assez le contexte clinique pour interpréter les images correctement, car, comme vous le savez, nous ne sommes que des observateurs imparfaits. L'Intelligence Artificielle aussi est un observateur imparfait et, par conséquent, le théorème de Bayes s'applique et vous avez besoin d'une probabilité conditionnelle préalable pour pouvoir interpréter

correctement l'image. Cette probabilité préalable sera fournie par une IA, qui sera capable d'affirmer qu'elle vient juste de détecter une valeur de laboratoire anormale, que le patient a toute une série de symptômes que le médecin n'avait pas mentionné dans son ordonnance ou dans ses instructions, mais nous savons que le patient a mal au ventre, souffre d'une leucocytose, etc. L'IA va vous dire que vous devriez tenir compte de tout cela, et que vous allez peut-être le voir.

Je sais que ma réponse est un peu trop longue, mais je vais dire que l'application de l'IA sera tellement progressive que, quand elle sera vraiment là, nous serons prêts à l'utiliser. Tout le reste dépendra tellement de cela que, quand le radiologue aura vraiment à l'affronter, là où maintenant vous devez prendre des décisions à ce sujet comme un véritable partenaire. À mon avis, l'IA actuellement, est comme un stagiaire très enthousiaste, un petit chien qui veut tout faire à votre place, pour vous aider. Mais, quand elle deviendra un véritable partenaire, elle sera partout et nous serons tellement habitués à la voir que nous saurons l'exploiter correctement. Je n'ai aucune crainte à ce sujet. Nous ne cessons pas de dire que nous allons être remplacés, comme nous l'avons déjà dit pour les PACS et plein d'autres choses. Je crois que l'utilisation de l'IA sera progressive, car cela va prendre plus de temps à cause des contraintes que nous avons. Et cela va faciliter l'adoption de l'IA par rapport à ce qui s'est passé pour les PACS. À mon avis, les PACS ont été beaucoup plus révolutionnaires que l'IA.

### Dans la salle

*Alors, nous ne pourrons plus nous en passer.*

### Paul CHANG

Exactement

*Applaudissements*

**Question :** Combien de temps pensez-vous qu'il faudra pour adapter les études médicales initiales à tout ce qui est en train d'arriver, et à l'absence de nécessité d'accumuler autant de connaissances que l'on a pu en acquérir, compte tenu de toutes les possibilités que l'on va avoir de travailler différemment ?

### Paul CHANG

C'est de sa faute, ce n'est pas de la mienne, si vous allez devoir mettre encore une fois ces horribles trucs. Je crois que vous m'avez demandé quelle était la situation aux États-Unis ? Je vais vous dire : nous aimons bien nous vanter d'être tellement en avance par rapport aux autres et cela m'a beaucoup intéressé de vous entendre dire que les États-Unis étaient en position dominante. Mais nous ne le sommes pas - les professionnels de santé sont bienveillants - et en Israël et en Chine ils sont bien plus avancés que nous. Nous sommes soumis à de nombreuses contraintes, similaires aux vôtres. Nous avons l'HIPAA <sup>6</sup>, qui est une loi très similaire à votre RGPD. Vous avez absolument raison, nous avons besoin de données vérifiées pour alimenter le *deep learning*. Comme je l'ai expliqué ce matin, les systèmes basés sur le *deep learning* sont la force brute de l'apprentissage auto-

<sup>6</sup> Health Insurance Portability and Accountability Act - Loi votée en 1996 relative à la santé et à l'assurance maladie aux États-Unis.

matique. Il nous faut des données vérifiées, interprétées. Nos données, aux États-Unis, sont très primitives et vous avez un avantage essentiel, que vous n'exploitez pas. Un intervenant, tout à l'heure, a parlé des différentes visions du futur en Europe, dans ce domaine. J'ai eu envie de dire que vous n'exploitez pas suffisamment vos atouts. L'un des grands inconvénients, aux États-Unis, est notre système de santé et notre structure de données est fragmentée, nous n'avons pas un identifiant universel. Vous ne pouvez pas former un système correctement à partir d'un seul hôpital. Vous avez besoin d'un énorme volume de données, surtout s'il s'agit d'un cancer extrêmement rare. C'est la raison pour laquelle la plupart des applications de *deep learning* que vous voyez, au RSNA et aux États-Unis sont si bêtes, si inintelligentes, si basiques. Nous n'avons pas besoin d'un autre algorithme de l'âge osseux. Il y a une centaine d'algorithmes de l'âge osseux et il y a un motif à cela. Ce n'est pas parce que, aux États-Unis, nous sommes très perplexes au sujet de l'âge osseux des patients pédiatriques, c'est parce que les exemples d'utilisation se fondent sur les données disponibles. Je peux générer un nombre arbitraire de cas pour former un système de *deep learning* à partir de l'âge osseux, parce que l'image elle-même a l'âge du patient. Le problème est que nous sommes tout aussi en retard et même plus en retard qu'en Europe en termes de données disponibles. Je ne veux pas rentrer dans les détails, parce que c'est un tout autre discours. En fait, après cette conférence, je vais me rendre à Amsterdam pour parler aux autorités de santé

de l'échange d'images, etc. Votre avantage est que vous pourriez avoir un identifiant unique. Vous pourriez créer des archives qui valident les données avec cet identifiant. Nous, nous sommes désespérément en retard là-dessus. Notre avantage est que nous pouvons obtenir des investissements, nous pouvons développer un bon argumentaire. À la fin, la mise en œuvre est beaucoup plus longue, mais nous avons l'argent et nous avons les arguments. Notre stratégie, aux États-Unis - qui a eu beaucoup de succès - est basée sur la peur, l'incertitude, le doute. Nous développons des argumentaires et nous nous vantons de notre expertise et après nous créons des partenariats avec les Chinois. Voilà ce que nous faisons. C'était votre troisième modèle, le modèle collaboratif.

C'est pour cela que votre débat, ce matin, m'a paru si important. J'ai participé à de nombreuses conférences aux États-Unis et j'ai parlé de l'IA, mais c'est la première fois que j'entends vraiment parler d'éthique. C'est une honte, car nous, nous ne parlons pas éthique, ou peut-être nous sommes plus « branchés » et notre éthique ne s'applique qu'aux Américains, ou aux blancs, et pas aux noirs. Je pense que, en tant que personne de couleur, je peux agacer des gens ici et que les interprètes ne savent pas où je veux en venir. Ce que je veux dire c'est que nous avons les capitaux et après nous allons en Chine, où la législation est beaucoup plus laxiste en ce qui concerne la protection des données personnelles du patient, et nous nous procurons d'énormes volumes de données. C'est cela le modèle collaboratif en vogue actuellement. Nous

allons dans des pays où les questions d'éthique ne sont pas au premier plan, ou ne sont pas clairement définies, ou bien nous n'en parlons pas explicitement. Cela me rappelle l'époque où nous allions chercher du pétrole dans certains pays sans en informer la population locale, en exploitant des arbitrages. Nous faisons la même chose en matière de propriété intellectuelle. Nous exploitons le fait que les systèmes, les protections, les codes de déontologie ne sont pas aussi bien établis que chez nous et nous exploitons les données disponibles au niveau local, etc.

Je vous demande pardon de m'être quelque peu éternisé, mais vous avez vraiment un gros atout ici. Vous avez un cadre éthique. Vous avez une législation sur la protection des données personnelles plus flexible que la nôtre. J'ai étudié vos lois et elles mentionnent explicitement la « tokenisation ». Vos lois prévoient l'anonymisation, etc., mais c'est une impasse, car l'anonymisation est inutile dans le *deep learning*, qui requiert une corrélation avec les résultats. Vous ne pouvez donc pas anonymiser les données, mais vous pouvez « tokeniser ». Je sais que cet aspect n'a pas été évoqué, mais vous devriez lire votre norme en matière de tokenisation, car elle se fonde sur une approche beaucoup plus sophistiquée. Avec la tokenisation et votre modèle d'éthique, vous pourriez être leaders dans la fourniture de données dans un cadre éthique. Faites-le.

Comme je l'ai déjà expliqué, il n'y a rien de nouveau dans le *deep learning*, mais ce n'est pas tout à fait exact. Oui, le grand atout était le processeur graphique, comme je

l'ai dit ce matin, mais je vous ai un petit peu menti. Les avancées qui ont rendu possible le *deep learning* viennent de ce pays, des scientifiques et des mathématiciens français, mais ils ne sont plus ici, maintenant ils sont en Californie ou en Chine. Cela montre que vous avez un problème et que vous avez besoin d'un programme comme celui qui a été lancé en Israël, TALPIOT, que je préfère au DARPA, car il se répercute de manière significative sur leur PIL <sup>7</sup>. Il existe des politiques que vous pouvez mettre en œuvre pour empêcher la fuite de vos cerveaux, en exploitant une structure très intelligente qui vous est fournie par votre législation sur la protection des données, et en particulier par la tokenisation, pour faire avancer les choses de manière éthique, de concert avec les patients. Aux États-Unis nous ne faisons pas confiance à nos patients, alors nous essayons de les contourner et nous allons jusqu'en Chine, si nécessaire. Je pense que vous avez une opportunité, avec une population intelligente, d'engager les patients en tant que partenaires et d'assumer une position de leadership. Cela vous aiderait non seulement à obtenir des résultats, mais cela vous positionnerait aussi. Je suis d'accord avec Poutine, tout cela est d'importance stratégique pour l'Europe. Vous devez devenir des leaders dans ce domaine, non seulement pour la santé, mais aussi dans d'autres applications. Vous n'exploitez pas suffisamment votre position et je sais que ce que je dis peut sembler terriblement condescendant de la part d'un étranger. Mais, d'après ce que je vois et ce que j'étudie, vous avez des avantages extraordinaires que vous n'exploitez pas, alors

<sup>7</sup> *Gross National Product - Produit National Brut.*

que vous pourriez devenir de véritables experts. Je vous demande pardon.

*Applaudissements*

Désolé. Maintenant, c'est de sa faute. Vous m'avez demandé si nous avions une formation particulière ? Il y a une merveilleuse étude, dont vous avez parlé, sur les services rendus aux médecins et la formation dans ce domaine. Vous m'avez demandé si nous avons un avantage aux États-Unis ? Je peux vous donner une réponse officielle, en tant que représentant de la RSNA<sup>8</sup>, et vous dire que oui, nous avons un avantage. Voulez-vous la vérité ? Alors, je vous dis que non. Je viens juste de faire un compte rendu d'un article, pour la revue *Radiology*, qui sera accepté, concernant deux études très similaires aux vôtres, l'une d'un interne en radiologie canadien et l'autre réalisée par l'ACR<sup>9</sup> pour les internes américains. Les résultats étaient identiques, ils avaient peur et ils ne savaient rien à ce sujet. Les messages diffusés sont exactement identiques à ceux que vous recevez, à savoir que nous ne connaissons pas du tout cette technologie et que nous devrions être moins ignorants, car l'ignorance va nous faire prendre de mauvaises décisions. Sommes-nous mieux positionnés pour former nos formateurs ? Pas vraiment. Je dirais que nous avons un petit avantage, à savoir qu'il est obligatoire, maintenant, d'inclure dans les programmes de formation des radiologues, aux États-Unis, des cours d'informatique. Il existe un programme officiel d'études d'informatique que nos internes doivent suivre. Nous avons, donc, la possibilité

d'introduire l'Intelligence Artificielle dans ce programme, mais nous avons un problème de temps, car il y a d'autres choses que vous devez apprendre pour soigner vos patients.

Je viens de participer à un comité, où le temps réservé à l'Intelligence Artificielle était limité à une conférence, en gros celle que je viens de faire devant vous. Ce n'est pas suffisant pour nos internes. Nous sommes en train de travailler vraiment là-dessus, surtout l'ACR, mais nous devons vraiment mieux éduquer nos internes, car cela va avoir un impact. Quand l'IA sera vraiment là nous serons tous à la retraite, mais avant que cela devienne vraiment une menace pour nous, deux choses vont se passer. Beaucoup d'entre nous seront morts ou à la retraite et, lorsque l'IA aura un vrai impact sur la radiologie, ce sera sans doute le dernier des problèmes pour la société dans son ensemble, car l'impact sera bien plus significatif ailleurs. Avant qu'elle ne remplace les radiologues, elle remplacera les banquiers, les cadres moyens, les administrateurs et tous les travailleurs intellectuels. Les pays connaîtront un taux de chômage de 40 % - 50 % si l'IA atteint un niveau vraiment préoccupant pour nous.

Je suis plus inquiet pour votre génération. Notre génération aura des avantages, nous ne devons plus mesurer la résistance ou appeler des personnes. Je ne parle pas de singularité, ce qui ne va jamais se produire, mais lorsque l'IA sera en mesure de nous remplacer totalement, la société aura bien d'autres craintes auxquelles faire face. Cela concernera vos enfants et c'est pour cela que nous devons vous former.

<sup>8</sup> *Radiological Society of North America.*

<sup>9</sup> *American College of Radiology.*

Je ne m'inquiète pas de votre formation, car tout ce que vous avez à faire est d'exercer votre métier de médecins et, tout à coup, la nouvelle version de PACS vous paraîtra beaucoup plus facile à exploiter. Je n'ai pas à vous former, car la sophistication de ces systèmes ne sera pas suffisamment menaçante, elle sera juste utile. Je ne dois former personne à l'utilisation du smartphone, cela ne fait pas peur, il est juste joli et sympathique, et mes photos sont maintenant mieux organisées. C'est sa génération qui devra vraiment prendre des décisions importantes, tout comme les administrateurs, les législateurs et les responsables politiques de cette génération. Ce sera préoccupant lorsque cette technologie se développera de manière telle que l'IA deviendra un véritable partenaire. C'est ce qui requiert une formation. Nous devons former les plus jeunes, tandis que les plus âgés récolteront les fruits de cette technologie « à maturation lente ». C'est leur génération qui devra prendre des décisions.

*Applaudissements*

**Question :** Jean-François Meder a posé la question du nombre de radiologues. Peut-il préciser sa pensée ?

**Jean-François MEDER**

Ma diapositive n'avait pas pour objet de dire qu'il y a trop de radiologues. Ce qui compte dans cette diapositive, c'est le point d'interrogation, ce n'est pas les 8 500. Aujourd'hui, on se base sur le fait qu'il y a des déserts médicaux, et qu'il y a des difficultés liées au fait qu'un certain

exercice dans certaines structures n'est pas attractif. Mais est-ce qu'on est obligé ? Actuellement on garantit aux internes du travail pendant 40 ans. C'est cela que ça veut dire un internat.

Mais peut-on dire que les 8 500 radiologues sont adaptés à un travail qui va évoluer par l'intelligence artificielle, et un travail dont le périmètre peut éventuellement, va être modifié par la création de super manipulateurs par le LMD <sup>10</sup> ? Je n'en sais rien. Personne ne répond à cette question. On va former, mais je souhaite simplement que le niveau de formation des internes soit suffisamment important pour qu'ils puissent se réorienter. C'est le seul conseil que je puisse donner. ■

<sup>10</sup> Licence, Master, Doctorat.



# Table ronde \*

*Dr. Alain Houpert, Sénateur*

*Dr. Joachim Son-Forget, Député*

*Dr. Jean-Philippe Masson, Président de la FNMR*

*Pr. Jean-François Meder, Président de la SFR*

**Olivier COLIN**, modérateur

Nous abordons notre table ronde avec un représentant de chacune de nos assemblées parlementaires : le Sénateur Alain Houpert, des Côte d'Or et le Député Joachim Son-Forget, représentant les Français à l'étranger du Liechtenstein et de la Suisse. Tous deux sont radiologues.

Deux mots avant que le débat commence. Le président de la République a annoncé un plan de 1,5 milliard d'euros qui sera mis en œuvre jusqu'en 2022 et 400 millions d'euros qui seront dévoués à des projets d'innovation de rupture. Son ambition est de faire de la France un hub de recherche au niveau mondial. Deux grandes sociétés ont déjà donné leur accord pour jouer le jeu, à savoir IBM et Samsung.

Durant ce débat, nous parlerons d'indépendance de la France en matière d'Intelligence Artificielle. Nous parlerons des financements et aussi de l'évolution du cadre juridique. Nous parlerons peut-être de formation. Et si on veut que cette intelligence fasse l'unanimité, comment on sensibilise les citoyens au problème de l'intelligence artificielle.

\* *Retranscription et synthèse sous la responsabilité de la rédaction*

**Jean-Philippe MASSON**

Il serait intéressant d'entendre le Député Joachim Son-Forget répondre à ce problème, posé à l'Etat Français, des investissements nécessaire pour un outil d'avenir qui est presque stratégique.



Joachim Son-Forget, député

**Joachim SON-FORGET**

Merci pour ces questions pertinentes. Je vais finalement peut-être être d'accord avec vous. Je vais commencer par une chose, c'est que tout dépend si on a une vision qui est purement géopolitique, comme Florent Parmentier l'a dit tout à l'heure, ou si elle est purement géoéconomique. La vérité se situe un peu entre les deux. C'est-à-dire que vous avez dit d'un côté la dynamique des États, parce qu'on parle de souveraineté française sur la maî-

trise de ces données, et peut-être in extenso de la radiologie, mais je crois qu'au-delà de ça, simplement la question s'applique à notre domaine d'activité comme elle s'applique à d'autres domaines d'activité. La réponse est mixte par les investissements, qui sont certainement publics et qui sont à faire ne serait-ce que pour réformer notre système de santé, lui permettre de se moderniser, mais il faut également que cela se fasse avec des acteurs privés.

C'est un peu toute la mission que l'on a actuellement. Il ne faut pas voir cela non plus avec défiance. Ce qu'on veut aujourd'hui c'est attirer les gens de l'intelligence artificielle chez nous. Il y a tout un effort auquel je participe du reste, notamment avec certains pays asiatiques, pour attirer des gens qui vont faire de la recherche chez nous, et qui vont faire cette recherche appliquée chez nous. Nous sommes de très bons fondamentalistes, comme vous le savez, c'est pour ça que, comme l'a dit Professeur Chang, on peut générer le père d'intelligence artificielle comme Yann LeCun, le père du *deep learning*, puis que celui-ci s'échappe, au moins temporairement puisqu'il est de retour, mais pour une grande boîte américaine qui s'appelle Facebook. Ce n'est pas un cas isolé. La réponse est mixte, il faut des investissements privés, il ne faudra pas avoir peur que ceci soit appliqué aussi à notre domaine.

Maintenant, il y a des combats à mener, à mon avis, le combat de savoir s'il faut défendre le bifteck du petit cabinet privé, notre machine et le *turf battle* avec les

autres spécialités. Il va falloir dépasser ces dimensions.

Il y a quelque chose que je peux regretter de la vision, et je vais essayer de porter votre voix, parce que je crois que l'on sera d'accord là-dessus. Je peux regretter que la téléradiologie n'ait pas été suffisamment considérée. Je pense que le sénateur Houpert sera d'accord avec moi là-dessus. La téléradiologie a été déconsidérée comme quelque chose qui n'était finalement pas applicable au raisonnement du projet de loi financement de la Sécurité sociale. À savoir que l'on dit : cela n'a pas à être un raisonnement par sous-spécialité, c'est de manière in extenso la télé-médecine, la télé-surveillance. Mais il va falloir faire face à une réalité. On va pouvoir peut-être, et on va certainement se faire accuser d'être corporatiste, mais il va falloir porter cette voix.

Parce que la première discipline ubérisable de la médecine, c'est la radiologie. Il y a peut-être les rétinoscopes, les électrocardiogrammes, je peux vous dire que des gens y pensent. Cela commencera par du second avis, cela ira plus loin, cela utilisera peut-être la technologie de la *blockchain* pour se passer des intermédiaires, faciliter la circulation des données. Le combat de demain, ce ne sera pas forcément la possession de la donnée, mais la possession de l'infrastructure qui permet simplement de créer une activité lucrative, voire extrêmement lucrative sur la médecine. Cela commencera, et ça pourrait commencer par la radiologie.

Votre peur d'être éliminé du système,

comme praticien radiologue, en effet, je crois qu'on est tous d'accord, ce n'est pas si simple que ça. Ce n'est pas si simple que pourrait le dépendre quelqu'un comme Laurent Alexandre, je tape aussi, comme Florent a un peu taquiné tout à l'heure. Mais je pense qu'entre les discours alarmistes et la réalité et une analyse technique fiable, il y a deux mondes. Les radiologues ne vont quand même pas recevoir des leçons en intelligence artificielle par des urologues.



Alain Houpert, sénateur

Au-delà de ça, ce ne sera pas cela le problème. Vous perdez votre job, ou vous ne le perdez pas, c'est déjà de savoir pour qui vous allez travailler. Demain, autre combat, c'est de savoir si vous allez vers une radiologie qui est aux mains d'une entreprise mondialisée, qui dépasse la souveraineté des États, ou si... Le combat pour la souveraineté se passe plutôt sur cet angle, à mon avis. Mais c'est une vision que nous n'avons pas dans le débat intérieur domestique sur le projet de loi de financement de la Sécurité sociale, parce qu'on reste sur la gestion administrative locale, et on ne pense pas à cette dimension de compétition internationale.

### **Alain HOUPERT**

Tous les deux, nous venons de Bourgogne.

### **Joachim SON-FORGET**

Il y a trois radiologues bourguignons qui sont parlementaires.

### **Alain HOUPERT**

En Bourgogne, il y avait un grand ministre

de Louis XIV, qui s'appelait Vauban et qui disait qu'il n'y a pas de citadelle imprenable, il n'y a que des échelles trop courtes. Philips investit un milliard en un an, nous allons en investir un milliard sur quatre ans. Je pense qu'on ne prend pas la bonne échelle. J'ai peur que la radiologie soit la nouvelle sidérurgie qu'on a un peu abandonnée. Je suis un peu plus ancien que notre collègue, j'ai connu l'argentique, j'ai connu les vieilles sociétés françaises et la France était vraiment en avant dans la radiologie. On a fortement régressé. La médecine va devenir un peu la nouvelle sidérurgie. Vous savez la sidérurgie lorraine, on l'a complètement abandonnée. J'ai peur de cela.

Notre collègue a parlé de la télémédecine. En 2009, j'étais au Sénat, et je me suis battu pour que ce soit inscrit dans le marbre de la loi, parce que nos collègues, et les gens du ministère voulaient que la télémédecine existe, mais que le radiologue soit à côté du patient. Quel est le bénéfice ? Il a fallu se battre, il a fallu convaincre nos amis

sénateurs. C'est au Sénat qu'on a commencé à faire des choses, ensuite l'Assemblée a suivi. Parce que le Sénat, c'est peut-être une assemblée de sages, mais il est important que nous ayons des parlementaires, comme toi, comme moi, qui soient un peu les pieds dans la glaise, et qui parlent au Sénat ou à l'Assemblée avec des semelles de vent, comme le faisait Rimbaud, pour pouvoir faire avancer les choses.

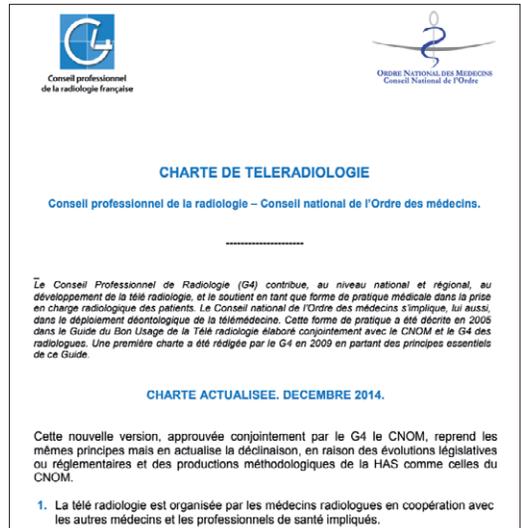
Le danger, justement, comme tu l'as dit c'est que cette ubérisation de la télé-médecine se fasse dans d'autres pays, parce qu'avec les principes qu'on a en France, de laisser passer les choses, de laisser passer les trains, de ne pas prendre les bonnes échelles, on va avoir des centres de télé-médecine à Dubaï qui vont faire en *low cost* l'interprétation des radios, dans nos déserts médicaux. Et là, il y aura un risque juridique. Nous aurons des comptes-rendus qui ne seront pas signés, et le patient n'aura aucun recours. Oui, à l'intelligence artificielle dans l'intérêt du patient, mais quand on est dans une uberisation débri-dée, non.

## Applaudissements

### Jean-Philippe MASSON

Voilà, ça, c'est dit et c'est tout à fait exact. C'est vrai que le G4<sup>1</sup> a poussé une moralisation de la télé-radiologie à travers la charte que nous avons rédigée, il y a maintenant quelques années, et qui avait d'ailleurs été co-signée par le CNOM.

<sup>1</sup> Le Conseil professionnel de la radiologie (G4) qui regroupe le CERF, la FNMR, la SFR et le SRH.



Je pense qu'effectivement il y a une brèche, il y a un espace vide actuellement qu'il va falloir combler.

En fait, les radiologues sont passionnés par l'intelligence artificielle. Je ne suis pas inquiet par l'évolution de l'intelligence artificielle pour les radiologues, parce que c'est dans nos gènes. Nous avons toujours su évoluer avec notre temps. Nous avons toujours su évoluer avec les nouvelles technologies qui sont arrivées, que ce soit l'échographie encore que là, on n'a pas été très bons, parce qu'il y en a beaucoup qui n'y croyaient pas et qui l'ont laissée partir sur d'autres spécialités, mais sur le scanner, sur l'IRM sur toutes les nouvelles séquences qui arrivent régulièrement, sur tous les outils.

Nous avons connu le début de l'Intelligence Artificielle avec les CAD <sup>2</sup>, avec les outils d'aide au diagnostic. Nous les utilisons tous les jours, et cela ne nous pose pas de problème. Nous sommes ravis, quand on arrive à avoir un nouveau scanner plus performant, avec davantage d'outils. L'intelligence artificielle, comme le disait Paul Chang tout à l'heure, va s'implémenter à la fois dans nos machines et dans nos esprits sans difficulté.

La difficulté que je vois, et là je me tourne vers mes amis politiques, parce que c'est eux qui font les lois, et ceux qui font les lois allouent des enveloppes, notamment pour la radiologie. On sait que depuis quelques années, il y a quand même une tendance à la baisse des tarifications en radiologie, et notamment en imagerie en coupe. Ces outils d'intelligence artificielle inéluctablement vont coûter cher. Je ne suis pas du tout sûr que compte tenu de l'évolution ou même du maintien des tarifs, que cette évolution sera suffisante pour permettre aux radiologues français de pouvoir investir dans ces outils.

Parce qu'en réalité, ces investissements que nous faisons dans ces outils, c'est surtout pour nos patients que c'est utile. C'est grâce à cela que nous arrivons à faire de meilleurs diagnostics. Est-ce que vous pensez qu'on pourra arriver à une stabilisation meilleure que ce que l'on a fait à travers la signature du relevé de conclusions qui est axé sur la pertinence ? C'est quand même un relevé de conclusions qui va générer un certain nombre d'économies sur le dos de la radiologie encore.

Nous allons arriver au bout de cette situation, parce que le problème, c'est que les radiologues ne pourront plus investir. Les constructeurs disent eux-mêmes que la France devient un pays émergent parce que nous n'avons plus les moyens d'investir dans du bon matériel. Messieurs les politiques, est-ce que vous pensez que cela va continuer ? Ou pensez-vous qu'enfin on va comprendre qu'il y a besoin de favoriser la radiologie, surtout avec l'arrivée de ces nouveaux outils ?

### Un intervenant

Sur le plan du matériel lourd, nous sommes pratiquement au niveau de la Turquie. L'Agence France Presse titrait hier que l'intelligence artificielle surpasse les dermatologues pour détecter les cancers de la peau. C'est-à-dire qu'ils ont un algorithme qui détecte à 95 % les cancers, par rapport à 86 % des dermatologues. Faut-il avoir peur de l'intelligence artificielle pour les radiologues ? Je ne pense pas, parce que les radiologues ont toujours été en avance. Nous sommes les seuls à avoir vraiment des cabinets structurés, avec des secrétaires, avec des manipulateurs. Il est vrai que notre profession évolue énormément. Tous nos cabinets ont toujours été des micro-laboratoires de recherche, et si nos constructeurs progressent, c'est parce que nous progressions dans la sémiologie. Par exemple, l'épaisseur nucale, ce sont des radiologues qui ont permis de progresser dans le diagnostic de la trisomie. Les constructeurs ont fait évoluer les machines pour faire avancer.

<sup>2</sup> *Computer-aided diagnosis*

Je ne suis pas pessimiste. Je pense que le radiologue est face à l'automatisation des actes, par la baisse des prix, et l'intelligence artificielle sera un bien pour le patient pour le dépistage de beaucoup de choses, de cancers. Par exemple, pour la sclérose en plaques, on pourra faire un *screening* beaucoup plus précis, ou encore pour le diagnostic d'amiante. Puisque nous sommes des médecins, des porteurs d'humanité, nous pourrions vraiment nous occuper du patient.

Tout à l'heure, nous avons parlé de l'écoute, le patient veut être écouté, et c'était 15 secondes, je crois. Il est important que le radiologue reprenne sa place de consultant, de chef d'orchestre. Le radiologue est différent des autres médecins, parce qu'il est dans une relation triangulaire entre le demandeur de l'examen d'imagerie, le patient et lui-même. C'est un triangle infernal, le triangle de Karpman en communication : persécuteur, sauveur, victime. Justement il pourra se consacrer à cela. Il ne sera pas un persécuteur, mais il sera un sauveur, il se consacrera à son véritable métier ; faire du diagnostic, et accompagner le patient, entre le chemin du prescripteur et le demandeur.

### Joachim SON-FORGET

J'abonde dans le sens de mon collègue. Dans le cas de la dermatologie, c'est intéressant, mais s'il s'agit de votre propre formule sanguine, vous préférez faire confiance à la machine qu'à une laborantine qui compte les cellules. Il n'est pas exclu qu'il se passe la même chose avec notre spécialité demain. Maintenant, il faut bien se poser la

question de ce qu'il nous reste comme valeur ajoutée ? C'est à repenser. Il est fort à parier également que..., c'était Florent qui le disait, il faisait son scénario prospectif sur les auto-échographies pour sélectionner les bébés, mais c'est déjà présent.

Je vais aider Monsieur Philips, qui était là tout à l'heure, parce qu'il avait de moins belles images que le collègue d'avant, donc je vais lui filer un coup de main. Ils ont un produit qui existe déjà, on le branche au smartphone, c'est l'*Unified* de Philips, ça coûte encore très cher. Ce n'est pas exclu que demain, vous ayez des petits échographes qui soient disponibles pour n'importe quelle personne lambda. Il vient vous voir et vous dit : « il y a une boule là, elle est grisâtre, je sais que cela veut dire ça. » Cela veut dire que le raisonnement sémiologie est appelé à changer, que vous le vouliez ou non.

Au lieu d'en avoir peur, je pense que c'est plutôt un avantage, parce qu'on le voit déjà. On se fait engueuler parce qu'on fait trop d'examens, mais en fait c'est parce qu'on nous demande les examens. Cette tendance va aller en augmentant avec la démocratisation des outils, des petits outils de radiologie. Cela va continuer de replacer fortement le radiologue en plein cœur de l'expertise de première ligne nécessaire, place qu'avait avant la sémiologie classique, qu'on vous enseignait avant. Vous croyez tous qu'il faut faire un examen clinique, un interrogatoire, néanmoins la radiologie va venir de plus en plus en première ligne partout. Il vous reste ça, il faut y croire.



Dr. J.-P. Masson, Sénateur A. Houpert, Député J. Son-Forget, Pr. J.-F. Meder

Il y a une deuxième chose qui reste quand le courant est coupé, ou quand vous n'avez pas tous ces algorithmes, c'est votre capacité de perception que vous développez par votre expertise. C'est l'expérience. Malheureusement, on ne l'exploite pas assez dans la formation, parce que je crois que là, il y a une diversité des pratiques énorme.

Je viens des sciences cognitives, j'ai fait un double cursus, c'est pour cela que je suis allé en Suisse, je vais tout vous expliquer. J'ai fait un premier master à l'ENS, après je suis parti en Suisse à l'École Polytechnique de Lausanne. Là, j'ai fait un doctorat de neurosciences. Ce sur quoi on travaille, c'est sur tous les biais cognitifs et la conscience, et de chronométrer un peu les activités mentales. C'est vrai qu'en radiologie, on pourrait être encore plus efficaces sur la façon de faire du diagnostic en ayant une bonne connaissance de nos propres limites attentionnelles, une bonne connaissance de la façon de déployer notre regard sur les images.

Ce n'est pas enseigné, on le fait tous un peu sur le tas. Cette connaissance un peu fine et un peu pratique, on ne l'enseigne pas à nos internes, et c'est regrettable. Vous le faites pour ceux qui font du thorax, vous « mippez » pour ne pas rater vos lésions, mais c'est de la connaissance empirique. On pourrait codifier les choses pour développer plus finement cette

compétence technique. Je ne vais pas vous embêter, mais je le fais, par exemple, pour mes cas de sclérose en plaques, et pour mes cas de métastase cérébrale. Je fais la même chose, mais la plupart des gens ne le font pas.

Ce sont des petites choses. Il y a la réalité virtuelle, la réalité augmentée, tout ce que vous voulez, mais il reste la réalité physique de votre propre connaissance et ce n'est pas enseigné. C'est quelque chose qui reste une vraie valeur ajoutée que n'auront pas les autres cliniciens qui lisent des images sans savoir ce genre de choses. Il faut aussi penser aux human resources, et ce que l'on peut encore développer en plus comme valeur ajoutée dans notre domaine, et en gain d'efficacité, pour en effet, comme le disait le Professeur Chang, au lieu de passer notre temps à reconstruire des choses, à faire de l'informatique de bas étage, investir pour garder du temps humain.

C'est de l'ergonomie de base, cela commence par vos ordinateurs qui sont mal

## ANNONCE DU LANCEMENT D'UN ÉCOSYSTE D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

### Jean-Philippe MASSON

À l'issue du séminaire que la FNMR vient d'organiser à Lyon, consacré à l'intelligence artificielle, avec Jean-François Médér, nous avons souhaité annoncer que le G4 - qui est le Conseil national professionnel de la radiologie, composé du collège des enseignants en radiologie française, de la FNMR, de la Société française de radiologie et du Syndicat des radiologues hospitaliers - allait compte tenu d'un vide qui a été démontré à l'issue de toutes les présentations qui ont eu lieu aujourd'hui, le G4, c'est-à-dire la radiologie française, va se lancer dans la création d'un projet d'écosystème en intelligence artificielle qui sera dédié à l'imagerie médicale.

Nous avons, en France, grâce à l'activité des radiologues, libéraux et hospitaliers, un big data de plus de 500 millions de dossiers, qui regroupe à la fois des dossiers image, bien entendu, mais ces dossiers image sont tous corrélés avec les comptes rendus. Ces dossiers sont archivés par les médecins en France, dans des conditions que nous savons bonnes, dans leur service.

Cette nouvelle technologie permettra un progrès médical certain, qui sera au service de nos patients. Nous sommes convaincus, on le sait, que c'est un vrai défi, médical et technique. Ce défi, ce projet - que nous entendons mener avec

Jean-François, et tous les autres représentants de la radiologie française - sera mené et nous l'avons entendu aujourd'hui c'est essentiel, dans le respect des règles éthiques et législatives de notre pays.

Nous espérons que ce projet permettra de maintenir une indépendance de la radiologie française, qui respectera la vision humaniste de notre radiologie française, vision humaniste que nous avons toujours mise au service de nos patients.

### Jean-François MEDER

Merci beaucoup Jean-Philippe. Je voudrais simplement insister sur le fait que, parfois cela nous est, sinon reproché, du moins, rappelé, c'est une démarche de la radiologie française en général, au-delà du mode d'exercice, au-delà des frontières qui ont pu être créées par d'autres. C'est une magnifique démarche qui est soutenue par la totalité des quatre composantes du G4. Je voulais vraiment insister sur ce fait. Merci.

*Applaudissements*

configurés. Votre souris qui n'est pas adaptée parce que vous n'avez pas la même que moi, où j'ai dix boutons de raccourcis qui me permettent de faire toutes mes opérations au bout de la main. Et toutes ces choses, il faut travailler dessus. C'est le côté éducation de nos jeunes internes pour acquérir une compétence particulière, que les autres cliniciens ne pourront pas avoir à défaut d'avoir cet enseignement, il faut aussi y penser.

### Jean-François MEDER

Deux mots. Le premier, c'est que l'intelligence artificielle, on l'a dit, va permettre d'augmenter la productivité. J'aimerais quand même rappeler que la France est championne du monde en termes d'utilisation des machines. Nos machines sont saturées, vous le savez très bien, et on n'a absolument pas le temps d'en faire... Je ne vois pas comment nous pourrions augmenter. C'est impossible. C'est le premier point. Le deuxième point, c'est que dans le rapport Villani, que je n'ai pas appris par cœur, mais que j'ai lu un peu, le mot imagerie médicale apparaît six fois. Si vraiment c'est une priorité, cela doit apparaître plus souvent. Si vraiment c'est une priorité, nous doit être invités par les auditeurs. Or nous y sommes allés et nous avons été auditionnés par ce que nous avons demandé à être auditionnés. Ce n'est quand même pas tout à fait normal. Nous sommes à peine cités.

J'aime beaucoup, et cela m'inquiète terriblement, votre parallèle avec la sidérurgie. Parce que j'aimerais signaler aussi que l'achat d'appareils *low* coût, maintenant en France, devient complètement banal. Nous

étions les fers de lance de la radiologie dans un monde. Aujourd'hui nous paupérisons notre spécialité, et cela m'inquiète terriblement.

*Applaudissements*

### Olivier COLIN

Messieurs les politiques, je vais vous demander la première réaction à chaud à cette annonce.

### Joachim SON-FORGET

Cela fait des années que je vais à des congrès de radiologie, où j'entends parler de big data et d'intelligence artificielle par des gens qui des fois ne comprennent pas ce qu'ils disent, mais qui rabâchent les mêmes présentations à chaque fois, et on n'en voit pas le bout du nez.

À un moment donné, il faut prendre le taureau par les cornes, l'initiative que vous avez doit être soutenue. Parce que si on veut faire de la France, et de l'Europe, un acteur de l'intelligence artificielle qu'elle n'est pas encore, mais qui en a le potentiel, il faut que quelqu'un donne l'exemple. Quoi de plus beau que de le faire dans les professions médicales, parce qu'elles ont besoin d'être modernisées. On a besoin de donner l'exemple, et qui mieux que les radiologues peut le faire, parce que vous avez su vous adapter. Vous êtes passés en effet de l'argentique au scanner ou à l'IRM, ou à toutes les modalités qu'on sait. Mais aujourd'hui il y a encore un saut technologique à sauter, c'est aux radiologues de le faire.

Vous pourrez être un beau fer-de-lance de l'application du principe du big data. Nous pourrions être un beau fer-de-lance de l'application du big data en France, et peut-être un modèle européen. Je tiens à vous féliciter pour cette initiative. Sachez que l'on essaiera de vous soutenir au maximum, comme législateur. J'ai associé ma collègue Anissa Kheder, elle prendra position comme elle veut, mais au moins je lui aurai présenté les choses. Elle est députée de Lyon et je lui ai conseillé de venir et de vous écouter aujourd'hui. On essaiera de faire cheminer ces idées au Parlement français. Merci.

### *Applaudissements*

#### **Alain HOUPERT**

Comme mon collègue, je dis bravo. Imaginez que le RGPD <sup>3</sup> soit en exercice à la Renaissance, je pense que André Vésale et Ambroise Paré n'auraient pas inventé l'anatomie et on serait encore au Moyen-Âge. Il ne faut pas avoir peur de regarder devant. La France est le pays des lumières. Nous, les radiologues, nous cherchons la lumière dans les ténèbres.

Je suis allé avec mon collègue Jean-Philippe, il y a quelques années, au HIMS, à Tampa en Floride. C'est le plus grand colloque américain autour de l'informatique médicale. J'ai été impressionné parce que nous avons été reçus par un collègue sénateur américain, qui possède son hôpital, et qui investit des millions de dollars chaque année. Il vend ses datas complètement anonymisées, pour un million de dollars, et cela lui permet de dé-

velopper son marché. Il faut que l'on avance, il faut que l'on arrête en France de ne pas prendre le bon train, parce qu'on prend toujours le train en retard.

Souvenez-vous de Hounsfield. Quand il a inventé le scanner, il est allé voir un industriel batave. Il lui doit présenter son dossier, il n'y a pas cru. Il est retourné en Angleterre, il a vu son copain John Lennon qui lui a dit : « viens chez moi, mon patron, propriétaire de la société de disque EMI, a plein d'argent, je pense qu'il va t'aider. » Le propriétaire d'EMI a été conquis par la découverte de Hounsfield, et les premiers scanners, c'était EMI. J'ai travaillé dessus. Ensuite, EMI a vendu sa licence à cet industriel batave. On a perdu du temps. Ne perdons pas de temps, allons-y, c'est important.

Tout à l'heure, on a parlé de l'Estonie, on a parlé de la Chine. On a parlé d'Israël. Là où il y a de la recherche sur l'intelligence artificielle, c'est dans les pays où il y a de la dépense sur la défense, sur la sécurité. Je vais souvent en Israël. C'est très impressionnant, c'est un pays où les start-ups se développent à grande vitesse, c'est un pays où ils sont capables de se remettre en question. Soyons à l'image d'Israël.

J'ai rencontré la dernière fois que je suis allé en Israël, Shimon Peres. Il m'a dit : « vous êtes trop pessimiste en France, il y a deux façons d'être optimiste : soit vous regardez le verre à moitié plein, soit vous continuez à le remplir. » Moi qui suis sénateur du Mont Rachais, je continue à le remplir.

### *Applaudissements*

<sup>3</sup> Règlement général sur la protection des données.

### Jean-Philippe MASSON

Pour te répondre, je trouve que nous, radiologues, faisons preuve d'un optimisme et d'une ambition qui est quand même assez exceptionnelle. Le verre, on le voit vraiment à moitié plein, et même très plein.

### Un intervenant

Comment allez-vous organiser la mise à disposition de dataset d'images pour les cabinets privés ? À quoi sont-ils contraints ? Sur quelle plate-forme ? Comment organisez-vous ce pot commun ?

### Jean-Philippe MASSON

D'abord, on va tout mettre en route progressivement. Les cabinets privés sont équipés avec des PACS depuis un certain nombre d'années. Je ne me souviens plus de la date où le forfait archivage a été créé, avant d'être supprimé, mais cela fait peut-être une petite dizaine d'années que le gouvernement avait compris l'intérêt d'aider les radiologues libéraux. Il y avait d'abord eu le forfait numérisation, ensuite il y avait eu le forfait archivage. Et tout le monde en bénéficiait, à partir du moment où ils possédaient un PACS. Actuellement, pratiquement 100 % des cabinets libéraux sont équipés.

C'est pour cela que quand je lis dans une dépêche qu'à la suite de la semaine du salon de l'hospitalisation, il y a un cri de joie de la FHF qui dit : « c'est fabuleux, 70 % des hôpitaux ont enfin un dossier informatisé pour leurs patients. », cela me fait bondir parce qu'il y a eu trois ou quatre plans numérique, financier, informatique, pour aider les hôpitaux, et ils n'en sont toujours

qu'à 70 %, alors que nous radiologues libéraux n'avons pas été aidés pour les systèmes d'information, qui est l'équivalent, et on est tous équipés.

Nous sommes équipés avec des PACS qui archivent en DICOM. Il n'y aura pas tellement de difficultés pour transmettre l'information. La seule difficulté que nous puissions avoir, ce sont les réconciliations, parce qu'il n'y a pas d'identifiant national unique. C'est quelque chose qui va aboutir parce que le ministère a découvert sur conseil de l'ASIP qu'il y a un identifiant national qui peut être utilisé, c'est le numéro de la sécu. Ce sera quelque chose d'important, et comme le faisait remarquer Paul Chang, c'est un avantage que nous avons par rapport aux Etats-Unis.

Les hôpitaux, la majeure partie, les gros producteurs d'images sont tous équipés avec des PACS. Maintenant il reste à mettre en place toute l'infrastructure, cela va être compliqué. Chacun de nous, dans nos composantes, nous allons désigner un responsable. Il y aura une espèce de directeur, j'imagine, qui va gérer l'organisation de tout ça.

Je réponds tout de suite à la question avant que vous ne la posiez : et le financement ? Je n'en sais rien mais je pense qu'il falloir sélectionner parmi toutes les sociétés qui vont se jeter sur nos centaines de millions de dossiers. »

### Un intervenant

Avant de parler de l'image, dans l'intelligence artificielle, il y a ce problème de la

protection des données qui est vraiment un risque de nous tirer vers le bas. Imaginez le scandale du Médiateur. Je parle aux gastro-entérologues, le scandale du Médiateur, vous vous souvenez ? Il a fallu qu'une de nos collègues pneumologues se batte, soit conspuée par les médias, et qu'on l'écoute enfin. Si on avait toutes les données cliniques des patients anonymisés, on aurait à appuyer sur la touche Médiateur, on aurait vu tout ce que cela pouvait créer.

Allons vers l'avant, nous sommes des radiologues. Nous sommes des médecins, praticiens, porteurs d'humanité, mais surtout des entrepreneurs, des gens tournés vers l'avenir. Je pense que nous pouvons apporter notre pierre à l'édifice.

### Un intervenant

J'ai une question, puisque j'étais au début du mois de mai au Collège de France, où un membre de l'AP-HP nous a détaillé le projet des hôpitaux de Paris pour leur banque de données. L'une des questions qu'ils ont soulevées, c'est : qu'est-ce qu'on fait des données ? Et en particulier, ils ont une inquiétude, qui est limite paranoïaque, de ne pas se faire piquer les données par des gens qui reviendraient leur revendre ensuite les algorithmes dans des logiciels qu'ils utiliseront.

### Jean-Philippe MASSON

Nous sommes bien d'accord. C'est justement un des problèmes que nous allons avoir. Ce n'est pas pour rien qu'il y avait une avocate aujourd'hui, qui a expliqué

à qui appartenait les données. Nous avons préparé ce séminaire en vue de l'annonce que nous allons faire. Il va falloir effectivement mettre dans la balance le poids des données que l'on va fournir, versus les algorithmes qui nous seront proposés. Ce sera un deal.

Encore une fois le détail, je ne le connais pas. Nous allons monter cela tranquillement. Peut-être qu'on se retrouvera dans un an pour faire le point là-dessus, ou peut-être qu'on en parlera même avant, au moment des JFR<sup>4</sup>. Dans trois ou quatre mois, en octobre, nous aurons déjà un peu avancé sur ce sujet, et on pourra préciser un certain nombre de choses.

### Patrick GASSER, président de l'UMESPE

Je voulais tout d'abord vous dire bravo pour cette initiative. Je pense qu'il faut emmener l'ensemble de la profession. Vous l'avez tous dit. On a parlé de la France, on a parlé de l'Europe, et on a dit qu'il faudrait un projet européen, fédérateur. Il va donc à mon avis falloir à un moment ou à un autre, ouvrir très largement à l'ensemble des spécialités. D'ailleurs j'ai compris quand même, pour fournir et pour faire de l'IA, il faut du diagnostic. Et le diagnostic, vous le savez, on l'a souvent, non pas au moment même de l'imagerie, mais parfois après. Il est important de rentrer de bonnes données. Je pense que là, tout le monde a un rôle à jouer. C'est un élément qui peut être fédérateur demain. En tant que président de l'UMESPE, vous comprendrez bien que je dois être fédérateur dans ce domaine. En ce qui concerne le financement. Au-

<sup>4</sup> Journées Francophones de Radiologie.

jourd'hui, on finance des registres dans le cadre de l'ONDAM <sup>5</sup>. Il va falloir porter ce type de financement, à la fois dans la convention et dans le PLFSS <sup>6</sup> de l'année prochaine, par exemple. Mais cela, c'est à nos politiques de le faire demain.

### Joachim SON-FORGET

Je suis tout à fait d'accord avec vous. Je ne vais pas avoir le réflexe corporatiste, pour cette raison, parce qu'il faut emmener tout le monde. Vous vous rappelez de l'histoire du PACS, une fois que l'on est passés et qu'on avait les beaux outils, les outils de reconstruction, 3D, etc. On donne au médecin traitant une espèce de sous-viewer pourri, où on voit les images toutes pixelisées, on peut les passer une par une, toutes les quatre secondes. Histoire qu'il n'ait pas le même outil que nous, et qu'il ne soit pas aussi bon que nous. C'est pué-ri-er, on en est revenus. On est seulement en train d'en revenir.

Dans la même dynamique, il va falloir emmener tout le monde. Et pourquoi ? Parce que la profession, la radiologie aura été le fer-de-lance, mais ensuite si on emmène toutes les autres spécialités, d'un seul coup... Je suis en train de vous faire du consulting là, pour convaincre une administration comme l'administration française. Parce que la volonté politique peut être là, mais on peut avoir des bons et des moins bons ministres, je pense qu'on a une bonne ministre. Mais par contre, pour convaincre tout ce qui vient avec, le poids de l'administration, et je ne vise pas une personne en particulier, mais on y

est confrontés tous les jours, comme parlementaires. Ce n'est pas forcément un problème de convaincre la ministre ou son cabinet, c'est tous les gens qui vous ralentissent à différents étages.

Donc, si vous emmenez toute la profession médicale avec vous, c'est beaucoup plus facile, et personne ne peut vous objecter que : « oui, vous les radiologues, vous voulez vous faire un peu de fric en plus. Du coup, vous essayez de doubler tout le monde. » Là, au moins, on y va de front. Même si on est à l'avant-poste, je pense qu'il faut emmener les autres avec, et en effet on augmente la qualité de la donnée.

### Un intervenant

Merci beaucoup. Je partage votre point de vue, une partie du moins. J'en parlais tout à l'heure avec notre collègue, je crois qu'en France, on a, dans la formation, un grave problème. Nous avons une formation initiale médicale qui est commune, et après, une formation de spécialités en silos, qui est donc corporatiste. Ce corporatisme, on le traîne avec nous pendant toute notre vie professionnelle. Ce que propose Jean-Philippe, car il faut reconnaître que Jean-Philippe est à l'initiative de ce joli projet, je crois, peut-être pas immédiatement, que c'est une belle façon de rapprocher les spécialités qui voudront se rapprocher. On est en France, pays de clochers.

On l'a montré d'ailleurs au ministère quand il s'est agi de réfléchir à l'autorisation de la radiologie interventionnelle. Nous avons demandé à ce que ce soit

<sup>5</sup> Objectif National des Dépenses d'Assurance Maladie.

<sup>6</sup> Projet de loi de financement de la sécurité sociale.

l'imagerie interventionnelle, parce que la radiologie, comme d'autres activités interventionnelles, va partager, avec d'autres peut-être, des outils communs. La radiologie est une belle voie de formation au traitement guidé par l'image, comme d'autres le sont. On est ouverts, mais cet esprit corporatiste existe, il faut le reconnaître, donc cela prendra peut-être un peu de temps.

### Jean-Philippe MASSON

Je voudrais juste préciser, ce projet n'est pas destiné à gagner de l'argent. Ce n'est pas du tout le but. Je ne sais pas quelle sera la structure juridique qui sera choisie. L'idée est vraiment de mettre à disposition de la profession un outil qui pourra être offert aux radiologues pour qu'ils puissent travailler dessus.

C'est pour cela que tout à l'heure je vous disais, 400 millions de dossiers, c'est un peu une monnaie d'échange avec les industriels. On leur propose les datas de la radiologie française, et en échange, ils vont offrir les produits, les outils aux radiologues français qui auront participé à cette base de données. Après, que va-t-il se passer dans le reste du monde ? Parce que ces outils, il ne faudra pas les limiter à la France, parce que la radiologie c'est la radiologie. Peut-être qu'à ce moment-là, il y aura une réflexion commerciale à mettre en place.

Mais pour ce qui est de notre territoire hexagonal, l'idée ce n'est pas de faire de l'argent. L'idée est vraiment de créer un outil qui tienne compte de nos spécificités, de la façon qu'on a de travailler.

### Joachim SON-FORGET

Je vous invite aussi à aller regarder, on a parlé de l'Estonie, du côté de ce type de pays qui sont peut-être plus petits que la France mais qui ont réussi des transitions numériques considérables. Taavi Kotka, ancien responsable de la numérisation de l'Estonie participera à un colloque que j'organise en Suisse au mois d'octobre. Ils ont utilisé la technologie *blockchain* pour la vérification des identités, pour la création d'un registre d'identité, c'est un exemple parmi d'autres choses que ce pays a fait. Mais il faut vraiment aller regarder, faire le benchmark, aller regarder les bons exemples qui ont été faits, même dans d'autres domaines, pas forcément celui de l'imagerie, et s'en inspirer fortement.

On a vraiment une chance, je crois, d'être à la fois un symbole de réussite, en pratique, de l'intelligence artificielle, et finalement de modernisation de la médecine. Ce sont deux objectifs qui je le rappelle, sont des choses qui ont été annoncées dans le programme d'Emmanuel Macron. J'ai fait campagne avec lui depuis le tout début, avant même qu'il soit ici en campagne. Je sais que c'était des choses qui lui tenaient à cœur, l'intelligence artificielle, la modernisation du système de santé et la numérisation de toute l'administration de manière générale.

On participe de l'effort des deux côtés, et c'est vraiment ce qu'il faudra mettre en avant pour que l'on n'objecte plus à la profession : « oui, mais la téléradiologie ne peut pas être une sous branche de la

télémédecine, etc. » L'argument n'est plus recevable à partir du moment où vous êtes le moteur de la réforme, finalement.

### **Alain HOUPERT**

Tout à l'heure Jean-Philippe a dit : « pourrions-nous encore investir ? » Chaque année, nous votons le PLFSS, et chaque année la radiologie, qu'elle soit privée ou publique, fait toujours à coût constant. C'est-à-dire que l'on réduit à chaque fois des équivalents temps plein dans l'hôpital, et pour les libéraux, on baisse les cotations. Je pense que c'est un outil de négociation qui serait très important pour qu'on un peu la profession en paix, et qu'on arrête d'être stressés, que l'on soit à l'hôpital ou en privé. Stressés pas pour nous, mais parce que nous sommes des chefs d'entreprise, ou vous, des chefs de service, vous êtes des exécutants, et vous réduisez pour faire des économies.

Ce que je regrette, c'est que les projets de loi de financement de la Sécurité sociale soient toujours des recettes, cotisations, et des dépenses. Alors qu'on devrait voir d'une manière globale holistique, toutes les recettes. Et les véritables recettes, c'est tout l'argent qui est créé par l'emploi par l'industrie pharmaceutique.

Quand on a inventé les génériques pour faire des économies, on a tué l'industrie pharmaceutique française. Tous les génériques sont faits en Inde et en Chine. 20 % reviennent frelatés, parce que cela vient dans des containers. La qualité et le suivi, c'est toujours les circuits courts. Cette nouvelle est une grande nouvelle, car cela nous permettra à nous, parlementaires,

on est trois, mais on peut se multiplier, de faire avancer les choses, et négocier un PLFSS intelligent.

### **Robert LAVAYSSIERE**

Jean-Philippe, tu as posé une question aux parlementaires. Le sénateur Houpert vient de répondre assez partiellement à la question qui est celle du financement et de la baisse régulière de nos moyens dans des proportions qui deviennent déraisonnables. On sait aussi que la valeur de nos actes tombe dans certains cas en dessous même d'une consultation de médecin généraliste.

Là, nous nous lançons dans un projet, qui est tout à fait extraordinaire et bienvenu, dans un contexte qui paraît un peu délirant. Notre ami Jean-François Meder a bien insisté sur le fait que nous étions en train de paupériser nos équipements, et que c'était une très mauvaise tendance. C'est-à-dire que même dans les hôpitaux universitaires, on voit des scanners qui ne sont plus à la hauteur de ce qu'ils devraient avoir en termes de recherche.

Ma question était un peu différente, cette remarque étant posée. J'ai eu tout à l'heure une discussion intéressante avec Luc Soler à propos de son produit. Si on peut appeler cela un produit. Comme vous le savez, on a une agence en France qui s'appelle la HAS<sup>7</sup>, et depuis quelques années, on nous rappelle sans cesse la procédure rapide concernant la prise en charge de l'innovation, et pour quelques-uns qui parmi nous se sont attaqués à cette filière, on s'est rendu compte qu'on arrivait très vite à des

<sup>7</sup> Haute autorité de santé.

obstacles mis en place pour que justement cela n'avance pas.

On a vu tout à l'heure, Monsieur Soler nous expliquer que cet enfant, pour prendre l'exemple du néphroblastome, avait échappé à la dialyse, avait échappé à la transplantation et se trouvait à l'issue de l'utilisation des procédures guidées par le système qu'ils ont mis au point, en parfaite santé. Il y a donc une économie, bien sûr, sur l'état de santé de cet enfant qui n'a pas eu à souffrir de tout cela. C'est déjà extraordinaire. La société dans son ensemble a aussi fait l'économie des dépenses y afférentes.

Or, Luc Soler a déposé des dossiers. On lui a demandé en permanence une escalade dans le nombre de patients, et finalement, ils en sont arrivés à se dire qu'ils allaient se dispenser du financement potentiel de la filière de l'innovation, avec laquelle on nous bassine depuis des années.

La question que je voulais vous poser c'est : est-ce que oui ou non, vous allez pouvoir faire évoluer ce système, au lieu d'inaugurer les chrysanthèmes ?

### **Alain HOUPERT**

Avant de venir, j'ai inauguré ce matin quelques chrysanthèmes. Cela fait partie de notre travail, on préférerait être... C'est vrai que ce n'est pas facile d'être parlementaire. Parce que la semaine, on est à Paris, et le week-end, on est... dans des congrès, dans des inaugurations.

Mais vous avez évoqué un gros problème, qu'a évoqué mon collègue tout à l'heure l'administration. Il y a l'ÉNA, et c'est peut-être pour cela que l'on a supprimé l'accent

circonflexe, car quand ils avaient un bonnet d'âne et qu'ils se regardaient dans la glace, ils ne se reconnaissaient pas, parce qu'ils voyaient ANE avec un accent circonflexe.

Mais il y a aussi l'école de Rennes, qui a été inflationniste dans tous les hôpitaux. On avait des hôpitaux qui marchaient bien, on a créé des vaisseaux-amiral, des cimetières à étage, des endroits où les patients ne se sentent pas reconnus. Il y avait un système français, qui était un système pavillonnaire qui marchait bien, qui était humain. Je me souviens, quand on était interne, on se sentait bien à l'hôpital. Je vois les jeunes maintenant, ils ne connaissent même pas, cela devient des techniciens.

Il faut renverser la table. Le Président Macron a dit : « renversons la table ». L'administration n'est pas là pour guider le pays. C'est le politique qui doit guider le pays. L'administration doit être au service du politique, et tant qu'on n'aura pas fait ça, on n'aura pas renversé la table.

### *Applaudissements*

### **Joachim SON-FORGET**

Il y a aussi des énarques bien. On en a un à Matignon et à l'Élysée. Mais en effet, il y a quand même un effet d'entraînement dans d'autres niveaux de l'administration, ce n'est pas forcément la faute des écoles qui les forment, ou la faute des individus séparés. Le système, de manière générale, crée parfois un effet un peu d'entropie, voire d'entropie volontaire. Nous le constatons comme politique. On peut partager ce constat, parce que, c'est toujours une es-

pèce d'équilibre malheureusement trop stable, entre un politique qui a envie de réforme, de quel que bord qu'il soit, mais qui a envie de faire passer des réformes, et une administration qui est pour stabiliser le système, notamment dans les périodes de transition. Elle est utile dans les transitions politiques, mais elle peut s'avérer le premier obstacle, quand vous essayez de faire changer les choses. Je n'ai rien contre les personnes individuelles.

C'est pour cela que si vous voulez faire réussir un projet comme le votre, il faut le faire réussir à tous les étages. De la même façon que quand on veut faire passer une idée, une loi, un amendement, on fait notre campagne de presse aussi de notre côté. On fait des campagnes de lobbying par groupe de députés ou de sénateurs qui s'amoncellent. Parfois on va chercher chez les voisins d'autres partis « non, tu ne devrais pas faire ça. » Si, j'y vais quand même c'est mon côté suisse, j'aime bien travailler avec les gens des autres partis. Vous allez pouvoir faire cela aussi.

Pour transformer l'essai, il faut venir avec un projet qui soit grand. J'espère qu'aux prochaines étapes, comme les JFR, l'intention soit transformée déjà en un objet concret. Parce qu'il faudra faire attention aux échéances politiques. En effet, pour nous, c'est le projet de loi de financement de la Sécurité sociale, et cela va venir vite. Si ce n'est pas pour la première fois, il faut que ça soit au moins pour la fois d'après. Mais cela veut dire que, de la même façon que vous tous, quand vous envoyez des abstracts pour le congrès d'après, il faut anticiper six mois avant des résultats que

vous n'avez pas complètement encore. On sait tous comment on fait. Je n'aurais pas dû le dire.

Il faudra faire la même chose pour cet objet, l'anticiper, et venir nous abreuver avec cet argumentaire que nous deux pouvons entendre. J'imagine que notre collègue Didier Martin, qui est député de la Côte d'Or, pourra l'entendre aussi parce qu'il est aussi radiologue, mais il va falloir aller convaincre les autres médecins de l'Assemblée et du Sénat, et surtout les autres, non-médecins de l'Assemblée et du Sénat. Là, la tâche va être ardue, parce qu'il faut dépasser l'objet du lobbying corporatiste, on vous attend et on reste ouvert à ces propositions.

### **Jean-Philippe MASSON**

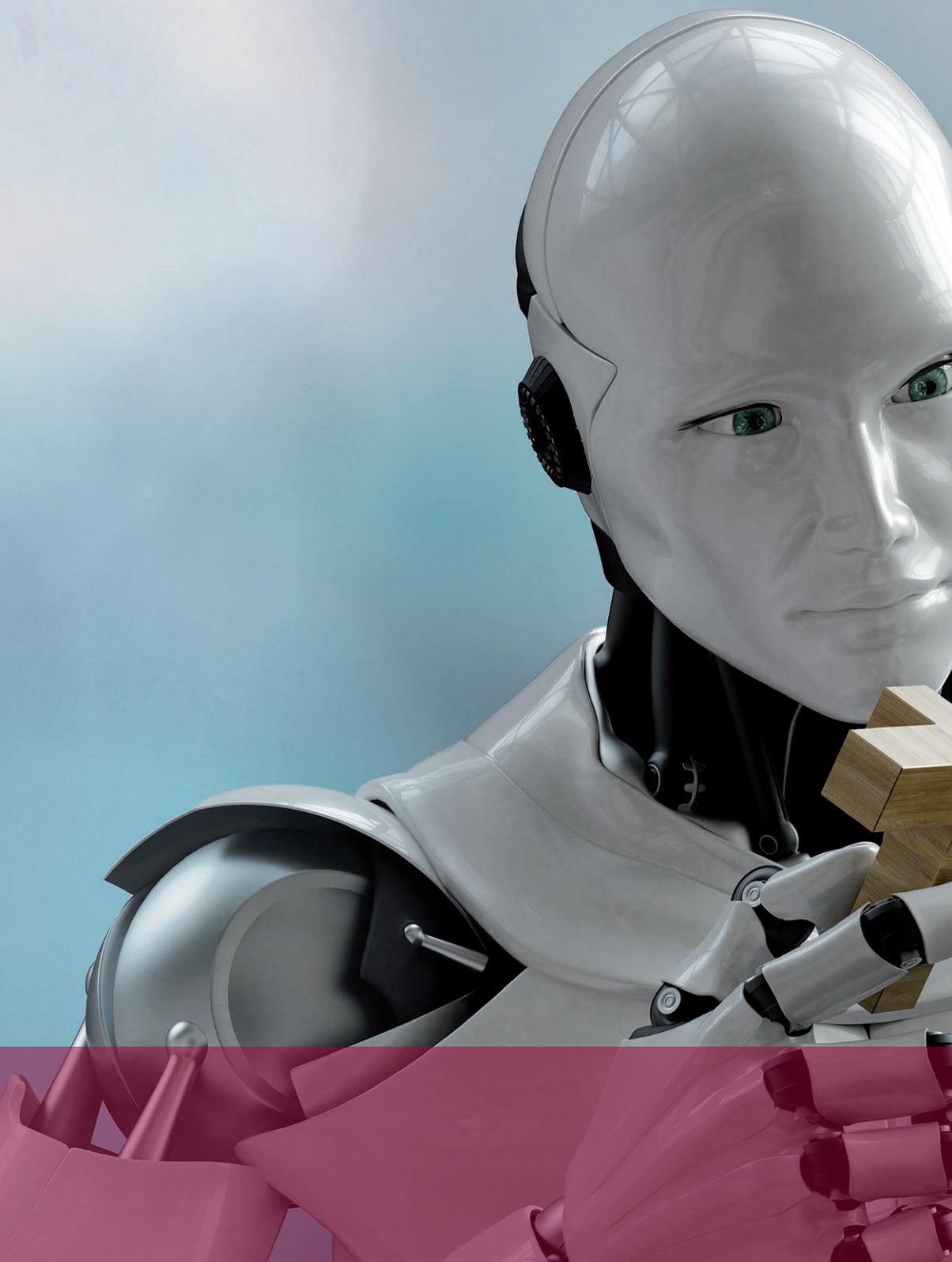
Pour clôturer cette journée, je voudrais remercier tous les participants, d'abord les intervenants, nos amis politiques, nos confrères et collègues politiques qui nous ont fait l'amitié de venir. Je remercie bien entendu Paul Chang d'avoir fait quelques milliers de kilomètres depuis Chicago pour venir, et de toute façon, nous irons le voir évidemment au mois de décembre, au moment du RSNA, c'est absolument certain.

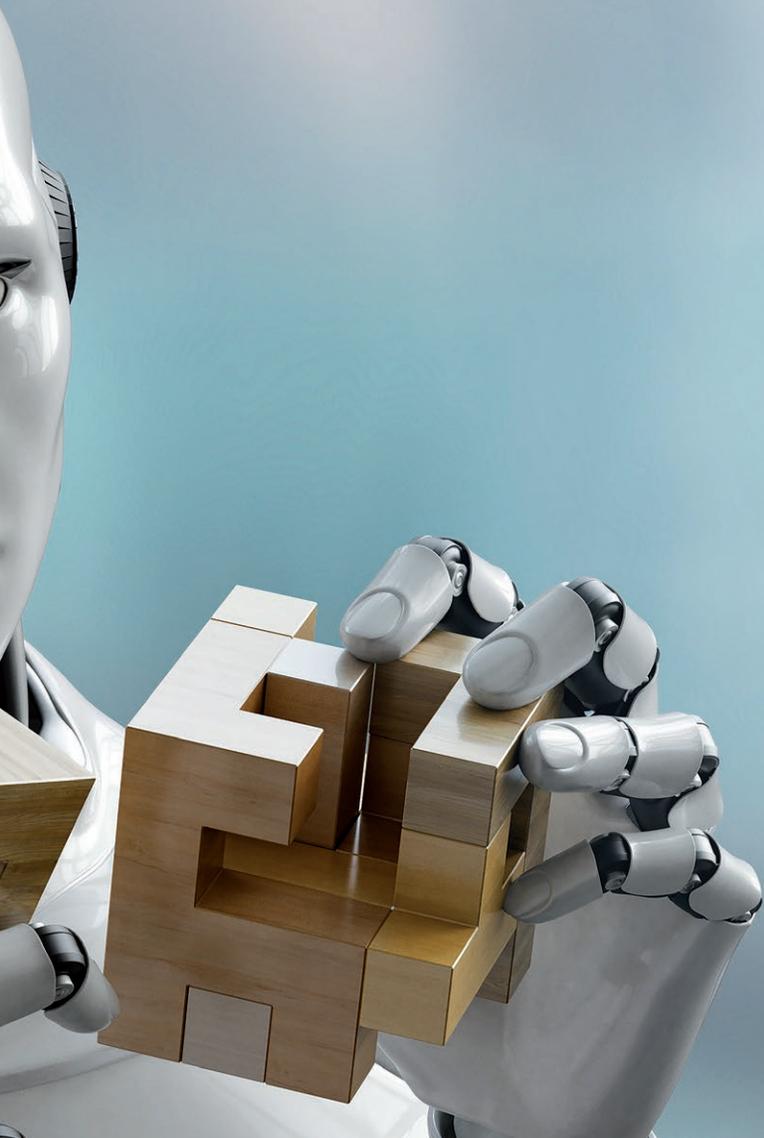
Je remercie tous nos sponsors industriels qui nous ont aidés. Je sais qu'il y en a qui étaient très intéressés par l'annonce qui allait être faite. Nous les attendons maintenant avec des propositions.

Toutes les présentations qui ont été faites ont été enregistrées en vidéo et seront disponibles progressivement sur le site de

la FNMR. Toutes les interventions ont été enregistrées et feront l'objet d'un livre qui paraîtra au moment des Journées Francophones de Radiologie (JFR) en octobre. Le texte en anglais aussi sera disponible en format PDF, pour que Paul puisse transmettre la bonne parole française chez nos grands cousins américains.

*Applaudissements* ■





# IV - Un écosystème français d'I.A.

## IV - CONCLUSION

# Un écosystème français d'Intelligence Artificielle dédiée à l'imagerie médicale

En conclusion du séminaire, le Dr Jean-Philippe Masson, président de la FNMR, et le Pr Jean-François Meder, président de la SFR, annonçaient le lancement prochain d'un écosystème français d'Intelligence Artificielle dédié à l'imagerie médicale.

A la suite de cette annonce, les participants aux séminaires ont pu réagir et questionner les deux présidents (voir le chapitre table ronde). Le sénateur Alain Houpert et le député Joachim Son-Forget, tous deux médecins radiologues, ont livré leurs premières réactions et affiché leur soutien à cette initiative.

Voir le communiqué ci-contre. ■



Le Dr. Jean-Philippe Masson et le Pr. Jean-François Meder



Paris, le 4 juin 2018

Communiqué

# Intelligence artificielle : 500 millions de dossiers d'imagerie médicale au service des patients. Les médecins radiologues préparent l'avenir.

Le Docteur Jean-Philippe Masson, président de la Fédération Nationale des Médecins Radiologues (FNMR), et le Professeur Jean-François Meder, président de la Société Française de Radiologie (SFR), annoncent au nom du Conseil national professionnel de la radiologie française (G4 <sup>1</sup>) le lancement du projet d'un « écosystème français de l'IA dédié à l'imagerie médicale ».

Ce système sera indépendant, notamment des Gafa Américains et BATX Chinois.

Cette annonce a été faite à l'issue du séminaire organisé par la Fédération Nationale des Médecins Radiologues consacré à « l'intelligence artificielle : rêve ou cauchemar du radiologue ? », tenu le samedi 2 juin 2018 à Lyon, en présence d'experts internationaux représentant les communautés scientifiques, politiques et philosophiques ainsi que des représentants de la société civile.

Grâce à un big data potentiel de plus de 500 millions de dossiers médicaux et li-

bellés, grâce à l'exhaustivité des comptes rendus radiologiques archivés par les médecins radiologues des services d'imagerie médicale français depuis 5 ans, cet outil mettra une nouvelle technologie porteuse de progrès médicaux au service des patients.

Ce projet devra répondre au défi médical et technique que représente l'intégration de ce big data. Il devra aussi respecter les règles éthiques et législatives. Il permettra d'assurer l'indépendance de la radiologie française en respectant la culture de l'imagerie médicale francophone ainsi que sa vision humaniste afin que cette technologie de rupture place toujours le patient au cœur du système de santé.

Les initiateurs de ce projet, porté par le Conseil national professionnel de la radiologie française (G4), qui s'inscrit dans le chantier du plan français de développement numérique, ne doutent pas d'avoir le plein soutien de l'État Français. ■

<sup>1</sup> G4 : Collège des Enseignants de Radiologie de France (CERF) - Fédération Nationale des Médecins Radiologues (FNMR) - Société Française de Radiologie (SFR) - Syndicats des Radiologues Hospitaliers (SRH).

# V - INTERVENANTS

## **Pr. Jean-Michel BESNIER**

Pr. émérite de philosophie  
Sorbonne-Université.

*jean-michel.besnier@sorbonne-universite.fr*

## **M. François BLANCHARDON**

Président comité régional AURA  
FRANCE ASSOS SANTE

*fblanchardon@yahoo.fr*

## **Pr. Paul CHANG**

Université de Chicago  
Médecin radiologue

*pchang@radiology.bsd.uchicago.edu*

## **Dr. Alain FRANCOIS**

Président de l'Union régionale AURA  
Médecins Radiologues

*info@fnmr.org*

## **M. David GRUSON**

Chaire Santé Sciences Po Paris  
Ethik-IA

*gruson.david@yahoo.fr*

## **M. Aïssa KHELIFA**

Directeur commercial et marketing  
AGFA HEALCARE IT

*aissa.khelifa@agfa.com*

## **M. Cedi KOUMAKO**

Président de l'UNIR

*cedi.koko@gmail.com*

## **M. Christophe LALA**

Directeur général  
G.E.

*christophe.lala@med.ge.com*

## **Dr. Robert LAVAYSSIERE**

Vice-Président de la FNMR  
Médecin radiologue

*cab.lav@wanadoo.fr*

## **M. Jean-Baptiste LEPRINCE**

Directeur Services  
SIEMENS HEALTHINEERS

*jean-baptiste.leprince@siemens-healthineers.com*

## **Dr. Jacques LUCAS**

Vice-Président du CNOM

*lucas.jacques@cn.medecin.fr*

## **M. Antonin MARCAULT**

PHILIPS

Innovation & New Business  
Développement Manager

*antonin.marcault@philips.com*

## **Dr. Jean-Philippe MASSON**

Président de la FNMR  
Médecin radiologue

*info@fnmr.org*

## **Pr. Jean François MEDER**

Président de la SFR  
Médecin radiologue

*jf.meder@ch-sainte-anne.fr*

## **M. Florent PARMENTIER**

Expert en géopolitique Européenne  
Sciences Po Paris

*florent.parmontier@sciencespo.fr*

## **Pr. Luc SOLER**

Président visible patient  
IRCAD

*luc.soler@ircad.fr*

**M<sup>e</sup> Laure SOULIER**

Avocate

Cabinet Auber

*lauresoulier@cabinetauber.fr*

**M. François VORMS**

CANON

*Directeur général*

*francois.vorms@eu.medical.canon*



Directeur de la publication : Dr Jean-Philippe MASSON

Mise en page : Marc Le Bihan  
Edition . Secrétariat . Publicité rédaction . Petites annonces  
EDIRADIO – S.A.S. au capital de 40 000 €  
Téléphone : 01 53 59 34 01 . Télécopie : 01 45 51 83 15  
168 A, rue de Grenelle 75007 Paris

[www.fnmr.org](http://www.fnmr.org) E-mail : [info@fnmr.org](mailto:info@fnmr.org)

Président : Dr Jean-Philippe Masson

ALBEDIA IMPRIMEURS  
Z.I. Lescudilliers . 26 rue Gutenberg . 15000 Aurillac  
Dépôt légal 4<sup>ème</sup> trimestre 2018

Octobre 2018





Depuis la découverte des rayons X, l'histoire de la radiologie a toujours été rythmée par l'innovation technologique ; échographie, scanner, IRM, PACS, téléradiologie, etc. Aujourd'hui, une nouvelle étape s'annonce avec l'Intelligence Artificielle (IA). Rupture, révolution ou simple évolution ? Intelligence artificielle ou augmentée ? Quel en sera l'impact sur le médecin radiologue ?

L'IA conduira-t-elle à la consitution de base de données échappant au contrôle des médecins et des patients ou permettra-t-elle d'améliorer la connaissance, les applications médicales au bénéfice d'une médecine personnalisée ?

L'IA risque-t-elle de remplacer le radiologue ou au contraire libèrera-t-elle ses moyens diagnostiques et thérapeutiques au bénéfice d'une relation médecin radiologue patient renouvelée ?

Beaucoup de questions que les experts, invités par la FNMR à l'occasion de son séminaire à Lyon, le 2 juin 2018, ont soulevées apportant les premières réponses qui tracent le chemin pour les années à venir.



ISBN-13: 978-2-9558316-1-8

