

Société

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET SANTÉ : L'INÉVITABLE ET LA PROMESSE

Medhi Benchoufi

11/05/2017

Si les technologies numériques, notablement médiées par internet, sont un bouleversement de nature paradigmatique, la vitesse d'évolution des technologies et la démocratisation à la fois de leurs usages et de leurs conceptions exigent une adaptation rapide sous peine de voir les acteurs historiques du système de santé, garants de son accès juste et équitable, assister impuissants à la reformulation complète des enjeux sanitaires et des pratiques médicales. Le point avec Mehdi Benchoufi, chef de clinique à l'Hôpital Cochin-Hotel Dieu, épidémiologiste et responsable du projet echOpen.

Au cœur des évolutions technologiques, l'intelligence artificielle (IA) fait figure de pointe avancée et est aussi bien un principe d'évolution de l'homme avec et par la machine. Il est difficile d'en prendre la mesure tant les implémentations récentes de l'IA empruntent davantage à des fantasmes devenus bien réels qu'à une réalité augmentée de quelques innovations logicielles. À ce jour, nous pouvons affirmer sans audace que l'IA impactera notre système de santé dans toutes ses dimensions, transformera les pratiques, redéfinira les rôles de chacun des acteurs du systèmes de soins et en verra émerger de nouveaux. En effet, elle concentre les espoirs d'une médecine de précision, individualisée, plus sûre autant qu'elle est, pour certains idéologues de la Silicon Valley, l'horizon téléologique et la substance active d'une évolution imminente de l'humanité.

Quelques repères au sujet de l'intelligence artificielle

Les origines de l'IA sont souvent situées aux alentours des années 1950. Les conférences Macy posent les pierres fondatrices de la cybernétique, la "Mother of All Demos" de Douglas Engelbart fascine, les premières machines de Boltzmann sont inventées quelques années plus tard, le premier perceptron codé, celui-ci étant l'ancêtre des réseaux de neurones auxquels on doit des résultats récents particulièrement spectaculaires dans le domaine de la santé. Indiquons, pour mémoire, que Leibniz, esprit d'une fécondité exceptionnelle, abondant son intelligence dans autant de domaines que les mathématiques, la physique, la philosophie, jette dès 1666 dans sa thèse *Dissertatio De Arte Combinatoire* les fondements d'une méthode permettant de générer des idées

nouvelles de façon computationnelle. L'on pourrait aussi bien évoquer Léonard de Vinci et ses machines-automates, ou encore la Zairja des arabes qui au XIV^e siècle pensaient pouvoir décomposer de façon systématique les questions afin de générer de façon automatisée les réponses congruentes.

Pourtant, il faudra attendre le début de ce siècle pour commencer de voir se réaliser le potentiel des techniques d'IA. Ceci a pour fondement l'extraordinaire production de données massives dont internet a été l'organe véhiculaire et le potentialisateur. Ainsi, des techniques informatiques dites de *Machine Learning* ont pu se développer en faisant ingérer aux machines des quantités gargantuesques de données qui en retour ont permis aux algorithmes de s'affûter et d'augmenter leur faculté prédictive.

Notre propos n'est pas de discuter les termes d'une définition canonique de l'IA mais plutôt d'en esquisser la portée et de mettre en perspective son potentiel d'application dans le champ sanitaire.

Nous dirons que l'intelligence artificielle est un ensemble de méthodes algorithmiques visant à assurer l'exécution automatisée de tâches complexes effectuées par l'homme dans l'exercice de ses fonctions cognitives. On y trouvera un désir mimétique (girardien) dans l'atteinte de performances attachées habituellement à l'homme mais aussi leur amélioration, voire leur dépassement.

Car il importe de concevoir que, depuis bien longtemps, les machines ne sont plus un agencement de câbles et de silice aux ordres de leur programmeur, puisque précisément l'intelligence artificielle s'appuie largement sur le *Machine Learning*, consistant en un apprentissage centré sur des jeux de données. En somme, les machines apprennent, à partir de données qu'elles compilent. Ce *learning* est efficace à mesure des masses de données qu'elles ingèrent.

Si nous devons apprécier les capacités comparées de l'homme et de la machine, l'on peut dire que tous deux peuvent intégrer une base de connaissance, ce qui relève de capacités computationnelles classiques, et tous deux peuvent utiliser cette base de connaissance, en recueillir les données d'usage – c'est la notion de *feedback* – et ainsi acquérir ce que l'on appelle communément de l'expérience. Pour le dire plus rapidement, l'algorithme est le gène, et le dataset d'entraînement l'épigène, ou l'environnement épigénétique. Ainsi, la somme de la puissance computationnelle et de l'aptitude à engranger de l'expérience rapproche l'horizon des facultés douant les machines de celles de l'homme.

C'est ici que l'on peut pressentir les accents anthropologiques dont l'intelligence artificielle peut

être le vecteur. Car nous verrons, dans ce phénomène d'apprentissage, le transfert organisé des compétences et de l'expérience depuis l'homme vers la machine. Au fond, tout cela s'inscrit dans la continuité du besoin anthropologique qu'éprouve l'homme d'externaliser ses facultés, prolongeant ses compétences motrices par celles des machines, avant peut-être demain de leur transférer la pensée.

Un aperçu des IA en action

Nous ne pouvons ici épuiser l'étendue du potentiel des IA et des applications réalisées ou attendues. Sont aujourd'hui conçues des IA jouant à des jeux vidéos dont elles ignorent les règles mais qu'elles déduisent, des IA l'emportant sur l'homme pour des jeux tel le go, réputé mobiliser des facultés cognitives supérieures. L'amélioration spectaculaire du moteur de traduction "Google Translate" est l'instance d'une IA dont il apparaît, sans même qu'elle n'ait été programmée à cette fin, qu'elle ait développé une sorte de méta-langage propre lui permettant d'assurer et de développer ses facultés d'interprète. Certaines équipes travaillent à la conception d'IA capable de transformer le croquis quelconque d'une machine inventée en un plan de machine imprimable en 3D.

Dans le domaine qui nous intéresse, la santé, les mises en œuvre d'IA sont nombreuses et semblent de plus en plus performantes. Google a développé une IA permettant la lecture automatisée des fonds d'œil des sujets diabétiques. Les performances sont sans appel : une sensibilité d'environ 90% et près de 100% de spécificité. Le même Google s'est invité dans le champ de l'anatomopathologie : l'anatomo-pathologiste est l'ultime juge pour porter un diagnostic, et ce aux moyens d'images de prélèvements d'organes. Sa responsabilité est majeure et la lecture, parfois non consensuelle, des images qu'il traite est complexe : le taux de concordance pour un même diagnostic porté par des médecins différents est faible, à peine 50%. Or, dans le cadre d'un travail portant sur le cancer du sein, les algorithmes de Google sont parvenus à localiser correctement les tumeurs dans 89% des cas, *versus* 73% pour les anatomo-pathologistes. Bénéfice collatéral, le diagnostic de la machine, rapporté au temps de traitement d'un expert, est quasi-instantané.

Nous pourrions multiplier les exemples, allant de la détection des mélanomes à partir d'images de grains de beauté prises par un smartphone à l'analyse automatisée de la littérature scientifique en vue de suggérer des choix thérapeutiques, en passant par des dispositifs de veille épidémiologique prédictive. Mais essayons de nous figurer plus avant comment les IA vont, à terme, configurer voire conformer le fonctionnement de notre système de santé.

Un médecin diminué par une médecine augmentée ?

Holterisation de la médecine: l'examen clinique n'est plus le moment singulier du recueil des symptômes

L'examen médical est un moment particulier où le patient se raconte et le médecin investit dans un fameux colloque que l'on dit singulier, et qu'il va l'être encore davantage du fait de la numérisation croissante du contexte dans lequel survient l'entretien médecin-patient : consultation du Vidal en ligne, consultation de conférences de consensus, saisie en ligne du dossier patient... Le patient lui-même se présente souvent au médecin armé d'une masse d'informations médicales consultées sur internet. Internet, ou plutôt les informations qui y sont recueillies, remédient ainsi les rapports entre médecins et patients, dans un équilibre nouveau travaillé par la technologie. L'IA amplifie ce mouvement et il y a fort à parier que, dans un futur proche, le patient se présentera à son médecin avec son dataset, fruit de la collection de données de divers objets connectés, médicaux ou pas. Ces objets connectés, au premier rang desquels le smartphone, produisent une quantité considérable de données, et ce dans des contextes fortement typés (via des méta-data) : sport, lecture, sommeil, situation de stress physique ou environnemental, dynamique sociale... Le suivi des symptômes peut se faire en temps réel et de façon contextuelle, permettant d'apprécier plus finement l'impact des comportements, de l'environnement sur leur évolution. Plus avant, qu'il s'agisse de l'effet de la musique monitorée sur les plates-formes de *streaming* en ligne, du stress sonore ou de la pollution *via* des capteurs embarqués, des interactions sociales *via* le graphe social, la médecine dispose donc de nouveaux jeux de paramètres pour améliorer le recueil, le suivi, l'évaluation des manifestations physiques ou physiologiques qui ne sont plus le temps exclusif de l'examen clinique, et pour approfondir ce que sont les déterminants de la santé.

Ce *monitoring* permanent rend compte d'une sorte de holtérisation de la médecine, au devant de laquelle se situent des communautés de patients, émettant des données de toute nature, se rassemblant autour de forums, de plates-formes de partage de données, ou d'outils de *self quantify*.

Automatisation, robots conversationnels et innovation thérapeutique à pharmacopée constante

Entre patients et médecins, les technologies font donc irruption avec d'autant plus d'impact qu'elles sont douées d'IA et, parmi les promesses annoncées, certaines devraient se concrétiser

sans difficulté sous la decade : diagnostic automatisé en imagerie, en histologie, suivi des signaux faibles en épidémiologie, croisement des data cliniques et des thérapeutiques pour une médecine personnalisée à pharmacopée constante. Ce dernier point est important en ce qu'il annonce que les masses de données domestiquées par des IA permettent de concentrer une partie des efforts de recherche sur une meilleure connaissance de la physiologie humaine, de l'évolution des maladies, de leurs déterminants environnementaux, de leurs manifestations physio-pathologiques, promettant une personnalisation de la prise en charge en employant des thérapeutiques déjà connues.

Indiquons par ailleurs que se développe rapidement une tendance dans les services web : les "bots", soit des entités algorithmiques qui prennent le rôle d'assistants personnels et avec lesquels l'interaction se fait selon un langage libre, augurant l'augmentation d'une médecine personnalisée par une façon de médecin personnalisé. Recherche d'informations, de prise de rendez-vous, secrétaires virtuels, tri et orientation des patients en premier recours sont autant de possibilités. Ici, le spectre de la redéfinition du rôle des médecins et de la délégation de tâches concurrentes plus que concourantes entre médecins et machines suscite l'inquiétude. Néanmoins, voyons dans la nouvelle donne technologique une opportunité de compléter la qualité de la prise en charge médicale.

Le Deep Patient

L'on peut escompter des IA, dans la part qu'elles prendront dans l'assistance du diagnostic ou des choix thérapeutiques, qu'elles permettent d'améliorer la prise en charge des patients en anticipant l'évolution de leur maladie. Dans ce sens, l'application de techniques dits de "réseaux de neurones profonds", ou *Deep Learning*, permettent de concevoir à partir des données de dossiers-patients un modèle dit de *Deep Patient*, capable de prédire avec finesse l'évolution de la maladie et donc d'adapter la prise en charge, inaugurant ainsi l'ère d'une médecine personnalisée et prédictive. Bien entendu, la nature même d'une médecine qui se voudrait prédictive interroge en ce qu'elle nous prémunirait au plus tôt des maladies autant qu'elle serait une façon de "pathologisation" du normal. En effet, les évolutions de l'IA font craindre une sorte de médecine permanente, où la logique de bien-être serait l'occasion de médicaliser le quotidien de chacun, la normalité devenant un pré-symptôme de la maladie, où l'on reculerait la frontière de la mort en avançant la définition la maladie. Et tout cela est congruent avec la motivation économique d'acteurs privés, ayant intérêt à pousser la consommation de biens de bien-être ou de santé.

Les conséquences médicales, sociétales, éthiques sont profondes et méritent d'être analysées avec soin. Il s'agit d'ailleurs aujourd'hui de hisser ces questions dans un débat public de premier

plan, d'en démocratiser l'accès, d'en démystifier les termes souvent techniques, afin que les usagers du système de santé, les associations de patients, les pouvoirs publics puissent en discuter les évolutions, en mesurer les apports et en anticiper les dérives.

Plus généralement, les questions éthique et juridique, notamment celle relative à la médecine prédictive ou augmentée, à la robotisation, et corrélativement à la responsabilité des algorithmes, nous paraissent devoir pénétrer l'esprit des décideurs et en pratique intégrer le parcours sinon de formation, au moins de sensibilisation des professionnels de santé.

La réorganisation du tissu sanitaire

Un système de santé plus efficient

La réduction des coûts par des machines qui parallélisent massivement leur tâches, qui ne se fatiguent pas et dont les capacités de traitement, n'étaient-ce les pannes, ne connaissent que peu de variabilité, est un élément qui ne manquera pas d'éveiller l'attention des autorités sanitaires. De plus, l'on peut s'attendre que les IA entraînent une réduction substantielle des erreurs médicales, et donc des coûts en vies humaines et financiers qu'elles entraînent. Car, outre les performances intrinsèques des algorithmes, la reproductibilité de leur exécution ne dépend pas de facteurs aussi contingents que la fatigue de l'opérateur ou de sa formation.

Bien sûr, qu'il s'agisse d'automatisation et des économies qu'on peut en attendre, d'assistance à la décision médicale ou organisationnelle, la perspective d'une meilleure efficacité du système de santé semble raisonnablement accessible. Cependant, dans cette transition technologique dont il importe dès aujourd'hui de lisser les impacts, notamment en termes d'emploi, il convient de rapporter l'évidence des économies escomptées aux investissements nécessaires, d'une part pour faire migrer l'ensemble de l'architecture actuelle vers un écosystème fortement numérisé et monitoré dont dépend en retour l'entraînement et donc la qualité des IA, et d'autre part pour assurer la formation et l'*upscaling* des compétences, à effectifs que l'on espérera aussi constants que possible.

L'hôpital dans le *cloud*, *Hospital as a platform* : un modèle d'organisation et un modèle économique

Au plan organisationnel, il n'est plus invraisemblable que, hors les cas d'urgence, une large partie des actes médicaux relèvent à terme d'une médecine de dernier recours, après que des dispositifs

connectés, opérés par des IA, ont filtré le grain de l'ivraie, la normalité physiologique des symptômes. Le mouvement de fond de la miniaturisation des outils diagnostics, au point de voir l'ensemble des objets connectés, au premier rang desquels le smartphone, comme une sorte de laboratoire d'analyses médicales distribuées (une publication récente de *Nature* rapporte les performances diagnostiques spectaculaires d'une application mobile dans la détection du mélanome), augure d'une rupture radicale dans l'organisation même des soins. L'hôpital et le cabinet du médecin ne seront plus les lieux privilégiés de la médecine de demain et doivent se réinventer.

En poussant plus avant la logique, l'hôpital pourrait devenir à terme un tiers lieu, intégré dans un ensemble profondément décentralisé, puissamment monitoré par des IA, dont les fonctions premières seraient de nature interventionnelle et dont la fonction support, y compris l'opération diagnostique, basculerait dans le *cloud*. En effet, l'explosion des objets connectés conjuguée à l'évolution des IA permet d'envisager que l'hôpital offre une partie de ses services cliniques en ligne : les data recueillies par les objets connectés étant analysées *via* des API (*Application Programming Interface*) et renvoyant une conduite à tenir pour le professionnel de santé ou directement pour le patient. De plus, nous verrons dans un tel modèle l'opportunité de monétiser des services : diagnostic à distance ou concernant des acteurs privés, entraînement des IA sur les données du système de soins.

De façon corrélative, l'accompagnement éthique de ces évolutions est essentiel car le courant naturel, notamment évangélisé par les idéologies de la *Silicon Valley*, pousserait le corps humain à devenir l'objet à connecter aux machines: nous passerions, au fond, d'un corps examiné à un corps connecté.

L'IA et son schéma métabolique

Une médecine *data-driven*

Dans la médecine qui vient, la data est produite tout le long du système, par les structures de soins, les professionnels de santé, les patients; elle est recueillie par des capteurs au plus proche de leur émetteur, au plus proche des patients, demain introduites dans le corps même du patient, et en retour ces données éduquent, améliorent les algorithmes d'IA et permettront demain à des robots, situés eux aussi au plus proche des sources de données, d'assurer un service parfaitement individualisé, annonçant même la détection de pré-symptômes, les patients étant notifiés dans le même temps de la conduite à tenir. Ainsi, les IA permettent d'une part d'automatiser une assemblage complexe de tâches élémentaires et, d'autre part, de développer les bases d'une

médecine personnalisée et prédictive. Il nous semble critique de noter que, dans ce schéma où la data est métabolisée au point de produire une rétro-action médiée par un robot et où se joue la médecine de demain, les acteurs institutionnels sont aussi absents que les GAFA stratégiquement positionnés. En effet, les géants technologiques ont un intérêt marqué pour la santé, notablement vectorisé par les objets connectés. Pour le moment, ils nichent leur modèles autour du bien-être, dont la distinction d'avec la santé n'aura précisément plus de sens étant donnée la faculté prédictive dont seront dotées les IA. L'investissement des GAFA dans les objets connectés, leur activité de rachat de start-ups de domotique représenteront à terme une façon de sortir la médecine de l'hôpital, la contourner et l'individualiser depuis des applications servicielles dans un contexte qui du reste ne sera pas nécessairement "typé santé".

À revoir

Il n'est pas trop rapide d'avancer que, jusqu'à la seconde moitié du XX^e siècle, le *hardware* a structuré les différenciations qualitatives des objets industriels, après quoi le *software* s'est imposé. Dans l'économie qui vient, l'élément qui confèrera un avantage compétitif sera le dataset d'entraînement qui définira en retour la qualité logicielle. À l'image des individus, c'est l'éducation par les datasets qui confèrera la qualité logicielle de la machine.

C'est en ce sens que la bataille pour la maîtrise de la donnée est si stratégique et qu'il appartient à nos institutions d'en saisir la portée. Sur un plan plus régalien, notre souveraineté en dépend et, dans le contexte de la santé, se joue quelque part autour de l'IA la maîtrise démocratique des choix qui structureront notre système de santé.

L'IA et la formation des machines

La maîtrise de la donnée suppose donc que l'on assure la qualification des logiciels par leur entraînement *via* des données massives. Pour cela, il s'agit de mettre autant de soin dans la formation des hommes que dans celles des machines. Si la formation médicale s'appuie largement sur le compagnonnage, les machines devraient être intégrées à ce schéma de transfert de connaissances. En effet, les performances des IA qui équipent les machines s'améliorent à mesure qu'elles sont nourries en données, lesquelles correspondent à la conversion immatérielle de l'expérience du médecin, du patient ou de tout acteur institutionnel du système de santé. Assurer cette fonction de transfert d'expérience de l'homme vers la machine sera un moteur essentiel pour hisser les performances prédictives des IA et, en retour, atteindre les performances médicales qu'on leur suppose. Plus globalement, c'est ici que nous situerons l'enjeu d'une "monitorisation" massive de l'ensemble du système sanitaire, soit autant de capteurs équipant les dispositifs

médicaux, récoltant les paramètres physiologiques de patients munis d'objets connectés, métabolisant de façon immatérielle l'expérience des professionnels de santé pour renvoyer des données essentielles au pilotage de l'ensemble du dispositif sanitaire. Cette activité d'apprentissage devrait être une des activités majeures des acteurs publics.

Des professionnels de santé digérés par l'IA ?

Le plombier polonais du futur est-il la machine ? En tout cas, davantage que la machine est le futur du plombier polonais. Car s'il est un domaine dans lequel les angoisses de grand remplacement peuvent trouver un rationnel, c'est précisément dans l'absorption-exécution par les machines de tout travail décomposable en tâches répétitives. La substitution du travail humain par des tâches exécutées voire commandées par des machines fait craindre légitimement une mise à l'écart des compétences humaines.

Dans le monde de la santé, ceci ne se réduira pas à l'espace des fonctions logistiques ou support, et une bonne attitude d'esprit consiste à considérer que tous les métiers seront, aussi intensifs soient-ils en termes de mobilisation de faculté que l'on penserait cognitives donc supérieures, en partie à portée de machines. L'intelligence artificielle reculerait ainsi la menace des maladies pour l'avancer sur le front de l'emploi dont certains craignent qu'elle ne cause l'extinction.

Selon les études, de 15% à 50% des métiers devraient être uberisés. Qu'il s'agisse des professionnels de santé, des techniciens, des métiers logistiques, administratifs, tous devraient être profondément impactés par les technologies d'intelligence artificielle. Mais si la prise en charge médicale n'est pas réductible à des arbres décisionnels, aussi complexes soient-ils, la cadence des évolutions technologiques est telle qu'il est difficile de prévoir les métiers imminemment menacés par des machines et il n'est hélas pas encore d'IA pour faciliter cet exercice qui relève encore aujourd'hui de la divination.

Il est critique pour notre système de santé de s'adapter et de doser les bénéfices potentiels de l'application de ces technologies aux risques de substitution d'emploi qu'elles n'exagéreront qu'à la mesure de notre impréparation.

En réalité, la réinvention des métiers devraient être l'occasion d'hybrider les capacités de l'homme et de la machine, complétant avantageusement la faculté de synthèse du premier par la capacité computationnelle et prédictive du second. Cet assemblage donne naissance à la notion de Centaure. En effet, après que Gary Kasparov, le bouillonnant champion du monde d'échecs des années 1990, a été défait par Deep Blue, l'intelligence artificielle d'IBM, des équipes composées de

couples homme-machine ont été constituées et il est alors significatif que le couple homme-machine bat la machine seule.

Dans le même esprit, rebondissons sur l'exemple cité plus haut relatif à la lecture d'images anatomo-pathologiques, puisqu'il manifeste bien l'intérêt pour l'homme et la machine de s'associer. Il apparaît que la possibilité pour l'expert de détecter des faux positifs est faible, cependant que cette probabilité est plus importante pour la machine et, à l'inverse, la machine semble pouvoir mieux éviter les faux négatifs. Gageons alors que la complémentarité homme-machine peut faire émerger un couple efficace. Plus loin, certains voient dans cette collaboration le point de départ d'une hybridation inévitable de l'homme et de la machine, refoulant les frontières des capacités physiologiques de l'homme et ce jusqu'au point de singularité, soit "la mort de la mort" – c'est là le credo du courant transhumaniste.

Conclusion

Au total, nous verrons dans l'intelligence artificielle davantage qu'une nouvelle donne technologique dont il faudrait intégrer les opportunités, mais plutôt une transformation radicale de l'ensemble de notre système de santé. En synthèse, c'est la fin de l'unité de temps, puisque réel, de lieu, puisque distribué, et d'action, puisque anticipée.

Au fond, la question est donc de savoir qui sera à la manœuvre de la conduite du changement :

- s'agira-t-il d'une adaptation subie à des changements menés par des acteurs technologiques dont la maîtrise des data et le savoir-faire algorithmique les imposent comme incontournables dans la santé de demain ? Au premiers rangs de ceux-là, nous visons les GAFAs, actuels et à venir. Ces derniers disposent en effet des moyens de méthodes et de technologies pour devancer nos institutions dans l'offre de services de qualité sans pour autant offrir la moindre prise démocratique. Ceci est du reste inquiétant tant du point de vue social que sociétal, étant donné le pouvoir de conformation que les technologies ont pris sur nos vies.
- ou bien notre système de santé sera-t-il en mesure d'anticiper les mutations en cours, d'acter le principe de ce que nous entrons dans une ère de rupture technologique permanente, et alors faire évoluer son mode de fonctionnement vers l'agilité nécessaire, conjuguer le formidable potentiel de ses ressources humaines et des données massives qu'il produit au quotidien, de situer la veille stratégique au cœur de ses priorités, réaliser le potentiel sanitaire de l'immense transformation numérique en cours, et ainsi assurer l'évolution vers un système moderne, plus sûr, efficient et juste ?

Contrairement aux autres secteurs industriels ou de services qui sont exposés à une déferlante technologique d'une ampleur inégalée – qui impose en quelques années de jeunes start-ups dans des secteurs maintenus par des rentes historiques –, les acteurs institutionnels de la santé sont abrités par un microclimat réglementaire qui leur assure une certaine résilience face aux coups de bélier de jeunes pousses, qui porteront des innovations majeures, et leur confère un temps d'adaptation supplémentaire. Mais ce temps est précieux et il s'agit de l'employer avec discernement.