

INNOVATION



REGARDS CROISÉS SUR **_L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE_**

Lionel Gastine - Urbanova
François Mayssal - Quam Conseil
Nicolas Nova - Near Future Laboratory
Mars 2019

GRANDLYON
la métropole

SOMMAIRE

IA - ÉLÉMENTS DE DÉFINITIONS	p.4
Glossaire complémentaire	p.9
L'IA EN ACTION SUR LA MÉTROPOLE DE LYON	p. 10
Interviews	p. 12
Frédéric Droin , directeur R&D & Thierry Mazoyer , directeur Innovation / ACOEM Group.....	p. 12
Pierre Arnal , Vice-Président/ADDACTIS Group.....	p. 14
Jean-Christophe Bernadac , directeur du SII & Delphine Maucort-Boulch , cheffe service BioS-Biol/HCL.....	p. 16
ENJEUX SOULEVÉS PAR L'IA	p. 18
Interviews	p. 20
Amélie Cordier , directrice scientifique/Hoomano	p. 20
Renaud Champion , président/AIM institute - Emlyon business school	p. 22
Yann Briand , chargé de projets R&D/IRT SystemX.....	p. 24
Rachel Maguire , directrice de recherche/Institute for the Future	p. 26
PERSPECTIVES INTERNATIONALES	p. 28
Interviews	p. 30
Christian Katzenbach , Senior Researcher/Institute for Internet and Society.....	p. 30
Gabriele de Seta , anthropologue des médias.....	p. 32
BIBLIOGRAPHIE	p. 34

Coordination :

Nicolas Leprêtre, Direction de la prospective et du Dialogue Public (DPDP)
Clément Jourdan et Thibaut Banière, Direction de l'innovation et de l'action économique (DIAE)

Rédaction :

Lionel Gastine (Urbanova),
François Mayssal (Quam Conseil),
Nicolas Nova (Near Future Laboratory)

Réalisation :

Nathalie Joly (DPDP)

Remerciements :

Nous remercions toutes les personnes qui ont été interviewées dans le cadre de cette étude pour leur témoignage et leur disponibilité.

Édition Mars 2019

Crédit illustration de couverture : AdobeStock

PRÉAMBULE

À l'occasion de la première année où l'intelligence artificielle est présente au salon SiDo 2019 (salon lyonnais rassemblant les professionnels de la robotique, des objets connectés et de l'intelligence artificielle), la Direction de la prospective et du dialogue public (DPDP) et la Direction de l'innovation et de l'action économique (DIAE) de la Métropole de Lyon ont souhaité proposer une analyse des enjeux qui entourent l'intelligence artificielle (IA). Deux motivations ont guidé ce document.

Tout d'abord, bien que les études relatives à l'IA se multiplient depuis quelques mois, la définition de ce qui constitue une intelligence artificielle n'est pas toujours clairement posée. C'est en ce sens que nous proposons en premier lieu un retour sur l'historique de cette notion, des techniques et méthodes associées à l'IA et des différentes formes qu'elle peut prendre.

Ensuite, alors que l'IA est souvent présentée comme une technologie du futur, nous avons souhaité rentrer dans le concret et questionner des acteurs du territoire, ainsi que des experts, sur la vision qu'ils ont toutes et tous de l'intelligence artificielle. Cette sélection d'entretiens n'est pas forcément représentative de l'ensemble des forces vives du territoire en matière d'IA. Celle-ci donne plutôt à voir quelques cas d'étude sur une variété de secteurs et domaines (industrie, santé, management, etc.). Il en ressort que, bien plus qu'un concept abstrait qui est supposé bouleverser le futur, l'IA est déjà présente et concrète pour de nombreuses entreprises du territoire et dans les stratégies nationales et privées à l'étranger. Nous laissons donc la parole à des personnes qui se confrontent quotidiennement à la thématique de l'intelligence artificielle, afin de mettre en avant les services qui sont déjà fournis et les enjeux à venir.

À travers ce document, la Métropole de Lyon souhaite apporter au territoire un regard original sur l'intelligence artificielle qui permettra aux acteurs économiques de s'approprier les transformations en cours dans ce domaine.

I.A. - ÉLÉMENTS DE DÉFINITION

Si le terme d'« intelligence artificielle » (IA) est revenu à la mode ces dernières années, son utilisation reste pourtant ambiguë du fait des multiples sens auquel il renvoie.

Historiquement, il désigne en premier lieu l'objectif scientifique, puis la discipline née dans les années cinquante, qui cherche à comprendre l'intelligence humaine, en particulier les opérations d'apprentissage, de mémorisation, de raisonnement ou de résolution de problèmes¹. L'IA décrit dès lors l'ensemble des techniques et méthodes mises en place par cette discipline visant à répliquer les méthodes de logique et de résolution de problèmes en s'inspirant de l'intelligence humaine. Bien que le développement des techniques d'IA ait été longtemps pris en charge par des laboratoires académiques ou de R&D privés, le regain d'intérêt actuel à ce sujet est principalement dû à l'activité d'entreprises – des GAFAM aux start-ups, en passant par des PME – qui s'appuient sur ces recherches pour proposer toute une gamme de services et de produits (reconnaissance vocale, aide à la décision, fouille de texte).

Pour d'autres, ce terme d'IA correspond à la reconstitution artificielle d'une intelligence propre, d'une conscience machinique. Cette seconde acception est l'objet de multiples craintes et de fantasmes. Elle repose sur une incompréhension de la première, mais aussi sur la dimension symbolique de l'intelligence et de l'artificialité, en lien en particulier avec les imaginaires techniques qu'elle convoque, nourrie de mythes antiques et de science-fiction².

À cette opposition – IA comme science et comme mythe contemporain – correspond une autre terminologie décrivant généralement l'IA. Le caractère plus ou moins ambitieux d'un objectif d'intelligence artificielle a amené la distinction entre une IA dite « faible » (ou parfois « **intelligence artificielle étroite** »), qui correspond aux techniques de simulation de l'intelligence humaine dans une tâche très spécifique et définie comme le fait de jouer au jeu de Go³, et une IA dite « forte » (ou parfois « **intelligence artificielle générale** »). Cette dernière serait plus générique et appliquerait de manière autonome ses capacités de raisonnement à n'importe quelle situation, répliquant en cela une sorte de « conscience humaine », soulevant la crainte de la dépossession. Si l'IA étroite est une réalité, l'IA générale relève plus de la science-fiction.

C'est de la confusion entre les deux acceptions de ce vocable que naît à la fois l'imprécision de débats actuels à propos de l'IA, mais certainement une part du succès de celle-ci. D'où l'intérêt de poser quelques éléments de définition. Une première manière d'aborder les choses consiste à décrire de façon pragmatique les différents moyens techniques mis en oeuvre dans l'IA.

Techniques d'intelligence artificielle

Parler de « techniques » ou de « méthodes » correspond à un principe simple : le fait d'enseigner à un programme (un système d'intelligence artificielle) quelle réponse donner à un ensemble de situations qu'il pourrait rencontrer. Les techniques sont donc au cœur de « l'intelligence » d'un système. La principale d'entre elles est l'**apprentissage automatique** (machine learning), terme qui désigne l'ensemble de techniques permettant à

1. Il existe d'ailleurs une norme ISO 2382-28 régissant cette définition : "La capacité d'une unité fonctionnelle à exécuter des fonctions généralement associées à l'intelligence humaine, telles que le raisonnement et l'apprentissage".

2. Pour une critique de ces acceptions et des fantasmes liés à la seconde, voir Ganascia, J.B. (2018). *Intelligence artificielle : vers une domination programmée ?* Paris : Le Cavalier Bleu.

3. Comme dans le cas du programme AlphaGo qui a appris à battre un humain au Go à partir d'une large base de données de parties et l'application de méthode de Deep Learning.

une machine d'apprendre automatiquement des comportements à partir de situations qui lui sont soumises, soit de manière supervisée, soit de manière semi ou non-supervisée. Dans le cas d'un **apprentissage supervisé**, des « instructeurs » humains indiquent à un système d'IA les résultats qu'on attend de lui pour des situations particulières qui lui sont soumises de manière à ce qu'il les reproduise. Ils définissent alors des règles à partir des exemples qui correspondent aux cas validés. Le système apprend en mesurant ses erreurs par rapport aux résultats souhaités, de manière à les minimiser par la suite⁴. À l'inverse, dans le cas d'un **apprentissage non-supervisé**, le système ne reçoit pas d'indications directes sur le résultat souhaité pour une situation particulière puisque l'on fournit les données les plus brutes possibles à celui-ci. Avec cette technique, le système va apprendre à traiter des situations nouvelles pour lesquelles il n'a pas été entraîné au préalable et à déduire une manière de les comprendre. Relevons que ces deux modalités d'apprentissage automatique peuvent être combinées.

Parmi l'éventail des techniques d'IA disponibles pour réaliser cet apprentissage automatique, les plus couramment citées sont l'approche connexionniste, et, historiquement l'approche symbolique.

L'approche **connexionniste** est inspirée du fonctionnement des neurones biologiques, dans le sens où le mode opératoire de ces programmes informatiques est schématiquement proche de celui des **réseaux neuronaux**. L'engouement actuel pour l'IA repose sur le renouveau de cette approche dans les dix dernières années du fait de la disponibilité croissante de données massives⁵ (**Big Data**) disponibles pour entraîner les systèmes, mais aussi grâce à l'accélération de la vitesse de calcul des processeurs; en particulier les fameux GPU⁶ : les IA connexionnistes peuvent donc calculer plus vite et améliorer leurs résultats si elles disposent d'une quantité massive de données. Pour marquer la nuance entre le connexionnisme des années 1980 et la situation actuelle, on parle aujourd'hui d'apprentissage profond (**Deep Learning**). Ce terme fait référence à la nouvelle organisation des réseaux de neurones artificiels impliqués dans cette approche, répartis en couche plus nombreuses. Il s'agit d'une technique particulièrement employée dans le cas d'applications de traitement automatique des langues⁷, de reconnaissance visuelle des visages et des objets, ainsi que dans le domaine médical. Un bon exemple de l'utilisation de cette technique est aujourd'hui le service de traduction automatique DeepL proposé par la société allemande Linguee⁸, capable d'identifier des nuances linguistiques très subtiles. L'efficacité de cette modalité d'apprentissage automatique est avérée, mais elle nécessite d'avoir à disposition une grande quantité d'exemples afin d'obtenir de bonnes performances. Elle implique également que les jeux de données n'offrent pas de biais, et au besoin d'avoir recours à des opérateurs humains, eux-mêmes victimes de biais, pour intervenir sur ces bases d'exemples.

4. Soulignons que les méthodes d'apprentissage supervisé occupent une place fondamentale dans les développements actuels, en particulier dans les secteurs où il faut éviter le déclenchement de "fausses alarmes" et de situations sans risques signalées par le système comme anormale (notamment dans les applications dans le domaine de la sécurité des biens ou des personnes).

5. Big data (relation de co-dépendance, ou de co-évolution entre IA et Big data) : néologisme qui désigne la situation nouvelle de production d'immenses volumes de données et des nouvelles techniques permettant de les traiter, pour par exemple repérer des corrélations entre des informations inattendues.

6. Graphical Processor Unit (GPU) : des processeurs à la base spécialisé dans le traitement graphique (en particulier dans la création de rendus 3D pour le cinéma et le jeu vidéo), dont les grandes capacités en calcul et l'architecture se prêtent bien à l'utilisation pour faire fonctionner des techniques d'apprentissage profonds.

7. Traitement automatique du langage naturel (Natural Language Processing) : techniques d'intelligence artificielle qui ont pour objectif de concevoir des logiciels permettant de comprendre le langage courant des humains, autant oralement qu'à l'écrit, qui n'est par nature pas présenté dans un format prédéfini contrairement aux langages de programmation informatique. Couramment employé dans les applications de reconnaissance vocale ou de traduction automatique, mais aussi dans la détection de courriers indésirables ou d'analyse de contenus en ligne.

8. <https://www.deepl.com/translator>



IA & neurosciences

Depuis son origine, l'Intelligence Artificielle a entretenu des liens avec les sciences du cerveau. En partie, car les recherches sur l'IA ont émergé du mouvement cybernétique à l'origine des sciences cognitives, et qu'il s'est construit sur une série de rencontres entre chercheurs de disciplines aussi variées que les mathématiques, la logique, la neurophysiologie, la psychologie ou l'économie. Parmi les échanges scientifiques du milieu du XX^e siècle, les croisements entre neurosciences, mathématique et ingénierie furent parmi les plus fructueux. Dès 1943, les chercheurs McCulloch et Pitts ont ainsi proposé de s'appuyer sur la métaphore de la cellule nerveuse pour créer des réseaux de neurones artificiels pouvant calculer n'importe quelle fonction arithmétique ou logique. Le principe général d'une telle technique repose sur la mise en réseau d'un ensemble de fonctions mathématiques dont le fonctionnement s'inspire de celui des neurones biologiques. Il faut souligner ici qu'il s'agit bien d'une approximation d'une véritable cellule nerveuse et de son fonctionnement physico-chimique, mais qui fournit un modèle pragmatique pour accomplir des tâches similaires à celles réalisées par le cerveau. Par exemple, les premières applications d'une telle idée datent de la fin des années 1950, avec un réseau nommé "Perceptron" de Frank Rosenblatt ; lequel pouvait reconnaître des formes visuelles, et même apprendre de celles-

ci. Si ce projet fut jugé prometteur au départ, le déploiement plus large de réseaux de neurones artificiels fut rare à la fois pour des raisons de limitations techniques à l'époque, mais aussi du fait de critiques de tenants d'autres techniques d'IA.

D'un point de vue historique, il est donc pertinent de constater que l'intérêt pour les réseaux de neurones ne s'est pas arrêté là, malgré les critiques à différentes époques, avec un renouveau dans les années 1980, mais surtout depuis une dizaine d'années. Plus largement, ce bref historique rappelle l'importance des fertilisations croisées entre disciplines académiques, et leur apport essentiel pour l'innovation technologique. Il faudrait aussi noter le fait que le déploiement des techniques d'IA favorise grandement les recherches en neurobiologie, en neuropsychologies, et plus largement au champ des sciences cognitives. Si l'IA peut contribuer à la résolution de problèmes et de tâches dans le secteur économique, elle peut également offrir des modèles de simulation, ou de comparaison aux systèmes biologiques, afin de mieux comprendre les fonctions cognitives que sont la mémoire, l'attention ou la perception. Et en retour, ces progrès dans le champ des neurosciences peuvent fournir des opportunités nouvelles dans le développement de techniques d'IA innovantes.

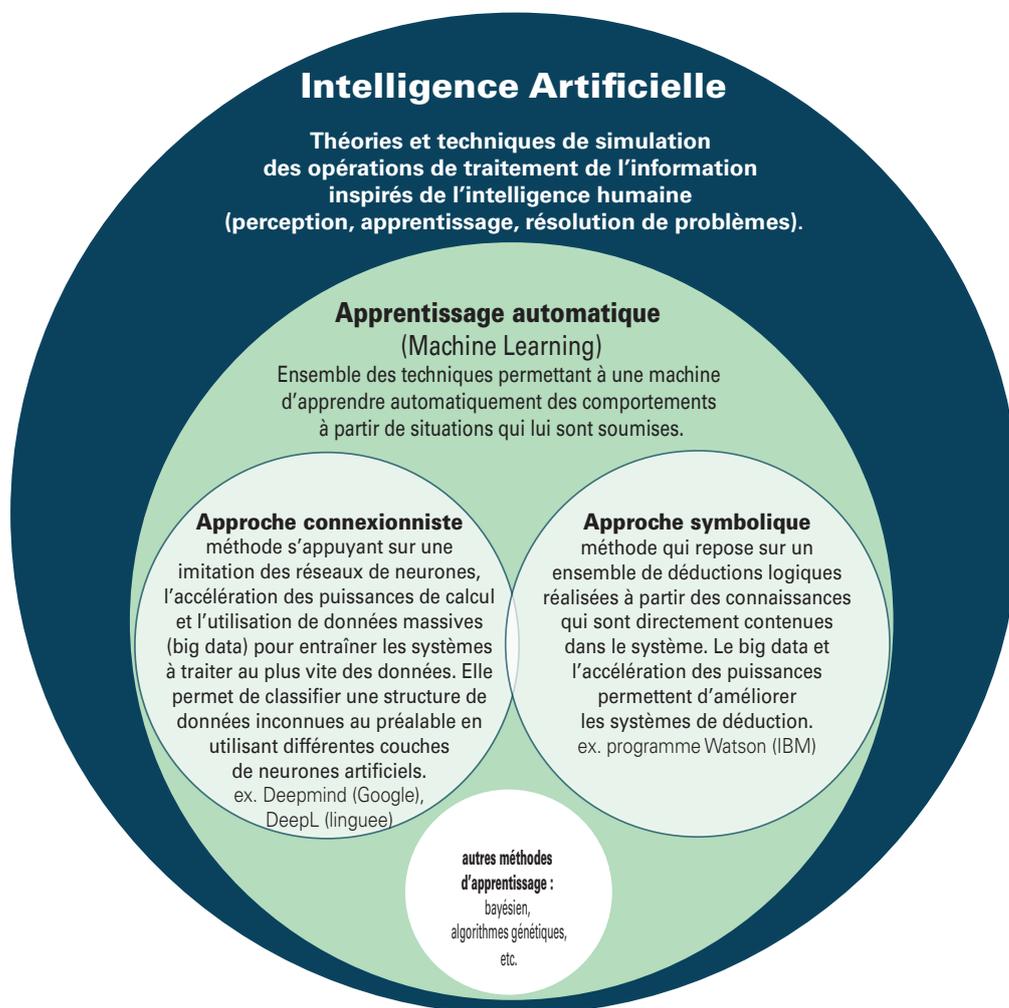
À cette première méthode, on oppose couramment une seconde **approche** dite **symbolique** (ou **cognitiviste**) qui dominait la recherche scientifique dans les années 1980 avant d'être supplantée par la méthode connexionniste (tout en restant pertinente aujourd'hui pour de nombreux usages d'IA). Contrairement au connexionnisme qui consiste à faire déduire un raisonnement à un système sans lui donner les règles, sur la base d'exemples qui lui sont présentés (apprentissage ascendant, **bottom-up**), le principe de cette seconde démarche est de reposer sur un ensemble de déductions logiques réalisées à partir des connaissances qui sont directement contenues dans le système. Pour le dire plus simplement, c'est comme si l'on encodait dans le programme le raisonnement à réaliser : à partir d'une question que l'on pose à la machine ou d'un problème que l'on lui soumet (une forme sur une image à reconnaître, un cas médical), le système va par exemple effectuer un raisonnement à partir de connaissances, sous la forme de « règles » ou de faits connus au préalable (ce que l'on appelait auparavant systèmes experts). C'est l'approche qui est employée dans le cas du projet d'**assistant virtuel** Watson d'IBM⁹, qui permet de répondre à des questions précises des utilisateurs en allant chercher des réponses dans une base de connaissances encodées dans son système. La difficulté d'une telle approche dite « **top-down** » provient du fait qu'elle nécessite d'encoder formellement les situations possibles, c'est-à-dire d'encoder des connaissances, notamment sous forme de règles comme dans l'exemple précédent. Une telle approche fonctionne dans certains

9. <https://www.ibm.com/cloud/watson-assistant/>

cas, mais là aussi des limites subsistent : comment anticiper les erreurs possibles ? Où s'arrêter dans l'encodage des connaissances ? Un problème classique de ce type de systèmes vient du risque d'« explosion combinatoire » qu'il comporte : à force d'ajouter des connaissances, l'ensemble devient difficile à prendre en charge par des machines même très performantes.

Si ces méthodes d'apprentissage machine sont très connues et mises en opposition l'une avec l'autre, elles sont loin d'être exclusives dans le champ de l'IA. D'autres approches existent et fonctionnent de manière tout aussi robuste tant d'un point de vue scientifique qu'au niveau des applications industrielles qu'elles ont permises. Pensons par exemple aux méthodes statistiques reposant sur le calcul probabiliste (**apprentissage bayésien**), au **data mining**¹⁰, ou encore aux méthodes évolutives de type « algorithmes génétiques ». Ces dernières reposent sur le fait de générer un grand nombre d'agents logiciels¹¹ et d'écartier progressivement les solutions les moins performantes, de combiner les plus efficaces jusqu'à arriver à une solution optimale.

L'intelligence artificielle c'est quoi ?



10. Data mining : techniques d'exploration de grandes quantités de données de manière automatisée pour en extraire des renseignements précis.

11. Agents : terme informatique qui désigne les programmes informatiques agissant de manière autonome. C'est par exemple le cas des bots (diminutifs de "robot" qui correspond à son pendant logiciel) sur Internet ; on pense en particulier aux "chatbots" (contraction du terme "chat" qui signifie bavarder et "bot") qui dialoguent avec l'utilisateur notamment sur le site en ligne d'une marque. Un agent est dit "intelligent" lorsqu'il est capable d'apprentissage grâce aux techniques de machine learning.

En outre, cette présentation rapide des techniques d'IA fait ressortir une autre distinction : si certaines approches permettent aux programmeurs et opérateurs humains d'accéder et de comprendre la façon dont l'information est traitée par le système (systèmes experts et symboliques), ce n'est pas le cas avec les réseaux de neurones (*Deep Learning*). C'est un enjeu de taille puisque l'approche connexionniste souffre de problèmes d'interprétabilité avec la création de « boîtes noires » qui ne permettent pas à un humain d'expliquer le résultat. On trouve ici une limite majeure de l'application du Deep Learning dans certains domaines de prise de décision « critique » (santé, gestion des risques). D'où les multiples débats actuels sur l'impératif d'explicabilité que différents organismes de régulation souhaitent imposer aux concepteurs de systèmes d'IA¹².

Enfin, comme l'a montré récemment le renouveau des méthodes connexionnistes, l'évolution des techniques d'IA est toute sauf linéaire. C'est la raison pour laquelle certains observateurs ont créé le néologisme d'« **hiver de l'IA** ». Celui-ci renvoie aux périodes de ralentissement des recherches dans le domaine de l'IA au milieu des années 1970, et au milieu des années 1990. Ces moments de désintérêts sont liés à un problème conjoint de perte de financement et de déception entre les attentes, les promesses des chercheurs ou de l'écho médiatique de l'IA et les réalisations tangibles. Pour autant, l'existence de ces « hivers de l'IA » ne doit pas laisser penser que le champ est resté en friche entre ces périodes, elles attestent plus d'une déception dans le grand public et auprès des investisseurs, mais pas forcément auprès des chercheurs qui ont continué explorer différentes pistes¹³. De plus, suivant les époques, des techniques sont plus ou moins à la mode que d'autres. C'est la raison pour laquelle on parle parfois de GOFAI pour « **Good Old Fashion AI** » pour désigner l'approche symbolique ; un terme qui témoigne du caractère ancien de cette approche, mais qui ne doit pas laisser penser que des techniques passées ne sont pas robustes et pertinentes.

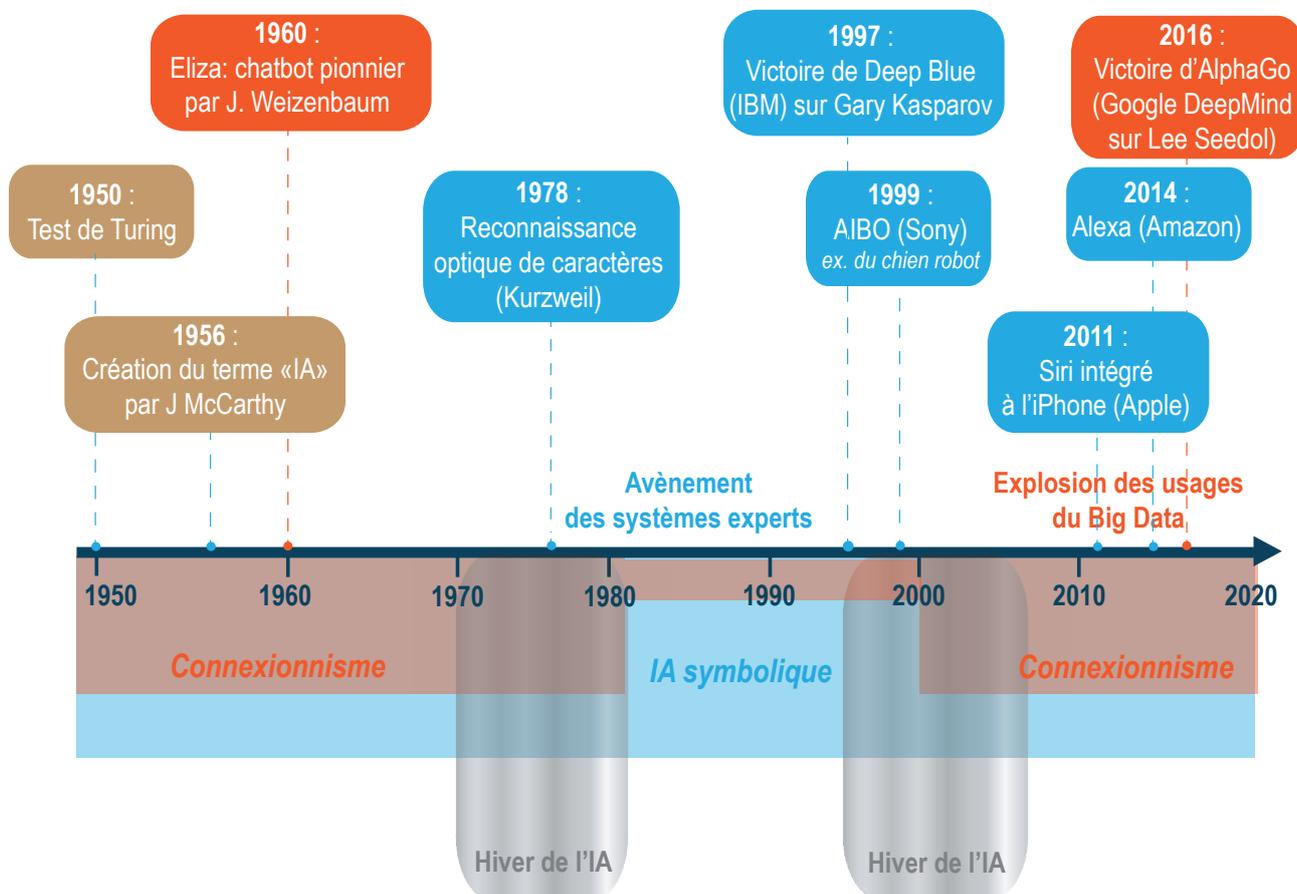
12. Voir à ce sujet le rapport AI Now (2018) et l'interview de J.-C. Bernadac et D. Maucort-Boulch dans ce document.

13. À cet égard, la persévérance de chercheurs tels que Yann Le Cun ou Yoshua Bengio dans le champ des réseaux de neurones artificiels est un cas d'école de travaux qui ont continué malgré le désintérêt pour ces techniques durant une décennie, et qui sont revenus en force depuis le début des années 2010. Cette persévérance vient d'ailleurs d'être récompensée puisque ces deux chercheurs et Geoffrey Hinton ont reçu le prix Turing 2018.

GLOSSAIRE COMPLÉMENTAIRE

- **Arbre de décisions** : méthode d'apprentissage supervisé qui repose sur l'analyse de l'ensemble de choix possibles représentés sous la forme graphique d'un arbre. Les différentes décisions possibles sont situées aux extrémités des branches, et sont atteints en fonction de décisions prises à chaque étape.
- **IA développementale** : champ de L'IA qui s'attache à construire une représentation du monde à partir d'une association progressive de connaissances. Il vise à associer les actions qui peuvent être effectuées sur le monde avec les conséquences perçues de ces actions (plaisir, douleur, ennui, fatigue).
- **Data science** : domaine multidisciplinaire qui utilise des méthodes, des processus, et des algorithmes pour extraire des connaissances et des idées de données sous diverses formes, structurées et non structurées, semblables à l'exploration de données.
- **Edge computing** : néologisme qui caractérise l'« intelligence » (pré-traitement du signal) au plus près de la source de données, par exemple dans des capteurs.
- **Centaure** : terme employé aux échecs pour faire référence à la collaboration humain/programme d'intelligence artificielle, dont les performances sont meilleures que celles d'un autre être humain ou d'un système d'IA.
- **Test de Turing** : protocole décrit par Alan Turing en 1950 et qui vise à tester la capacité d'une machine à imiter la conversation humaine. Il consiste à mettre un humain en confrontation verbale à l'aveugle avec un ordinateur et un autre humain, et à demander à la personne d'indiquer lequel de ses interlocuteurs est un ordinateur.
- **Vie artificielle** : champ de recherche interdisciplinaire visant à créer des systèmes artificiels s'inspirant des systèmes vivants, sous la forme de programmes informatiques ou de robots.

L'évolution des techniques d'IA



L'IA EN ACTION SUR LA MÉTROPOLE DE LYON

*En interrogeant trois acteurs du territoire métropolitain sur leurs projets d'application de l'IA, l'attente implicite était de recueillir des propos dans la tonalité « demain, on pourrait imaginer que... », le terme « demain » désignant un horizon de plusieurs années. Mais la réalité est bien différente, que ce soit pour les **Hospices Civils de Lyon (HCL)**, grand acteur du service public, pour **ACOEM** entreprise du secteur industriel et de la défense, ou encore pour **ADDACTIS** qui opère dans le domaine de l'assurance : l'IA y est intégrée à des produits parfois depuis plusieurs années de manière incrémentale, et les termes « algorithmes », « apprentissage supervisé », « data science » servent à décrire un champ de travail opérationnel, et non des notions à maîtriser.*

Trois exemples rapides illustrent cette opérationnalité : **ACOEM** met en œuvre l'IA pour l'analyse de l'acoustique et peut aller jusqu'à localiser les armes de snipers, **ADDACTIS** intègre l'IA à ses progiciels par exemple pour repérer des anomalies dans les réseaux de distribution d'assurances et les **HCL** travaillent à de nouvelles applications d'aide au diagnostic dans la suite de ce qu'apportent déjà les algorithmes dans l'imagerie médicale.

Ces trois acteurs ont un trait commun qui explique pour partie cette position avancée : que ce soit en matière de diagnostic médical, de maintenance préventive pour l'industrie du futur ou de gestion du risque pour l'assurance, ils sont tous trois confrontés directement à l'enjeu du prédictif et à la transformation d'une masse de données en une aide à la décision.

Mais ces trois exemples apportent aussi un faisceau d'explications « externes » au développement de l'IA. Tout d'abord, il y a des raisons pratiques qui permettent ce développement : les algorithmes utilisés sont désormais assez anciens, les travaux disponibles en open-source ont largement favorisé la diffusion des savoirs, et les grandes capacités de calcul nécessaires aux traitements de données en masse sont apportées conjointement par les progrès des processeurs et par le Cloud. Parallèlement, le souci de compétitivité, en termes de performance comme de coût de revient, a poussé à explorer les possibilités offertes par l'IA. Et enfin, les attentes des clients utilisateurs ont été tirées vers le haut par l'« expérience » que chacun de nous peut faire de l'IA dans les services offerts par les GAFAs, de la reconnaissance faciale au guidage dans le trafic automobile, incitant à développer des services similaires dans d'autres domaines.

Pour aucun d'entre eux, l'IA est considérée comme un acquis désormais figé : au contraire, chacun cherche à ouvrir de nouvelles portes : les HCL développent un programme de recherche en partenariat avec Microsoft, ACOEM travaille sur les apports de l'analyse multimodale (recoupement d'informations de nature différente, par exemple image et son) et ADDACTIS soutient une chaire de recherche co-encadrée par une scientifique et un sociologue.

Les problématiques à traiter quand les applications de l'IA quittent le laboratoire pour entrer dans le monde réel sont également saillantes. Sur le fond, les questions de confidentialité des données et d'éthique se posent bien sûr dans le monde médical mais touchent aussi d'autres domaines. Au plan de l'organisation interne, les experts « métier » doivent apprendre à travailler avec les « data scientists » experts de l'algorithme. Au plan pratique enfin, de nouveaux sujets apparaissent : la masse des données à transmettre oblige ACOEM à penser « intelligence distribuée » pour ne pas engorger ses réseaux sans fil, ADDACTIS travaille sur la « cybersécurité » car l'IA peut aussi être utilisée pour bâtir des cyber-attaques moins onéreuses, plus ciblées et donc plus efficaces et enfin les HCL doivent intégrer la pratique des médecins en tenant compte de leurs spécialités, de l'urgentiste à l'endocrinologue.

Le territoire métropolitain offre donc de beaux exemples de recherche appliquée qui, même s'ils n'intègrent pas encore de systèmes cognitifs autonomes, se situent à la pointe de l'état de l'art.



Frédéric Droin & Thierry Mazoyer

Cet entretien a été accordé par Frédéric Droin et Thierry Mazoyer, respectivement Directeur R&D et Directeur Innovation d'ACOEM Group.

ACOEM est un groupe international, comptant 700 salariés et opérant dans différents métiers: maintenance prédictive, acoustique, surveillance environnementale, défense. Son histoire est intimement liée au territoire métropolitain ; en effet, ACOEM Group dont le siège demeure à Limonest a été construit à partir des activités de Metravib, émanation de l'École Centrale de Lyon à Ecully.

– Entretien réalisé par François Mayssal, mars 2019

“

l'IA nous permet de donner plus d'informations pertinentes et c'est vraiment l'amélioration de la fiabilité de détection qui prime pour nous.”

Avant d'aborder plus précisément l'IA, pouvez-vous nous dire quel est le métier d'ACOEM ?

F.D. & T.M. : Notre expertise originelle se situe dans l'analyse vibratoire et l'acoustique. Dans les deux cas, nous traitons de grands volumes de données pour les transformer en une information pertinente pour nos clients. Par exemple, dans le domaine industriel, nous analysons les vibrations générées par les machines afin de détecter les anomalies de fonctionnement, avant qu'elles n'entraînent une panne qui immobiliserait l'équipement: c'est la base de la maintenance prédictive.

Dans le domaine de l'acoustique, où nous avons utilisé en premier les techniques de l'IA, la performance de nos systèmes va jusqu'à déterminer l'arme d'un sniper distant de plusieurs centaines de mètres.

Qu'a apporté l'IA à vos activités ?

F.D. & T.M. : Le cas des éoliennes est illustratif: ces machines sont complexes et leurs parties actives (rotor, systèmes d'orientation) sont difficilement accessibles. Les exploitants souhaitent donc limiter les interventions et les déclencher avant que l'anomalie détectée n'ait des conséquences importantes. Une de ces anomalies est un défaut de roulement qui génère de petits chocs que nous savons repérer en analyse vibratoire. Mais sur une éolienne, beaucoup de mécanismes connexes peuvent engendrer des vibrations qui « ressemblent » à des chocs sans menacer l'état de l'éolienne. Il faut donc identifier le risque véritable, en évitant de déclencher une opération de maintenance coûteuse sur la base de « fausses alarmes ».

L'IA intervient ici: elle permet d'apprendre au système à discriminer les situations réellement anormales, avec le concours d'un expert humain qui indiquera les situations qui ne sont pas de réelles anomalies. C'est ce qu'on appelle l'apprentissage supervisé. Plus avant encore, le système va devenir capable d'identifier des familles d'anomalies similaires ou, pour employer le langage de l'IA, de les clustériser. Cela lui permettra

alors de lever des « flags » lorsqu'une anomalie nouvelle, ne rentrant pas dans les clusters, est repérée.

Au-delà de cet exemple concret, quels sont les grands enjeux de l'IA, pour ACOEM ?

F.D. & T.M. : L'IA prolonge notre expertise, qui est basée sur la connaissance des comportements physiques et la maîtrise des chaînes de mesures. Elle permet de généraliser des modèles prenant en compte des paramètres plus nombreux. Un enjeu majeur est de tirer parti de grands volumes de données: en termes de résultat final pour l'utilisateur, l'IA nous permet de donner plus d'informations pertinentes et c'est vraiment l'amélioration de la fiabilité de détection comparative au nombre de « fausses alarmes » qui prime pour nous car elle est le gage d'une vraie aide à la décision. Un autre enjeu est la maîtrise du « contextuel ». Cette notion peut être illustrée par la reconnaissance vocale: l'enjeu n'y est plus simplement d'identifier les phonèmes mais d'en comprendre le sens. Dans l'acoustique, nous avons un objectif similaire: nous savons aujourd'hui analyser une séquence sonore et localiser un coup de feu quand nous savons qu'il y en a eu un. Mais notre objectif est plus profond, l'IA doit nous permettre de détecter un coup de feu même lorsqu'il intervient dans un environnement sonore complexe.

Pouvez-vous donner quelques repères « historiques » sur votre intérêt pour l'IA ?

F.D. & T.M. : Nous avons toujours eu le souci de progresser sur nos métiers historiques: diagnostic d'état de santé de machines de production industrielle, reconnaissance de bruiteurs et menaces pour les forces de sécurité et militaires. Dès les années 80, nous intégrons les systèmes experts, une expression qui paraît dépassée aujourd'hui mais qui portait des prémices de l'IA. Dans ce prolongement, l'usage des premiers algorithmes d'IA dans certains de nos produits remonte à 2007 pour la détection de menaces, et 2013 pour la maintenance prédictive.

Les algorithmes neuronaux ont changé le paradigme : la prévision d'un phénomène physique ne passe plus par sa mise en équation, mais par l'apprentissage sur des situations réelles.

Vous avez mentionné le terme « algorithme » très présent en IA. Quelle est son importance pour vous ?

F.D. & T.M. : Les algorithmes de l'IA ne sont pas importants que pour ACOEM. Ils ont permis le développement de nombreux services que nous utilisons au quotidien : du moteur de recherche aux « bots » capables d'assister un client dans la résolution d'un problème, en passant par le guidage GPS. Comme d'autres secteurs, nous avons tiré parti de la révolution qui a fait éclore les algorithmes neuronaux au début des années 2010, au croisement des mathématiques appliquées et de l'informatique. Ceux-ci fonctionnent sous forme de petites entités logicielles, multi-entrées et multi-sorties ce qui permet de les connecter entre eux comme les neurones de notre cerveau. Leur apport tient autant à leur contenu qu'à leur capacité à traiter dans des temps courts des masses de données extrêmement importantes, ce qui a permis d'installer la notion d'apprentissage. En effet, pour apprendre, il faut être confronté à un grand nombre de situations impliquant des masses gigantesques de données. Les algorithmes neuronaux ont changé le paradigme : la prévision d'un phénomène physique ne passe plus par sa mise en équation, mais par l'apprentissage sur des situations réelles. Prenons le cas d'un écoulement d'eau : on peut tenter de le modéliser par résolution des équations de Navier-Stokes, mais on peut aussi simplement « apprendre » comment il va se comporter en ayant engrangé beaucoup d'informations sur des écoulements antérieurs.

Tout n'est-il qu'une question d'exploitation d'un stock de données ?

F.D. & T.M. : Malheureusement pas : il faut dompter le monstre ! Tout d'abord, il faut résoudre l'épineux problème de la qualité des données : sont-elles fiables, homogènes ? Nous l'observons même chez nos clients les plus en pointe sur l'industrie du futur, par exemple dans l'automobile : ce rassemblement de données ne va pas de soi. Par ailleurs, si la modélisation scientifique, au sens de la résolution d'équation, peut être simplifiée, la maîtrise des aspects statistiques demeure une des clés de l'apprentissage. Enfin, la mise en œuvre efficace des réseaux neuronaux suppose de faire les bons choix en matière de stratégie d'apprentissage et de connexions des neurones : c'est le rôle du data scientist.

Existe-t-il d'autres sujets pour lesquels l'IA a des conséquences sur l'offre d'ACOEM ?

F.D. & T.M. : ACOEM fournit des systèmes complets, intégrant également les capteurs qui recueillent les vibrations ou les signaux acoustiques. Dans ce cadre,

un sujet est la répartition de l'IA dans les différents niveaux d'un système. En acoustique ou en analyse vibratoire, le débit de données des capteurs « bruts », proche de celui de la vidéo, est trop élevé pour s'inscrire dans une logique d'objet connecté autonome.

Il faut donc distribuer l'intelligence sur la chaîne allant du capteur à la plateforme *Cloud*. Disposer d'intelligence embarquée dans le capteur lui-même permettra de traiter des données en local (*Edge computing*). Ainsi, seules les données de synthèse sont transmises jusqu'au serveur *Cloud* dans lequel sont implémentées les stratégies d'apprentissage continu (renforcement) qui requièrent de grandes puissances de calcul. Les communications radio étant relativement énergivores, la durée de vie des batteries des capteurs est ainsi accrue, ce qui est un enjeu pour les objets connectés sans fil.

Dans sa réflexion sur les systèmes à « intelligence distribuée », ACOEM travaille sur les moyens de communication radio et s'intéresse aussi aux micro-processeurs de dernières générations dont l'architecture répond aux besoins d'applications d'algorithmes neuronaux, avec des rapports puissance de calcul sur énergie consommée très améliorés. Penser architecture système à intelligence distribuée est crucial, même si ce n'est pas une tâche aisée au vu de la mixité de compétences techniques requises.

Pour conclure, pouvez-vous nous dire quelques mots sur le futur et les voies que vous explorez avec l'IA ?

F.D. & T.M. : Dans le domaine de la nuisance sonore, on peut mentionner la désignation des responsables de niveaux de bruits excessifs constatés aux points de mesure (est-ce vraiment le chantier voisin qui a généré cette nuisance signalée par les riverains ou est-ce un groupe de scooters qui passait à proximité ?).

Dans le monitoring environnemental, en plus des analyses acoustiques, le développement du groupe ACOEM passe aussi par la mesure de la qualité de l'air avec sa branche Ecotech. Une réflexion est menée sur l'agrégation de nuisances pour fournir un « Well-Being Index » global dont l'estimation se fera grâce à l'IA.

Nous avons évoqué l'analyse contextuelle, qui ouvre de belles perspectives. En effet, dans un environnement complexe, l'IA permet de croiser des données de nature différentes. L'exemple de la sécurité est éclairant : la tendance est d'utiliser l'IA pour traiter la masse de flux vidéo résultant des innombrables caméras présentes dans les rues des villes, nous travaillons de notre côté à les aider par l'exploitation du son (nous aimons parler des « oreilles de la ville » chez ACOEM) : c'est ce qu'on appelle « l'approche multimodale » consistant à fusionner des données issues de phénomènes physiques différents. Cette technique permet de bâtir des systèmes dits « sûrs », en apportant une redondance aux systèmes de prévention des risques : il est en effet préférable d'acquérir l'information par des moyens différents, plutôt que de simplement doubler un moyen. ■



Pierre Arnal

Pierre Arnal est vice-président du Groupe ADDACTIS après avoir dirigé pendant plusieurs années sa principale filiale, Actuaris. ADDACTIS Group s'est développé autour des métiers de l'actuariat, dont l'objet originel est d'aider assureurs et financiers à peser les risques grâce aux statistiques et aux calculs de probabilité. Sur la base de son expertise actuarielle, le Groupe a développé plusieurs sociétés qui interviennent sur 2 marchés : celui des assureurs, réassureurs, mutuelles, organismes

de prévoyance et celui des entreprises en s'adressant aux directions des Ressources Humaines, Financières, etc. Cet interview propose le point de vue du groupe ADDACTIS sur l'importance des data dans le métier d'actuaire aujourd'hui et les réponses qu'ils apportent dans la conception de nouveaux logiciels pour l'assurance, mobilisant Big Data et IA.

– Entretien réalisé par François Mayssal, mars 2019

“*L'assurance reste une forme aboutie de l'économie du partage et, si on devait individualiser chaque tarif, on s'éloignerait de cette philosophie !*”

En quoi le secteur de l'assurance est-il concerné par le Big Data et l'IA ?

P.A. : L'assurance est une forme ancienne de l'économie du partage, au travers de sa fonction primordiale : la mutualisation des risques. Le pilotage de cette mutualisation est complexe dans une relation caractérisée par l'asymétrie d'information entre assureur et assuré (ce dernier connaît toujours mieux son propre risque), et il repose classiquement sur la loi des grands nombres, basée sur le principe suivant : plus le nombre d'assurés est important, plus la sinistralité observée a posteriori sera proche des estimations a priori basées sur des valeurs moyennes. Le Big Data permet d'affiner énormément l'information et introduit un pouvoir prédictif sur les risques individuels, qui bouleverse la statistique. Hier, on agrégeait des milliers d'individus pour cerner la mutualisation, demain ce sont des milliers de données qui vont converger vers un individu.

Quels sont les types d'application de l'IA dans les métiers de l'assurance ?

P.A. : Deux grands domaines d'applications sont à distinguer : le visible par le client, et l'invisible. Dans le domaine « visible », l'objectif est de répondre à la demande de service de l'assuré. Les grandes compagnies (AXA, Allianz...) lancent des chantiers importants dans ce sens : expérience client, captation du besoin dès qu'il émerge, parcours de consommation. Le cap général est une évolution de l'offre vers un mix « services x couverture de risques ». Grâce à leur appréhension des risques en continu, les assureurs peuvent par exemple fournir aux assurés des informations pour optimiser la gestion de leur habitation, de leurs trajets, de leurs récoltes (pour les agriculteurs), ou bien les inciter à suivre un programme de prévention en fonction de risques détectés sur leur état de santé. J'insiste sur la prévention car elle offre des perspectives de personnalisation utile en matière de santé, sans individualiser les tarifs et tout en respectant les réglementations (secret médical, RGPD, ...).

Dans le domaine « invisible », l'enjeu est d'« automatiser » des tâches nouvelles pour gagner en productivité et fiabilité. Trois raisons sont à la source de nouveaux possibles : tout d'abord, les capacités informatiques augmentent sans cesse... suivant la loi de Moore ; ensuite les algorithmes d'apprentissage ont immensément progressé depuis les années 70-80, et enfin d'énormes quantités de données exploitables sont désormais accessibles, y compris en open-data.

Ainsi, l'IA peut participer à la détection de la fraude, soit à la souscription, soit à la déclaration de sinistres. Elle peut même déceler des comportements anormaux de la part des réseaux de distribution. « Detect », l'un de nos logiciels, fonctionne déjà sur ce thème.

L'IA a aussi un rôle majeur à jouer dans la gestion financière des compagnies, comme c'est le cas depuis quelques années dans le monde bancaire (scores de crédits, surveillance des risques de marché...).

Un dernier exemple : l'étude des comportements de rachat des produits d'épargne de type « assurance-vie », avec l'analyse des « moments de vie ». Ils présentent pour les compagnies un double enjeu : prévoir les sorties de trésorerie et proposer d'autres contrats (« multi-équiper » les assurés dans le vocabulaire du métier). Dans ce domaine, la connaissance individuelle est la clé pour cerner la probabilité des rachats importants.

“*Hier, on agrégeait des milliers d'individus pour cerner la mutualisation, demain ce sont des milliers de données qui vont converger vers un individu.*”

Ces domaines visible et invisible peuvent-ils se rejoindre ?

P.A. : Oui, citons une application concrète, issue des investissements faits par l'assureur chinois Ping-An pour digitaliser son processus d'indemnisation en cas de sinistre automobile. Lors d'un accident, l'assuré

filme les dégâts avec son smartphone et l'envoi à son assureur par le biais d'une « app ». Le système va alors de manière autonome identifier le type de véhicule, modéliser le sinistre en chiffrant les réparations y compris des conséquences non directement visibles et lancer l'indemnisation de l'assuré. Évidemment, les algorithmes sont très complexes et il a fallu entrer des millions de données (photos de sinistres, catalogues de pièces détachées...) pour construire l'apprentissage, mais on voit bien le double intérêt pour l'assureur (pas d'intermédiaire à mandater) et pour l'assuré (paiement rapide).

L'assuré dispose généralement d'une meilleure connaissance de son propre risque que l'assureur, mais cela pourrait se rééquilibrer, voire s'inverser au profit de l'assureur dans le monde « datifié » de demain.

Quels sont les problèmes de fond soulevés par le Big Data et l'IA dans le monde de l'assurance ? Peut-on parler de personnalisation à outrance et de rupture de solidarité ?

P.A. : Nous sommes conscients de ces problématiques et ADDACTIS soutient pour cela la chaire de recherche PARI*, en partenariat avec l'ENSAE et Sciences-Po Paris. Quelques thèmes de réflexion peuvent être pointés :

- Un changement de paradigme entre une approche traditionnelle qui compensait le « voile d'ignorance » de la connaissance individuelle des risques par le principe de la loi des grands nombres, et une approche « data » qui vise à modéliser les comportements individuels.
- Une décroissance ou renversement du principe d'asymétrie d'information. Schématiquement, l'assuré dispose généralement d'une meilleure connaissance de son propre risque que l'assureur, mais cela pourrait se rééquilibrer, voire s'inverser au profit de l'assureur dans le monde « datifié » de demain. L'assuré ne connaîtra ni la totalité des données dont dispose son assureur, ni la manière dont il les traite (d'où l'intérêt des algorithmes dits « XAI » dont l'objet est de rendre compte dans une sémantique claire des paramètres et traitements effectués).
- Un ajustement de l'idéal de solidarité portée par l'assurance, avec en toile de fond la difficile appréhension de la notion d'équité. En effet, si la notion de solidarité pure semble évidente face aux aléas de santé par exemple, dans d'autres domaines, comme l'assurance automobile, la modulation des primes selon les comportements passés ou plus simplement le type de véhicule possédé paraît au contraire la plus équitable. Ainsi, le monde de l'assurance vit des mutations importantes, sans remettre en cause ses grandes singulari-

tés. Comme dit en introduction, l'assurance reste une forme aboutie de l'économie du partage et, si on devait individualiser chaque tarif, on s'éloignerait de cette philosophie ! Par ailleurs, l'assurance fonctionne en cycle économique inversé (l'assureur fixe son prix de vente – la tarification de la prime – avant de connaître son prix de revient, le montant du sinistre éventuel) ce qui met la dimension prédictive au premier plan. Et, comme nous le faisons dans les logiciels que nous commercialisons, la tendance est à intégrer le meilleur des outils prédictifs, dont l'IA.

L'IA a-t-elle eu des conséquences sur votre organisation ?

P.A. : Au plan des ressources humaines, l'IA nous a fait évoluer vers des modèles hybrides. D'un côté, les « sachant » (actuaire, ingénieurs et techniciens de l'assurance) doivent s'adapter à de nouvelles technologies, acquérir les bases de nouveaux langages tels que « R » ou « Python ». De l'autre, les data scientists doivent apprendre à travailler en interface avec les sachant du métier. Il faut insister sur cette complémentarité : les hommes de métier connaissent par exemple les biais qui peuvent fausser l'équilibre d'un contrat et identifient les types d'informations à collecter, et les seconds vont construire les algorithmes correspondants. Enfin, nous devons apprendre d'autres secteurs d'activité : ainsi, le responsable de notre laboratoire de data science est issu du groupe Airbus.

Existe-t-il des aspects moins connus de l'IA ?

P.A. : Oui, il faut évoquer la guerre concurrentielle, et même la cybercriminalité. Par sa capacité à automatiser les tâches répétitives, l'IA permet le développement des techniques de « web scraping » qui consistent par exemple à sur-interroger un comparateur de prix à l'aide de robots pour reconstituer les formules tarifaires des concurrents. Ces techniques sont très utilisées sur les marchés hyper concurrentiels comme le marché britannique.

Cette capacité d'automatisation rendra également les cyber-attaques moins onéreuses, plus ciblées et donc plus efficaces.

Les algorithmes trouveront également leurs limites face aux techniques de « flooding » qui consistent à introduire des données altérées ou biaisées pour fausser leurs résultats.

Au final, diriez-vous « révolution » ou « évolution » ?

P.A. : Depuis 25 ans, l'expertise du groupe ADDACTIS aux côtés des acteurs de l'assurance nous a offert une place de choix pour anticiper et répondre aux enjeux de notre secteur. Loin d'être un saut dans l'inconnu, l'IA et le traitement des Big Data sont des nouvelles technologies que nous intégrons dans notre stratégie, notre offre et nos outils. ■

* Le texte de présentation du programme de recherche PARI est accessible sur le web à l'adresse www.chaire-pari.fr.



Jean-Christophe Bernadac & Delphine Maucort-Boulch

Jean-Christophe Bernadac et Delphine Maucort-Boulch sont respectivement Directeur du Système d'Information et de l'Informatique et cheffe du service de Biostatistique-Bioinformatique des Hospices Civils de Lyon (HCL). L'établissement intègre depuis plusieurs années l'Intelligence Artificielle. Ils évoquent ici les derniers développements et applications liés à l'IA au sein des HCL.

– Entretien réalisé par Lionel Gastine, février 2019

“*Nous développons une « boîte blanche » et non une « boîte noire ». Le médecin voit le cheminement de l'algorithme et peut remonter toutes les prises de décision.*”

On n'associe pas immédiatement l'intelligence artificielle aux grands organismes publics, cette nouvelle technologie est-elle déjà utilisée au sein des Hospices Civils de Lyon ?

J.-C.B. : Nous tirons parti de l'Intelligence Artificielle (IA) depuis plusieurs années: notre communauté scientifique, importante car nous sommes un établissement hospitalo-universitaire, a recours à ces technologies pour ses travaux de recherche. L'IA permet par exemple aux biostatisticiens d'approfondir le traitement des données disponibles et de développer de nouveaux modèles.

Par ailleurs, notre établissement a fourni historiquement un effort important pour numériser la documentation liée aux patients, aux actes effectués, aux résultats des analyses. Les HCL ont à ce titre la spécificité d'être éditeur de logiciel. Nous avons progressivement construit une base de données très structurée sur laquelle nous cherchons à utiliser et à développer de nouvelles solutions d'intelligence artificielle.

Nous poursuivons aujourd'hui ces développements de l'IA à travers quatre axes de travail: de nouvelles méthodes dans les études cliniques, le développement d'outils d'aide à la décision pour le médecin, l'aide à la consultation et au remplissage du dossier patient, une meilleure utilisation des données patients.

Pouvez-vous nous donner un exemple d'application de l'IA appliquée au travail de recherche des médecins des HCL ?

J.-C.B. : C'est l'objet du premier projet qui porte sur la recherche inverse. Les médecins ont l'habitude de créer une cohorte de patients pour leurs études avec certaines caractéristiques connues comme l'âge, le genre ou la nature du traitement suivi. Grâce à des nouveaux outils sémantiques, nous avons déjà franchi

un cap en étant capable de spécifier des caractéristiques de plus en plus fines qui étaient auparavant mal exploitées car sous forme de données textuelles dans les dossiers patients. Désormais nous voulons aller plus loin en ayant une recherche inverse. Il s'agit non plus de partir des seules caractéristiques qu'a pu choisir le médecin pour constituer sa cohorte, mais d'identifier dans une liste aléatoire de patients un maximum de caractéristiques communes: certaines peuvent ne pas avoir été identifiées *a priori*, elles constituent des nouveaux signaux faibles que le chercheur pourra ensuite choisir de mieux analyser.

L'utilisation de l'IA est-elle en passe de se diffuser à l'ensemble des spécialités médicales ?

J.-C.B. : Des méthodes existent déjà depuis plusieurs années comme c'est le cas pour l'imagerie avec des algorithmes très pertinents et reconnus par la communauté médicale. Toutes les spécialités ne sont pas encore concernées et ne le seront pas dans les mêmes temporalités. Par exemple le médecin urgentiste doit faire face à un éventail très large de pathologies, et la machine aujourd'hui risque de s'y perdre. Les prochains développements concernent des disciplines spécialisées qui obéissent à des règles précises comme l'endocrinologie sur laquelle nous travaillons.

Certaines applications de l'IA impactent-elles directement la relation entre le personnel médical et les patients ?

J.-C.B. : Nous développons dans un autre projet les outils d'aides à la décision. L'objectif est que le médecin passe moins de temps à consulter le dossier de son patient pour en consacrer plus avec lui. Dans ce cas, l'algorithme étudie l'historique du dossier patient et fait des propositions au médecin par une série de raisonnements.



Les préoccupations éthiques sont dans nos gènes, nous avons une gouvernance qui y veille, un comité éthique dédié ainsi qu'un conseil scientifique.

N'y-a-t-il pas un risque que l'utilisation de l'IA aboutisse à des conclusions fausses et non contrôlables ?

J.-C.B. : Cet outil est amélioré par apprentissage : les médecins qui contribuent à son développement écartent progressivement les mauvaises propositions formulées par l'outil, ce dernier tient compte de leurs avis et s'affine donc progressivement. Dans ces travaux, nous développons une « boîte blanche » et non une « boîte noire ». Le médecin voit le cheminement de l'algorithme et peut remonter toutes les prises de décision. Cet accès au raisonnement est pour nous très important. Il fait partie des principes qui découlent de notre charte éthique. Nous disposons d'ailleurs de deux commissions qui permettent d'encadrer nos développements et assurer une coordination fine entre la Direction du Système d'Information et de l'Informatique (DSII) et les médecins chercheurs.

Nous avons un deuxième projet qui vise aussi à donner plus de temps au médecin dans ses interactions avec le patient. Il consiste à utiliser la commande vocale pour consulter et remplir le dossier patient. Des outils de reconnaissance vocale existent déjà pour le grand public comme Siri, Cortana ou Alexa mais ils ne sont pas pertinents pour un langage spécialisé comme le langage médical. Nous avons donc établi un partenariat avec Microsoft pour utiliser et développer un outil sémantique plus spécialisé.

Les premiers tests pour l'ouverture du dossier patient par le médecin sur commande vocale fonctionnent. La valeur ajoutée ne sera cependant pas suffisante pour le médecin si on s'en tient à ce service. Nous souhaitons donc qu'il puisse aussi à terme dicter son ordonnance. Cela obligera à adopter certains standards pour que les informations soient suffisamment structurées pour l'interprétation. En tant qu'éditeur de logiciel et pour respecter les règles de la Haute Autorité de Santé d'autre part, il est indispensable que nous puissions déployer des algorithmes de contrôle sur ces données structurées pour repérer les effets indésirables. À plus long terme, on peut aussi imaginer que le logiciel écoute la conversation entre le médecin et le patient, et formule une proposition d'ordonnance.

On évoque souvent la difficulté à disposer de données de qualité pour assurer les nouveaux développements de l'IA, vous ne semblez pas rencontrer cet obstacle ?

D.M.-B. : Une démarche de coordination et de collaboration s'est historiquement structurée entre la Direction des Systèmes d'information et la communauté médicale, avec une commission commune créée dès 2008. Elle a permis à la DSII de développer des outils ambitieux tout en permettant à la communauté médicale de faire ses retours. Nous disposons donc d'un environnement très structuré qui permet aujourd'hui à la communauté de chercheurs d'accéder à un très grand nombre de données de qualité.

J.-C.B. : Cette utilisation est fortement encadrée. La réglementation dans le monde médical est très forte, bien plus que pour l'exploitation commerciale des données des utilisateurs des moteurs de recherche ou des réseaux sociaux. Les préoccupations éthiques sont dans nos gènes, nous avons une gouvernance qui y veille, un comité éthique dédié ainsi qu'un conseil scientifique.

Vous utilisez l'intelligence artificielle depuis plusieurs années. Pensez-vous qu'il y a aujourd'hui un emballement autour de l'IA ?

D.M.-B. : Les projets liés à l'intelligence artificielle ont toute leur place dans la recherche actuelle. À titre d'exemple, sur les neuf projets de la dernière action nationale de la Recherche Hospitalo-Universitaires (RHU), quatre concernent l'IA.

Cette activité se justifie par les résultats obtenus. Dans le domaine de l'imagerie médicale, qui fut l'une des premières à recourir à l'IA, les algorithmes sont désormais capables de détourner parfaitement un organe. Pour le diagnostic du lymphome, des chercheurs de l'Université de Stanford ont réussi, avec l'utilisation de l'intelligence artificielle, à diminuer le temps de diagnostic de 3 semaines à 48 h. Pour le diabète, on exploite aujourd'hui bien mieux les données collectées y compris aujourd'hui par objets connectés, ce qui permet d'établir des profils de patients et de mieux prédire les événements hyperglycémiques.

Il est vrai qu'il peut y avoir un emballement comme nous l'avons déjà connu dans les années 2000 avec le développement des « omics »* et les grands projets de séquençage. Mais nous savons que la quantité de données disponibles ne remplace pas la qualité des méthodes nécessaires au traitement de ces données et la rigueur scientifique dans la formulation et la vérification des hypothèses. ■

* Terme recouvrant les études de génomique, protéomique ou métabolomique.

E N J E U X SOULEVÉS PAR L'IA

L'IA va très probablement faire son entrée dans un nombre croissant de métiers. Loin des projections fantasmées d'une IA annonçant la fin du travail ou détruisant massivement certains emplois, les constats convergent sur les évolutions progressives, parfois subtiles, qu'apportent ces technologies dans le rapport au travail, les interfaces entre l'homme et la machine mais aussi la possibilité de nouvelles interactions humaines. Des apports et des évolutions qui ne vont pas sans poser un certain nombre de questions de portée collective, voire de société, autant que des défis très opérationnels pour toute organisation qui souhaite faire appel à ces nouvelles technologies.

Pour illustrer les bienfaits que peut avoir l'IA sur les interactions humaines, [Amélie Cordier](#) mentionne les agents d'une mairie d'arrondissement moins stressés depuis que des robots sociaux pré-traitent une partie des informations dans les files d'attente ou des vendeurs qui retrouvent des échanges plus qualitatifs avec leur clientèle dans les magasins grâce à des robots qui prennent en charge l'apport d'informations élémentaires. Une recherche d'interactions humaines plus qualitatives qui n'est sans rappeler le projet d'innovation des Hospices Civils de Lyon qui vise à aider le médecin avec de l'IA pour consulter les dossiers de ses patients afin de pouvoir leur consacrer plus de temps d'échanges.

Si le développement de l'IA peut générer des interactions plus qualitatives entre humains, il est aussi à l'origine de nouvelles interactions homme-machine. [Renaud Champion](#) mentionne ainsi l'industrie automobile dans laquelle les « grands bras » automatisés laissent la place à des robots plus petits qui accompagnent l'opérateur et interagissent plus fréquemment avec lui. Pour [Rachel Maguire](#) c'est un nouveau palier de collaboration homme-machine qui est en passe d'être franchi. Une sorte de nouveau « partenariat » dans lequel les capacités spécifiques des machines et des humains deviennent complémentaires et se combinent, sans pour autant enlever aux personnes concernées leur jugement humain. [Yann Briand](#) insiste également sur cette primauté donnée au choix fait par l'opérateur dans les projets innovants de mobilité développés par l'IRT SystemX : l'IA permettra de prédire de mieux en mieux le trafic et fera des propositions à un opérateur en charge de la circulation tout en le laissant seul décisionnaire de la solution qui lui semble la plus pertinente.

Si ces exemples viennent enlever le caractère spectaculaire et parfois clivant du développement de l'IA, les avis convergent sur les enjeux qui sous-tendent le développement de l'IA et plaident toutefois pour une meilleure prise en compte. Ces défis liés au développement de l'IA peuvent avoir une portée collective mais aussi se posent de façon très concrète lorsqu'une organisation souhaite recourir à ces technologies.

Outre la question, à la fois éthique et populaire, de l'avènement d'une IA douée de sa propre conscience (IA forte), d'autres défis à court terme méritent ainsi d'être relevés.

Le défi de la transparence des algorithmes en fait partie et relève à la fois du domaine éthique et technique. Plusieurs domaines ne peuvent s'accommoder d'une boîte noire : si l'IA vient aider un médecin pour consulter un dossier patient et à terme faire directement des propositions d'ordonnance, il faudra pouvoir remonter facilement l'historique des raisonnements tenus par l'algorithme. Une condition *sine qua none* au développement de la solution pour les Hospices Civils de Lyon. Cette condition appliquée autres algorithmes dans d'autres secteurs posent de nombreux défis technologiques.

Le défi de la donnée est quant à lui sûrement la condition la plus mentionnée pour le déploiement de l'IA, que ce soit pour les projets d'innovation et les projets industriels. À la fois carburant de l'IA, elle devient rapidement facteur limitant si elle n'est pas disponible en quantité suffisante et surtout en qualité. Si cette question concerne les entreprises et PME dans leur projet, elle n'épargne pas les géants des réseaux sociaux sous d'autres formes : le traitement par les algorithmes actuels de données d'entrée biaisées sur un réseau social (ex : propos racistes) amène souvent à des résultats biaisés, et ces acteurs fournissent des efforts de recherche pour supprimer les éventuels biais de la donnée initiale.

Cette importance de disposer d'un bon « matériau de base » renvoie aussi à l'enjeu de respecter certains « fondamentaux » de l'innovation dans l'entreprise : l'IA n'aura de valeur que s'il répond à des cas d'usage ou des problématiques bien identifiés. Un enjeu de bon sens que semblent perdre de vue les « hyper enthousiastes » de l'IA au risque d'un retour sur investissement très relatif. Ainsi, est-il toujours nécessaire de s'appuyer sur une IA pour procéder à un choix ?

Cet enjeu pose d'ailleurs la question du besoin d'expertise pour valoriser l'IA. Disposer de données et d'algorithmes n'est pas suffisant (nombreux sont déjà d'ailleurs en open source), encore faut-il disposer de l'expertise et du savoir faire pour paramétrer ces algorithmes, les adapter à la réalité et aux cas d'usage.

Un enjeu qui devient à la fois un sujet pour les services des ressources humaines, et qui en fin de compte, et une fois de plus, remet au premier plan toute l'importance de l'humain et de ses compétences dans le développement de ces nouvelles technologies. Car dans bien des cas comme dans la santé, *in fine*, l'IA demeure une aide à la décision et c'est encore l'humain qui prend la responsabilité de la décision.



Amélie Cordier

Amélie Cordier est directrice scientifique d'Hoomano, start-up spécialisée dans les robots sociaux, créatrice du laboratoire de recherche Behaviors.ai et présidente de l'association de promotion de l'IA Lyon-iS-Ai. Elle relate dans cet entretien les développements actuels de l'Intelligence Artificielle (IA), sa vision des interactions homme-machine et les opportunités de l'IA.

– Entretien réalisé par Lionel Gastine, février 2019

“ L'IA remplace très rarement un métier mais certaines tâches d'un métier, souvent les plus avilissantes. ”

Votre start-up Hoomano crée des robots sociaux, capables d'interagir avec les humains. Quelle utilisation faites-vous de l'IA pour leur développement ?

A.C. : Nous utilisons une combinaison de technologies associant IA par apprentissage supervisé et IA par apprentissage non supervisé. Nous intégrons directement des solutions d'IA aux techniques d'apprentissage supervisé dont on entend beaucoup parler aujourd'hui comme le *Machine Learning* et le *Deep Learning*. Ces techniques ont toutefois leurs limites car elles sont très coûteuses en données. Parallèlement nous développons nous-mêmes de l'IA combinant apprentissage par renforcement et non supervisé qui s'appelle l'IA développementale.

Cette discipline est récente et a un fort potentiel. Elle cherche à reproduire les techniques d'apprentissage des enfants, basées sur les interactions avec l'environnement. Pour l'expliquer brièvement, il s'agit de construire une représentation du monde à partir d'une association progressive de connaissances. Pour apprendre, on construit progressivement des associations entre les actions que l'on peut effectuer sur le monde et les conséquences que l'on perçoit de ces actions (plaisir, douleur, ennui, fatigue) : on parle de *schémas sensori-moteurs*. Nous poursuivons donc cet objectif qui est de donner à ces entités des capacités de raisonnement partielles, et à partir de celles-ci, de développer elles-mêmes de nouvelles capacités d'apprentissage.

De nombreuses réticences liées à l'IA renvoient justement à la crainte de voir l'homme remplacé, voire dépassé par la machine. Quelle vision des interactions hommes machines portez-vous chez Hoomano ?

A.C. : Chez Hoomano, nous développons des robots sociaux, c'est-à-dire qu'ils sont conçus pour interagir avec les humains, nous aurons donc toujours besoin des humains ! Nos robots servent par exemple à accueillir du public, à apporter certaines informations aux clients et parfois à divertir.

Les robots, qui sont une incarnation possible de l'IA, sont très efficaces pour résoudre une tâche mais plus rarement pour résoudre plusieurs tâches de nature différente. Une IA est très souvent spécialisée dans son domaine. Le développement de cette spécialisation requiert beaucoup de données et de temps, avec la mobilisation de ressources humaines expertes pour la développer. En conséquence, l'IA remplace très rarement un métier mais certaines tâches d'un métier, souvent les plus avilissantes. Le métier d'assistant juridique en est une bonne illustration : sans faire disparaître son travail, l'IA lui permet d'être plus exhaustif dans ses recherches et plus efficace grâce aux outils d'analyse de texte.

L'utilisation des machines peut aussi devenir source d'une meilleure interaction entre les humains. La mise en place de robots assurant un pré-traitement d'informations dans des files d'attente d'une mairie d'arrondissement de Paris a permis de réduire le stress des employés. Dans un magasin où certains de nos robots ont été installés pour répondre aux questions basiques des usagers, les vendeurs ont pu développer des échanges plus qualitatifs avec leur clientèle. Dans une maison de retraite, la mise en place d'un robot a augmenté la visite des petits-enfants à leurs grands-parents en raison de l'attrait qu'ils ont pour les robots.

Il faut aussi rappeler qu'il faudra nécessairement des humains pour concevoir les robots, coordonner les différents travaux et outils qui sont nécessaires à leur développement, les éteindre, gérer les cas qui n'étaient pas prévus. L'intelligence artificielle ne peut se passer de l'humain !

Il peut y avoir un écueil à s'empresser dans l'utilisation des techniques d'IA. Il faut savoir s'interroger sur l'existence de solutions existantes sans avoir nécessairement recours à l'IA.

Quel regard portez-vous sur le développement de l'IA et les grands acteurs qui le portent ?

A.C. : Le *machine learning* et le *Deep Learning*, ainsi que les techniques de reconnaissance du langage, ont fait d'immenses progrès ces dernières années, avec de multiples applications possibles. Beaucoup d'acteurs, en particulier les GAFAM*, ont largement investi ces champs compte tenu des retours sur investissement escomptés.

Ce qui est particulièrement intéressant, c'est la démarche d'innovation ouverte dans laquelle se sont inscrits ces développements y compris ceux des GAFAM. Ils ont publié leurs codes en open source ce qui engendre une effervescence d'idées et de projets. N'importe quel étudiant qui le souhaite peut aujourd'hui essayer de faire du *Deep Learning*. Beaucoup de nouveaux usages et de nouvelles applications sont en permanence testés. Cela tire la communauté des développeurs vers le haut.

Identifiez-vous des freins dans le déploiement de l'IA au sein des entreprises ?

A.C. : Un des principaux freins concerne la qualité des données car il est nécessaire d'avoir des données bien labellisées. Certains acteurs disposent de gros volumes d'informations mais leurs jeux de données manquent de qualité. Les données sont alors quasiment inutilisables ou exigent des traitements préalables très coûteux.

Il peut y avoir un écueil à s'empresser dans l'utilisation des techniques d'IA. Il faut savoir s'interroger sur l'existence de solutions existantes sans avoir nécessairement recours à l'IA. Il faut aussi prendre le temps de bien évaluer les efforts nécessaires, notamment pour disposer de données de qualité. Il s'agit de bien évaluer son retour sur investissement lorsque l'on souhaite recourir à l'IA.

Aujourd'hui, il y a sûrement un effet de mode certain, une sorte d'*over-enthousiasme*. Cela n'enlève rien au fait qu'il y a beaucoup de choses à faire avec l'IA aujourd'hui et demain, il faut seulement ne pas s'y précipiter. ■

* Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft



Renaud Champion

Renaud Champion est président de l'AIM Institute, Institut IA appliqué au management de l'entreprise, au sein de l'emlyon business school. Il évoque ici l'impact de l'IA sur le management, l'organisation des entreprises et développe le rôle de la recherche pour saisir ces enjeux.

— Entretien réalisé par Lionel Gastine, février 2019

“

Il faut travailler sur l'acceptabilité de ces nouvelles technologies. Cela exige de s'interroger sur ce qui relèvera désormais de la machine et de l'opérateur humain tout en garantissant les conditions de travail et les motivations de celui-ci.”

L'emlyon business school a créé fin 2018, l'Institut en intelligence artificielle appliquée au management de l'entreprise (AIM Institute¹) : pour quelles raisons et avec quels objectifs ?

R.C. : L'Intelligence Artificielle (IA) existe depuis plusieurs dizaines d'années déjà mais elle a pris une nouvelle ampleur en tirant partie des quantités inédites de données disponibles, de l'accroissement des capacités de calcul et de la miniaturisation des capteurs.

L'emlyon business school se doit d'analyser l'impact que peut avoir cette transformation. L'institut a été créé pour compléter les travaux souvent techniques sur l'IA par des approches plus spécifiques à une école de management. Il s'articule autour de deux grands enjeux. D'abord, quels sont les impacts de l'IA sur la création de valeur ? Quels sont les nouveaux services qui émergent avec l'IA et comment les nouveaux modèles économiques induits par l'IA impactent les écosystèmes traditionnels ? Cette transformation peut concerner l'ensemble des secteurs. Par exemple dans la médecine, les nouveaux services de diagnostic permis par l'IA ou les exosquelettes de rééducation peuvent impacter l'économie de la santé et donc l'économie de la sécurité sociale. Deuxième grande question : quels sont les impacts de l'IA sur le travail et l'organisation des entreprises ? Quels sont les impacts sur le rapport au travail, les besoins en compétences et les stratégies de recrutement ? Il s'agit aussi de s'interroger plus largement sur la redistribution, la valeur créée par l'IA et l'impact que cela peut avoir sur la gouvernance de l'entreprise.

Pensez-vous qu'il y avait comme un manque dans le domaine de la recherche sur les thématiques de l'IA qu'il était nécessaire de combler ?

R.C. : L'institut répond effectivement à un besoin de production scientifique mais aussi d'innovation et de diffusion des connaissances auprès d'un public qui va au-delà des chercheurs et des entreprises.

La production scientifique est un enjeu car on constate que de nombreuses études et prises de positions ont fleuri ces dernières années. Elles sont le plus souvent issues de cabinets de conseil ou de médias avec des propos fréquemment « polarisés », dithyrambiques ou catastrophés, sans se baser sur des études empiriques poussées.

Il est donc nécessaire de déployer des équipes de chercheurs pluridisciplinaires pour mieux comprendre et analyser les impacts de l'intelligence artificielle. La vingtaine de chercheurs mobilisés aujourd'hui dans l'institut sont issus des sciences de gestion, de l'économie, de la sociologie ou de l'ethnologie. Ils travailleront sur les axes précités avec des cas d'usages pouvant concerner des secteurs très variés comme l'industrie, la banque, la logistique, la distribution. L'objectif est d'aboutir à des publications dans des revues scientifiques de référence.

Outre la production scientifique, la deuxième activité de l'Institut porte sur l'innovation, et notamment sur l'innovation pédagogique, pour transférer ces nouvelles connaissances et méthodes à nos étudiants. Cela passe par de nouveaux certificats et de nouveaux cours que nous diffusons dans nos différentes formations, initiales et continues.

Enfin, les résultats des travaux sur l'IA doivent être accessibles à un plus grand nombre de personnes et de décideurs. Il y a un travail de démystification et de vulgarisation à faire auprès du grand public. L'institut prévoit de mettre à disposition des conférences et des prises de paroles à travers les nouveaux médias². L'institut prévoit aussi de porter ses travaux à la connaissance des institutions et gouvernements pour mieux sensibiliser.

Les travaux de l'institut débutent tout juste, identifiez-vous d'ores et déjà des différences dans les niveaux de déploiement de l'IA et les freins rencontrés entre les différents secteurs ?

R.C. : Il y a des secteurs qui sont déjà fortement im-

1. Artificial Intelligence in Management (AIM) Institute
2. <http://aim.em-lyon.com/news-events/>

Un opérateur de logistique a récemment souhaité s'implanter sur un site en France. Pour diverses raisons le projet n'a pas abouti, l'une d'entre elles étant due à la trop forte robotisation de l'entrepôt et donc à la faible promesse de création d'emploi.

pactés par l'IA. Dans le domaine du marketing, un très grand nombre d'entre nous a déjà fait l'expérience du profiling pour la suggestion d'achat. Dans l'industrie manufacturière, le secteur automobile vit avec l'IA une évolution de ses outils de production et des interfaces hommes-machines : les « grands bras » automatisés laissent la place à des robots plus petits avec des interactions beaucoup plus fréquentes avec l'opérateur. Dans le domaine de la santé, l'IA permet le déploiement de la chirurgie robotique avec des applications en urologie et oncologie.

Dans d'autres secteurs, les développements restent émergents pour des raisons variables. Il y a par exemple un frein éthique et culturel en Europe au développement de l'IA et des robots pour l'assistance des personnes dépendantes, ce n'est pas le cas au Japon. Dans le développement des véhicules autonomes, la question réglementaire est très prégnante : la convention de Vienne, qui imposait que tout conducteur soit à tout instant maître de son véhicule motorisé, a ainsi été modifiée en 2016 au risque sinon de fermer la voie aux nouveaux développements technologiques.

Qu'en est-il de la réception de l'IA par les employés des entreprises ?

R.C. : Cette question est au cœur de deux projets de recherche que nous venons de débiter. Nous cherchons à mieux connaître l'impact de l'IA sur la motivation des employés et la prise en compte par les services des ressources humaines. Dans le secteur industriel, les technologies sont souvent prêtes mais l'intégration est encore à faire. Il faut travailler sur l'acceptabilité de ces nouvelles technologies par les opérateurs humains. Cela exige de s'interroger sur ce qui relèvera désormais de la machine et de l'opérateur tout en garantissant les conditions de travail et les motivations de celui-ci.

Dans ce contexte, il faut se demander : comment les fonctions R.H. prennent conscience de l'impact de cette technologie sur la motivation des employés ? Comment les accompagnent-elles ? Comment adaptent-elles leur stratégie de recrutement ? Ces questions concernent aussi l'emlyon ! Par exemple pour le recrutement de nos élèves, nous avons choisi d'élargir notre concours d'entrée à des étudiants issus de filières scientifiques pour former, dans une école de management, des managers experts en intelligence artificielle. Il nous faut aussi réfléchir à des profils d'enseignants qui sachent accompagner au mieux nos étudiants dans un monde de plus en plus tiré par la technologie.

Vous évoquiez également la question de la redistribution de la valeur créée par l'IA et les adaptations possibles que cela pouvait avoir sur la gouvernance de l'entreprise.

R.C. : C'est effectivement des questions à l'agenda pour notre institut. Quelques faits récents permettent de soulever un certain nombre d'enjeux sur ce sujet. Par exemple, un opérateur de logistique a récemment souhaité s'implanter sur un site en France. Pour diverses raisons le projet n'a pas abouti, l'une d'entre elles étant due à la trop forte robotisation de l'entrepôt et donc à la faible promesse de création d'emploi. Cet exemple pose la question de la redistribution de la valeur créée par ces nouvelles technologies : si la redistribution ne concerne plus du tout l'entreprise locale ni ses salariés et qu'elle se fait entièrement au bénéfice d'actionnaires, de surcroît situés hors de France, ces projets peuvent essuyer des refus.

Ces questions concernent aussi les industriels français : où iront demain les gains de leur robotisation croissante ? La redistribution se fera-t-elle aussi au bénéfice de la formation des employés ? Quels modèles innovants de redistribution inventer pour répondre à ces enjeux ?

Votre expérience vous donne à la fois des clés de lecture en sciences sociales et ingénierie. Techniquement, quelles sont les prochaines ruptures que l'on peut attendre sur l'IA ?

R.C. : Les ruptures n'apparaissent jamais là où on les attendait ! J'identifie toutefois trois enjeux forts pour l'IA aujourd'hui.

Résoudre le biais dans la donnée : lorsque l'on rentre des données biaisées dans des algorithmes de *Deep Learning*, il est très probable d'avoir des résultats biaisés. Cela est particulièrement vrai avec les réseaux sociaux où des algorithmes peuvent par exemple devenir racistes. Il faut donc « débiaiser » les données d'entrée, c'est un énorme enjeu de recherche pour des entreprises comme Facebook.

Développer une IA plus transparente est un autre enjeu : pour ne plus avoir à faire à des boîtes noires, il faut créer des systèmes que l'on peut interrompre à tout moment et à qui l'on peut demander : pourquoi en es-tu là dans ton raisonnement ? Quelles sont les variables que tu as mobilisées ?

Enfin, tendre vers une IA plus frugale est un autre défi. On parle beaucoup de tirer partie du potentiel du Big Data mais comment développer justement des algorithmes qui peuvent se nourrir de très peu de données et par exemple se baser sur une compréhension limitée du monde ? C'est une question qui se pose quand une machine doit évoluer dans un système critique et aider à des prises de décision rapides, comme ce peut être le cas dans le domaine de la sécurité ou de la défense. ■



Yann Briand

Yann Briand est en charge du montage et du management de projets de R&D dans le domaine de la mobilité à l'IRT SystemX. Il rappelle les activités de cette structure de R&D spécialisée en ingénierie numérique et apporte un éclairage sur les apports de l'IA au cas concret de mise en place d'une voie dynamique dédiée au co-voiturage sur la métropole de Lyon.

– Entretien réalisé par Lionel Gastine, mars 2019



La valeur ajoutée de l'IA dépend de la capacité à bien caractériser les cas d'usage.

Pouvez-vous nous préciser les activités de l'IRT SystemX et l'importance que peut avoir l'IA dans ses travaux ?

Y.B. : L'Institut de Recherche Technologique (IRT) SystemX est un opérateur de R&D qui répond à des enjeux industriels dans le champ du numérique : il contribue à des activités de recherche et développement partenariales pour livrer des solutions et services prototypés. Nos activités prennent la forme de projets collaboratifs associant partenaires industriels et académiques sur une durée de 2 à 4 ans. Nous proposons aussi des formats plus courts qui permettent aux industriels de tester leurs cas d'usage ou des technologies en bilatéral avec l'IRT. Nous sommes présents à Paris-Saclay, à Lyon et à Singapour. Nous comptons parmi nos partenaires des entreprises bien implantées à Lyon telles que Alstom, Vinci, SPIE ou Cosmo Tech.

L'ingénierie numérique constitue notre cœur de métier. Nous disposons de compétences en sciences de la donnée, calcul scientifique et ingénierie des systèmes que nous appliquons à quatre grands domaines : la mobilité et les transports autonomes pour accompagner la transformation des territoires et des usages, l'industrie du futur pour améliorer les performances, la défense et la cybersécurité pour adresser les problématiques de sécurité et de confiance, et l'environnement afin d'exploiter le potentiel du numérique pour accompagner la transition écologique.

Cela peut paraître surprenant mais les équipes de l'IRT utilisent très peu le terme « Intelligence Artificielle » au quotidien dans leurs projets. Les chercheurs de l'IRT selon leur domaine d'expertise vont parler de machine learning, de réseaux de neurones, d'approche supervisée ou d'approche non supervisée même si bien entendu on peut considérer que ces termes renvoient à l'IA.

Quelle utilisation faites-vous de ces différentes technologies, pouvez-vous nous donner un cas d'usage ?

Y.B. : Nous pouvons évoquer le projet Lyon Covoiturage Expérimentation (LCE). Ce projet est adossé à une évolution fonctionnelle de la portion urbaine de l'axe A6-A7 où seront mises en œuvre des voies dynamiques réservées aux véhicules à occupation multiple (i.e. embarquant au moins deux personnes à bord). Le système une fois activé vise à améliorer les temps de parcours pour les usagers qui adoptent ce comportement vertueux. En revanche il ne devra pas dégrader de façon excessive les conditions de circulations globales.

La complexité liée aux contraintes opérationnelles du système et la nécessité d'anticiper des phénomènes dynamiques tels que le trafic routier constituent un champ d'application typique pour des solutions d'Intelligence Artificielle. Le caractère novateur du système exclut les références en fonctionnement, dans ce cas d'usage l'état de l'art est devant nous !

Nous faisons face à un système qui présente une certaine latence et qui doit être prédit pour être optimisé. Cela signifie que les mesures de régulation du trafic ont des effets décalés dans le temps –après concrétisation par les conducteurs– et qu'en parallèle l'exploitant ne peut pas changer les instructions en permanence, il doit faire preuve de constance auprès des usagers. L'optimisation du système requiert de l'anticipation, mais aussi la capacité de dissocier l'artefact du tendancier. Anticiper c'est être en mesure de prévoir l'état de fonctionnement d'un système complexe y compris l'influence de ses usagers afin d'agir de façon proactive et appropriée.

Quid de l'IA ? L'expertise métier de l'opérateur ne lui permet pas de traiter de façon préventive les situations, du fait de leur complexité et de leur nature prospective, d'autant plus qu'il doit superviser plusieurs systèmes en parallèle. Il a donc besoin d'un outil d'aide à la décision. La machine est capable d'apprendre de l'historique des situations de trafic, de projeter des tendances correspondant à des *patterns* et de les ajuster avec la réalité. On proposera ainsi à l'opérateur des consignes de régulation argumentée (i.e. adossée à des prédictions) sur la base desquelles il pourra prendre ses décisions.

L'IA générera une vision prédictive de l'état du trafic et pourra lui conseiller des actions correctives en fonction des configurations, y compris dans les situations critiques. Mais c'est l'opérateur qui in fine fera le choix sur la base des propositions du système d'aide à la décision.

Un autre exemple montre aussi comment l'IA est utilisée à la fois pour croiser un grand volume de données et pour anticiper certaines situations : nous pouvons aujourd'hui optimiser le fonctionnement des transports en commun en adaptant l'offre (la fréquence et les heures de passage des bus) avec la demande (les usagers). Cela fonctionne bien en mode nominal, quand tous les voyants sont « au vert ». En revanche, si un incident apparaît dans un réseau maillé, nous ne savons pas bien comment le flux de voyageurs va diffuser, et nous perdons rapidement leur trace. L'adaptation de l'offre de transport dans ces situations dégradées relève de l'empirisme pour des opérateurs très expérimentés. L'IA doit permettre de mieux traiter ces situations en optimisant les ressources à un instant donné.

Dans les deux cas mentionnés, il est utile de préciser que le système d'aide à la décision ne se subsistera pas à l'opérateur. L'IA générera une vision prédictive de l'état du trafic et pourra lui conseiller des actions correctives en fonction des configurations, y compris dans les situations critiques. Mais c'est l'opérateur qui *in fine* fera le choix sur la base des propositions du système d'aide à la décision.

Plus spécifiquement au sein de l'IRT SystemX comment percevez-vous l'importance de « l'humain » par rapport aux nouvelles capacités que peut apporter l'IA ?

Y.B. : Ces technologies requièrent des configurations et des paramétrages qui sont tributaires d'expertises métier, et donc d'êtres humains. Aujourd'hui une grande partie des algorithmes d'apprentissage sont disponibles en open source ce qui démontre que l'enjeu est ailleurs. À l'IRT SystemX nous observons que la valeur ajoutée de l'IA dépend de la capacité à bien caractériser les cas d'usage. Choisir les solutions d'IA pertinentes et les paramétrer finement pour qu'elles répondent au mieux aux problématiques posées requière de l'expertise et du temps.

* Règlement Général sur la Protection des Données

Observez-vous des différences de déploiement de l'IA selon les secteurs industriels et des difficultés pour les entreprises à l'intégrer ?

Y.B. : On peut effectivement constater des différences au sein même des secteurs en observant les investissements réalisés en R&D. Par exemple dans le champ de la mobilité, le véhicule autonome fait sûrement plus l'objet de travaux de recherche en lien avec l'IA que la mobilité du quotidien. Dans l'énergie, l'optimisation des transactions financières fait sans doute l'objet de plus d'investissements que la gestion des réseaux à l'échelle locale. Ces engagements consentis sont à mettre au regard des bénéfices espérés par les acteurs qui les portent.

Concernant le positionnement R&D des entreprises, il peut y avoir certaines barrières institutionnelles et réflexes pas toujours justifiés à l'égard de l'IA. Par exemple l'application du RGPD*, un encadrement bienvenu par ailleurs, a développé une certaine frilosité au sein des services juridiques. Lorsque la notion de données personnelles est en jeu, nous devons donc trouver chez nos partenaires des personnes sensibilisées à ces questions pour envisager les approches ad hoc. Par ailleurs, les algorithmes ne peuvent pas toujours être explicités facilement et appellent parfois un certain niveau d'abstraction, ce qui peut constituer une barrière d'appropriation.

Plus largement pour les entreprises, au-delà de la seule volonté de mettre en œuvre de l'IA, il faut réunir certaines conditions préalables qui justifient la démarche. Caractériser les situations qui exigent réellement de mettre en place des solutions d'IA et identifier la disponibilité de ressources suffisantes, soit des données d'entrée disponibles en quantité et en qualité. ■



Rachel Maguire

Rachel Maguire est directrice de recherche à l'*Institute for the Future*, à Palo Alto (Californie). Bien que ses travaux se focalisent sur les enjeux de politiques en matière de soins et de santé, son travail prospectif déborde de ce cadre en abordant les questions technologiques, démographiques et économiques de la société actuelle. Elle décrit ici les implications de l'IA dans ce secteur, en prenant des exemples concrets d'innovations pertinentes.

– Entretien réalisé et traduit de l'anglais par Nicolas Nova, mars 2019

“*Nous avons proposé le principe d'un avenir dans lequel les gens s'associent à des machines pour améliorer les conditions de la vie quotidienne, en tirant parti de ces forces mutuelles riches en possibilités.*”

Vous avez récemment travaillé sur la notion de « human-machine partnerships », qu'est-ce que ce terme recouvre de votre point de vue ?

R.M. : Ce terme, titre d'un rapport que nous avons produit il y a deux ans¹, concernait l'évolution des interactions humains-machines, en écho aux discours sur l'évolution du monde du travail. Des chercheurs et des analystes tels que Brynjolfsson, McAfee² et Frey³ décrivaient la façon dont les technologies numériques pourraient remplacer des catégories d'emplois humains, et les débats dans les médias abordaient de plus en plus la question du chômage technologique. Nous estimions que ces sujets étaient (et sont toujours) importants, mais nous pensions aussi qu'il y avait beaucoup plus à dire sur l'avenir du travail. Nous voulions explorer l'évolution des relations entre les humains et les technologies, en particulier grâce aux techniques de l'IA, et anticiper ce que cela pourrait signifier pour nos façons de travailler.

L'hypothèse principale dans notre travail est que les capacités sophistiquées des technologies émergentes d'aujourd'hui vont autoriser, et stimuler, un nouveau palier de collaboration homme-machine, et donc une forme de codépendance entre les deux. Nous avons utilisé ce terme de « partenariat » pour souligner l'idée de capacités spécifiques des machines et des humains, qui pourraient être complémentaires et combinables. Et nous avons proposé le principe d'un avenir dans lequel les gens s'associent à des machines pour améliorer les conditions de la vie quotidienne, en tirant parti de ces forces mutuelles riches en possibilités.

De manière plus précise, ces partenariats humain/machine ont le potentiel de permettre aux gens de trouver de l'information et d'agir en fonction de celle-ci sans interférence émotionnelle ou préjugés externes, tout en exerçant leur jugement humain le cas échéant. Si nous apprenons à « faire équipe » avec des technologies intégrées aux outils d'apprentissage-machine,

nous pouvons imaginer un avenir dans lequel cette collaboration aide à fournir les ressources et les savoirs dont nous avons besoin pour gérer notre vie quotidienne.

Sur la base de votre étude, quels genres de « nouveaux partenariats humain-machine » pourraient émerger grâce aux techniques d'IA ? Au-delà de ce discours général, quels exemples illustrent ces collaborations ?

R.M. : Pour prendre un domaine précis, il y a actuellement beaucoup d'expérimentations intéressantes en IA dans le secteur des ressources humaines, notamment autour du recrutement, et de la rétention de talents. Passons en revue quelques exemples actuels. La start-up *Eightfold* et sa plateforme *Enterprise Talent Intelligence Platform* est un cas intéressant. Elle vise à améliorer la capacité de gestion de talents humains, à évaluer des compétences et des connaissances apparemment sans rapport, ainsi que des traits de personnalité et des intérêts pour déterminer si un individu est un bon candidat pour un poste vacant. Dans le même domaine, *Knack* est une autre jeune entreprise qui combine les jeux vidéo, les sciences du comportement et l'intelligence artificielle, pour découvrir des compétences et des capacités inconnues de l'individu et de l'employeur. Leur équipe de neuroscientifiques, de spécialistes du Big Data et d'autres spécialistes du comportement humain ont mis au point un jeu qui sert à découvrir des compétences et des capacités. Au fur et à mesure que les gens jouent, les techniques d'apprentissage automatique analysent les données générées par les joueurs pour analyser le comportement en arrière-plan. Les informations tirées de cette analyse peuvent ensuite aider les gens à trouver les emplois qui leur conviennent. Un autre cas actuel est *WaitSuite*, qui a été développé par des chercheurs du laboratoire d'informatique et d'intelligence artificielle du MIT.

1. <http://www.iftf.org/humanmachinepartnerships/>

2. McAfee, A. & Brynjolfsson (2017). *Machine, Platform, Crowd : Harnessing Our Digital Future*, New York City : W. W. Norton & Company.

3. Frey, C.B. (2019). *The Technology Trap: Capital, Labor, and Power in the Age of Automation*, Princeton : Princeton University Press.

Au fur et à mesure que les gens jouent, les techniques d'apprentissage automatique analysent les données générées par les joueurs pour analyser le comportement en arrière-plan. Les informations tirées de cette analyse peuvent ensuite aider les gens à trouver les emplois qui leur conviennent.

C'est un logiciel directement intégré dans les tâches existantes afin que les utilisateurs puissent apprendre toutes sortes de contenus, par exemple en attendant qu'un message WhatsApp apparaisse, sans avoir à quitter la plate-forme. Nous faisons l'hypothèse que de plus en plus de personnes s'efforceront d'apprendre pendant les périodes creuses de leur quotidien.

Qu'est-ce que cette ère de la collaboration humain-machine basée sur l'IA pourrait entraîner dans le domaine de la santé ?

R.M. : Au-delà du secteur R.H., la santé est un domaine dans lequel les gens peuvent tirer parti de ces nouveaux partenariats. De nouvelles collaborations et co-dépendances peuvent remodeler la façon dont les gens cherchent à améliorer leur santé et leur bien-être. Prenons quelques exemples de projets qui illustrent ces nouvelles possibilités.

Propeller Health est un excellent cas d'un nouveau partenariat homme-machine. Leur produit est un outil numérique conçu pour mesurer les symptômes d'insuffisance respiratoire, les facteurs déclencheurs et l'utilisation de l'inhalateur afin de réduire les crises et d'améliorer l'efficacité général du dispositif; puisque le logiciel analyse les données collectées et ajuste la manière de recourir à l'inhalateur. Une autre entreprise pertinente qui aide les patients est *Doc.ai*. Cette start-up construit un système de dialogue médical et des agents conversationnels intelligents pour aider les utilisateurs à comprendre leurs résultats sanguins et leurs rapports d'analyse génomique. Renforcer les liens entre les gens et les fournisseurs de soins est également une piste prometteuse grâce aux techniques d'IA : *Heal* est un service d'appel à domicile sur demande qui aide les patients à sélectionner et à demander à un médecin certifié de venir vous voir à la maison. De même, *CrowdMed* s'appuie sur le crowdsourcing et l'IA pour aider à identifier les paramètres de santé et les principales approches thérapeutiques à adopter pour telle ou telle pathologie. Les gens affichent leurs symptômes sur un problème de santé non traité et les participants, qu'ils appellent « détectives médicaux », s'efforcent de le résoudre en fonction de leur formation professionnelle et/ou de leur expérience personnelle.

Malgré de nombreuses approches prometteuses pour améliorer la santé, un certain nombre de défis demeurent. En premier lieu, les données médicales sont souvent des renseignements très personnels, donc la sécurisation et la protection des informations collectées sont primordiales. De plus, il y a le risque que les données générées par les outils numériques ne contribuent qu'à la surabondance d'information déjà ressentie par les individus et les organisations. Il est essentiel de trouver des moyens plus simples de combiner les flux de données entre eux et de les relier aux expériences vécues dans le monde réel par les individus et les populations. C'est un problème que la recherche en médecine clinique et la santé publique commencent à aborder, en formant les gens à cet effet, mais c'est une compétence encore en devenir.

Une autre limite claire et problématique dans ce domaine concerne le biais algorithmique et l'automatisation des inégalités dues à l'utilisation de jeux de données incomplets, inexacts ou biaisés.

Pour continuer sur les difficultés, quelles limites des techniques d'IA avez-vous identifiées dans ces nouveaux partenariats humain-machines ?

R.M. : Si l'on revient sur l'utilisation du machine learning dans le secteur des R.H. – par exemple pour améliorer le processus de mise en relation des personnes avec l'emploi le plus pertinent – on constate que c'est une opportunité relativement nouvelle. Bien que ce genre de système semble positif et pertinent pour promouvoir une embauche plus inclusive, il y a un certain nombre de risques à prendre en considération. Tout d'abord, nous devons remettre en question l'hypothèse selon laquelle les responsables R.H. savent qui constitue un employé idéal. Il se peut que de nombreuses organisations ne sachent pas vraiment quel type de personne et quels types de compétences sont vraiment nécessaires dans leur contexte. Pour produire des modèles robustes et de grande taille, il y aurait besoin de plus de données non seulement sur les embauches potentielles, mais aussi sur la performance des personnes embauchées dans le passé. Ces données, généralement, amélioreront les systèmes d'apprentissage machine et aideront à mettre au jour les préjugés et les pratiques d'embauche invisibles des organisations, mais elles sont difficiles à obtenir. Une autre limite claire et problématique dans ce domaine concerne le biais algorithmique et l'automatisation des inégalités dues à l'utilisation de jeux de données incomplets, inexacts ou biaisés pour informer les machines. Si ces limites concernent le secteur des R.H., on les retrouve également dans d'autres domaines tels que celui de la santé. ■

PERSPECTIVES INTERNATIONALES

Les acteurs de l'innovation dans le domaine du numérique opèrent dans un contexte de « compétition pour l'intelligence artificielle » non seulement français, mais aussi international. Nous avons donc souhaité, dans cette partie, prendre de la hauteur et regarder les développements de l'IA en Chine, en Europe et aux États-Unis. Ces différents contextes témoignent bien de la diversité des manières d'aborder le domaine de l'IA, mais aussi des enjeux qu'il pose pour l'Europe.

Soulignons en premier lieu que le regain d'intérêt actuel envers les techniques de l'IA se situe après d'autres vagues d'enthousiasme technologique, du Web 2.0 à l'Internet des objets en passant par le Big Data. Et cela, sans pour autant qu'une rupture soit clairement identifiée par rapport à la période précédente : celles-ci forment d'ailleurs l'ossature nécessaire au développement du machine learning, comme le montre l'apport du Big Data à l'avènement du *Deep Learning*, ou l'existence des objets connectés comme infrastructure produisant des données sur lesquels l'apprentissage automatique peut être développé. De surcroît, il est intéressant de constater que le succès de l'expression « intelligence artificielle » n'est sans doute pas dû au hasard, puisqu'elle convoque tout un ensemble d'imaginaires potentiellement pertinents à sa diffusion. Comme l'expliquent [Gabriele de Seta](#) et [Christian Katzenbach](#), on retrouve à la fois l'imaginaire de l'automatisation et de la puissance des techniques d'une part chez les Occidentaux, mais aussi celui de la puissance du travail humain délégué aux machines chez les Chinois d'autre part.

Hormis ces considérations générales, un autre aspect ressort d'une lecture internationale des enjeux associés à l'IA : le degré d'abstraction des différentes postures proposées par les États envers l'IA est très variable. De la « promesse prométhéenne » décrite par le président français – qui interroge l'attitude à adopter par l'État – à la description de services ou d'applications (apps) tirant parti des techniques d'IA présentée par [Rachel Maguire](#), force est de constater la diversité des manières d'aborder le sujet, et donc des modalités pour soutenir son développement. Suivant les acteurs considérés, l'intention générale et les moyens mis en place fluctuent grandement. Certes, on retrouve partout le principe d'une IA provoquant une rupture, entraînant un changement du projet de société à construire. De même, il y a des actions communes de soutien, quels que soient les territoires : le cas du financement des activités de recherche publique et de R&D industrielle sur tous ces territoires en atteste. Il existe néanmoins des nuances dans les autres modalités d'encouragement de l'IA.

L'opposition est à cet égard flagrante entre les États-Unis et la Chine, la première articulant sa politique autour d'un assouplissement réglementaire et la mise en place d'avantages concurrentiels, tandis que la seconde allie protectionnisme et commande publique ; lesquelles sont parfois tournées vers des activités qui n'existent pas encore dans les géants ou grandes PME locales. Des acteurs en Chine tels

que Tencent se retrouvent de ce fait avec des injonctions et des commandes étatiques sur des secteurs et des expertises en dehors de leurs compétences actuelles, mais l'objectif est justement d'élargir leur positionnement sur la chaîne de valeur de l'IA. Ce cas chinois, est ainsi particulièrement intéressant, dans le sens où les préconisations du gouvernement central sont extrêmement précises, visant plus largement l'élaboration de savoir-faire et de technologies *ad hoc*, débordant du cadre de l'IA. C'est le cas par exemple du développement d'une expertise dans les microprocesseurs chez des acteurs soutenus par l'État tel que Huawei. Ce cas indique également que la course à l'IA se joue certes sur la composante logicielle, mais aussi avec une dimension hardware non négligeable.

Enfin, en regard de cette analyse, un thème qui ressort en creux de ces entretiens concerne le positionnement européen, qui correspond aux enjeux suivants :

- ✗ **La lisibilité géographique de l'IA européenne** : si les compétences dans les pays de l'U.E. sont reconnues, la structuration spatiale de l'expertise de l'IA apparaît moins lisible qu'aux États-Unis avec son organisation de la R&D autour des grandes aires de l'innovation que sont la baie de San Francisco (ou la région de Boston), ou que la Chine et sa configuration en villes de trois ordres décrits par [Gabriele de Seta](#).
- ✗ **Les modes de financement** : les moyens de soutien public à l'IA, et plus largement à l'innovation technologique, dans un contexte de compétition internationale au sein duquel les autres territoires ne se donnent pas les mêmes règles selon les pays (commande publique, protectionnisme, etc.). Cette tension entre libéralisme et protectionnisme qui traverse les débats nationaux en Europe, pose ainsi la question de la compétitivité face à la Chine et aux États-Unis, mais aussi celle de la compétition entre les pays de l'Union.
- ✗ **Le positionnement général** : les pays européens cherchent leur place dans ce contexte, avec d'un côté une absence de stratégie unifiée au niveau de l'U.E., et de l'autre côté, une remise en question de la notion même de compétition, comme l'a montré récemment l'appel de l'alliance ALLAI à suivre une autre voie que l'affrontement frontal^{*}. En matière de positionnement, des acteurs publics, en France, en Allemagne ou aux Pays-Bas, souhaitent trouver une « troisième voie » entre la Chine et les États-Unis, en mettant plus l'accent sur la dimension « éthique » à donner à ces technologies. Si cet objectif paraît louable (et également souhaité par le gouvernement central chinois), il interroge néanmoins sur ses implications pratiques pour le développement économique. [Christian Katzenbach](#) souligne qu'il s'agirait sans doute de mettre en place des modalités d'innovation plus inclusives et plus respectueuses des utilisateurs potentiels des services dérivés de l'IA.

^{*} <http://allai.nl/there-is-no-ai-race/>



Christian Katzenbach

Christian Katzenbach est Senior Researcher à l'*Institute for Internet and Society* de l'Université Alexander von Humboldt de Berlin. Avec son collègue Jascha Bareis, il a récemment travaillé sur un projet qui compare les stratégies de pays tels que la France, les États-Unis et la Chine dans la course mondiale à l'Intelligence Artificielle*.
– Entretien réalisé et traduit de l'anglais par Nicolas Nova, février 2019

“

Là où nous avons identifié des différences frappantes [entre pays], c'est dans le cadre général de l'IA et sa relation avec les questions sociales, politiques et économiques.”

Comment en êtes-vous arrivé à aborder ce thème de l'IA et quelles dimensions avez-vous abordé dans votre projet sur les postures nationales de l'IA ?

C.K. : Ces dernières années, je me suis intéressé à la « ruée vers l'IA », dans ses dimensions médiatiques, économiques, politiques et académiques. Sur la base d'une analyse des rapports politiques – tels que les documents de stratégie, les plans et les politiques publiques publiés par des institutions comme le Parti communiste chinois, la Maison-Blanche ou le Parlement français – et d'une comparaison des discours publics des représentants de l'État, nous avons noté les points communs et les différences dans les priorités, les approches et les valeurs.

L'expression « IA » est très polysémique, avez-vous constaté des différences dans les manières de l'aborder, suivant les territoires que vous avez considérés ?

C.K. : Là où nous avons identifié des différences frappantes, c'est dans le cadre général de l'IA et sa relation avec les questions sociales, politiques et économiques. La stratégie française d'IA, par exemple, qu'Emmanuel Macron a présenté en 2018, s'intitule « IA pour l'Humanité ». Elle décrit l'IA comme « nouvelle Renaissance », qualifiant cette technologie de « promesse prométhéenne » qui nécessite un État régulateur fort et l'importance de considérer l'IA comme « bien public ». Afin de « renforcer le potentiel de la recherche française », le président français a annoncé son intention d'encourager financièrement les instituts de recherche publics (en plus de partenariats de recherche public-privé). Il a aussi déclaré son intention de créer un centre national de coordination de la recherche, comprenant un réseau de quatre ou cinq instituts à travers la France. Au total, Emmanuel Macron prévoyait de dépenser 1,5 mil-

liard d'euros pour l'IA au cours de sa présidence, dont la plus grande partie pour la recherche et les projets industriels.

De leur côté, les États-Unis se concentrent dans leurs documents stratégiques nationaux sur la déréglementation et l'établissement d'avantages concurrentiels. Leur politique vise à éliminer les obstacles à l'innovation en matière d'IA « où et quand nous le pouvons ». Le gouvernement américain veut favoriser la combinaison des forces gouvernementales, industrielles et du milieu universitaire afin de créer un avantage concurrentiel sur les autres pays. Concrètement, selon les documents de stratégie produits ces dernières années, les États-Unis ont assoupli les cadres réglementaires pour l'IA dans les secteurs du véhicule autonome, de l'utilisation des drones commerciaux et publics et dans les diagnostics médicaux. En ce qui concerne la recherche et le développement dans le secteur privé, le gouvernement Trump souligne son ambition de demeurer « le chef de file mondial de l'IA », en augmentant de plus de 40 % les investissements en R&D non classée pour l'IA depuis 2015 (1,1 milliard \$ en 2015).

De tous les gouvernements, le Parti communiste chinois (PCC) présente la stratégie d'IA la plus détaillée, la plus complète et la plus ambitieuse. Le PCC prévoit d'utiliser l'IA comme moyen universel de résoudre les problèmes. Pour concrétiser les choses, leur plan détaillé donne des spécifications techniques sur la façon d'intégrer l'IA dans l'information et l'industrie manufacturière afin de faire de « la Chine une superpuissance manufacturière (...) et une cyberpuissance ». Ni les documents de stratégie français, ni les propositions américaines ne sont aussi précis et détaillés, soulignant une fois de plus la détermination du PCC à réaliser son plan très ambitieux. La stratégie chinoise se caractérise également par la volonté de fusionner cette technologie « civile » de l'IA avec des innovations et des applications militaires.

* Voir une introduction au projet : <https://www.hiig.de/en/global-ai-race-nations-aiming-for-the-top/>

Ces imaginaires de l'IA décrits dans les documents étatiques ne doivent pas seulement être compris comme constitutifs, mais aussi comme performatifs : ils ont bel et bien un effet, et ils créent des situations d'irréversibilité.

Sur la base de votre recherche, comment analysez-vous ces différentes postures de soutien ?

C.K. : Les stratégies nationales que nous avons analysées combinent politiques publiques et discours sur l'IA. Elles comportent à la fois des modalités de soutien technologique, un positionnement stratégique national et une représentation de l'imaginaire des biens publics et privés dans la société. Dans la plupart des cas, elles esquissent des visions et des ambitions générales, mais elles sont plutôt discrètes sur les mesures concrètes pour les atteindre. La plupart allouent – ou du moins promettent d'allouer – des ressources à la recherche sur l'IA. Elles énumèrent les politiques et les réglementations déjà publiées et présentent des feuilles de route pour des mesures et initiatives à venir. Leur fonction combine donc un positionnement stratégique – pour stimuler le secteur et l'orienter, voire légitimer des mesures à venir – et quelques idées de mesures et réglementations concrètes. Il est donc difficile pour l'instant d'évaluer l'impact de ces intentions. Mais, pris dans leur ensemble, ces documents reflètent très probablement déjà les différents cadres et imaginaires qui circulent dans les pays que nous avons considérés. Nous planifions actuellement des études qui examinent l'évolution des discours des médias sur l'IA au fil du temps et entre les pays afin de comprendre comment différents imaginaires circulent à travers ces domaines et deviennent dominants ou marginaux.

Qu'attendent les États chinois, étasuniens ou français de ces propositions ?

C.K. : Ces stratégies nationales de l'IA peuvent être comprises comme le socle de l'institutionnalisation de ces technologies dans nos vies et dans nos sociétés. Bien que l'expression d'intelligence artificielle soit très exagérée, nous sommes en train d'assister au déploiement d'un cadre conceptuel qui permettra de comprendre cette évolution, d'identifier les problèmes éventuels, mais aussi d'échafauder des solutions ou des mesures concrètes pour y répondre. De cette façon, les éléments de cadrage proposés dans ces documents sont plus que de simples discours. Ces imaginaires de l'IA décrits dans les documents étatiques ne doivent pas seulement être compris comme constitutifs, mais aussi comme performatifs : ils ont bel et bien un effet, et ils créent des situations d'irréversibilité car les investissements demandent un retour et les promesses politiques doivent être tenues. Pour prendre un exemple concret, le Parti communiste chinois exploite stratégiquement l'innovation civile à des fins militaires et *vice versa*.

À plus long terme, pensez-vous que les différentes mesures concrètes prises par les différents États vont faire évoluer les imaginaires de l'IA ?

C.K. : Les documents stratégiques et les politiques publiques s'inscrivent dans le processus social plus large de la négociation d'imaginaires sociotechniques. Ils renforcent, modifient légèrement ou réorientent fondamentalement les représentations que nous nous faisons des technologies. Une fois en place, les politiques publiques sont des matérialisations très solides de ces imaginaires. Mais d'un autre côté, en l'absence d'une légitimation sociale générale, elles sont le plus souvent insuffisantes. Pour prendre un exemple dans un autre domaine, les réglementations strictes anti-tabac du début des années 2000 en Europe n'auraient probablement pas été couronnées de succès sans l'intérêt croissant des sociétés européennes pour les questions de santé et de bien-être.

Les différences frappantes entre la France, les États-Unis et la Chine que nous avons identifiées mettent en évidence des nuances politiques et culturelles, mais elles montrent aussi que ces scénarios sur la place de l'IA, et notamment le rôle de l'automatisation, sont très contestés sur tous ces territoires. Nous sommes en train de négocier comment nous voulons vivre avec l'automatisation et l'IA à l'avenir. Or, cette négociation ne porte pas seulement sur la technologie, les politiques et les budgets, elle est fortement ancrée dans les mythes et les métaphores que nous employons tous.

Où sont les discours qui expliquent clairement que l'IA est un bien public utilisable pour le bien-être de la population ?

Selon vous, sur la base de votre étude, quels imaginaires de l'IA semblent absents dans ces discours ?

C.K. : Bien que l'on parle un peu d'IA pour l'humanité, d'éthique et d'équité, la plupart des imaginaires et des scénarios concrets sont fortement guidés par des arguments essentiellement économiques et technologiques. Qu'est-ce qui est possible ? Qu'est-ce qui est pratique ? Qu'est-ce qui est efficace ? Mais où sont les discours qui expliquent clairement que l'IA est un bien public utilisable pour le bien-être de la population ? Où sont les scénarios qui se passent de l'IA, et qui identifient des domaines où nous ne voulons pas que le tri et la prise de décision se fassent automatiquement ? ■



Gabriele de Seta

Gabriele de Seta est anthropologue des médias. Après avoir été *postdoctoral fellow* à l'Institut d'Ethnologie Academia Sinica à Taipei (Taiwan), il travaille actuellement comme chercheur indépendant. Son projet le plus récent a consisté à cartographier l'état actuel des industries chinoises de l'IA. Il nous résume ici les grands enjeux qu'il a mis au jour.

– Entretien réalisé et traduit de l'anglais par Nicolas Nova, février 2019

“

La véritable innovation actuelle en Chine concerne le hardware.”

Comment décririez-vous l'intérêt récent pour l'IA en Chine ?

G.d.S. : L'IA fait la une de l'actualité en Chine depuis moins de cinq ans. Cela a littéralement commencé après la victoire d'AlphaGo [au jeu de Go] qui a mené à un engouement populaire, puis à une frénésie entrepreneuriale : des entreprises ont commencé à développer leurs propres produits et services de démonstration, et le gouvernement central a suivi avec des recommandations générales pour l'industrie, des plans de développement et plus récemment des propositions de régulation.

Cette manière d'aborder l'IA suit les mêmes tendances que l'on a vues avec les vagues d'innovation technologiques antérieures. Comme dans le cas du « Web 2.0 » ou du Big Data, l'intelligence artificielle a suivi un modèle qui passe du battage médiatique autour de l'industrie des médias et des technologies, au développement réel de services et produits par toutes sortes d'acteurs locaux. Comme antérieurement, le domaine a été stimulé par d'importants investissements, tant de capital-risque que de fonds publics, et il y a souvent eu des dépenses excessives ou de nombreuses promesses non tenues. Néanmoins, une autre dimension de cette consolidation de l'IA est liée au protectionnisme chinois : en raison de l'obstacle plus élevé qui empêche les entreprises américaines et européennes d'entrer en Chine, il y a une grande ouverture pour développer des choses qui peuvent ensuite être sous-traitées par le gouvernement aux grandes entreprises que sont Baidu, Tencent et Alibaba, ou des plus petites telles que iFLYTEK. Le gouvernement central les sollicite, via des commandes publiques ou des demandes de développer tel ou tel genre de projets, ce qui leur donne la possibilité de diversifier leur gamme de services et leur expertise.

Est-ce que cet intérêt pour l'IA débouche sur des succès commerciaux ou entrepreneuriaux ?

G.d.S. : Baidu a fait preuve d'une certaine clairvoyance en matière d'intelligence artificielle, en commençant

très tôt, à partir de 2012 ou 2013, à faire des recherches à ce sujet par rapport aux deux autres BAT*. Les deux autres géants chinois que sont Alibaba et Tencent ont récemment commencé à rattraper leur retard, mais Baidu a l'avantage d'être construit autour d'un moteur de recherche ; il a donc de vastes ensembles de données pour faire des choses avec l'IA. Quoi qu'il en soit, les BAT développent des applications d'IA proches de leur expertise – Alibaba principalement autour du commerce électronique et du *cloud computing*, Tencent autour du divertissement et des jeux – mais il est intéressant de noter que ces champions nationaux se voient attribuer certains domaines de développement par le gouvernement. Tencent a par exemple été chargé de développer une IA médicale, alors que ce n'est pas leur domaine initial.

À côté de ces grands conglomérats, certaines start-ups sont aussi très actives. C'est notamment le cas de iFLYTEK qui est très active dans le champ de la reconnaissance vocale/l'IA de la parole depuis 1999. De son côté, ByteDance explore l'utilisation de l'IA dans la recommandation de news et la fourniture de contenus personnalisés. Un autre géant en devenir est certainement SenseTime, basé à Hong-Kong, qui se concentre sur les logiciels de vision par ordinateur pour les caméras. Ils ont récemment reçu beaucoup de commandes pour des systèmes de surveillance par le gouvernement central. Un acteur moins connu en Europe est enfin Jingdong (JD), une organisation de commerce électronique qui est en concurrence directe avec Alibaba, et qui applique des techniques d'IA à la logistique et à la robotique.

Outre ces exemples dans le secteur logiciel, la véritable innovation actuelle concerne le hardware ; avec des entreprises telles que Cambricon ou Huawei qui développent aujourd'hui les prochaines générations de microprocesseurs spécialisés dans les besoins des programmes d'IA. Cette volonté des acteurs chinois de gagner leur indépendance infrastructurelle est un phénomène nouveau et qui avance à grands pas. Ces initiatives visent à mieux résister aux fluctuations des marchés internationaux, en particulier pour éviter les

* L'acronyme BAT (Baidu Alibaba Tencent) pourrait être lu comme l'équivalent chinois des "GAFA" (Google Apple Facebook Amazon). On y rajoute parfois le « X » de (BATX) de Xiaomi, fabricant d'objets connectés.

taxes d'exportation américaine, voire les interdictions du gouvernement américain empêchant Intel ou Qualcomm à vendre ce genre de puces à la Chine.

D'après vos travaux, quels sont les facteurs clés de succès pour l'IA en Chine ? Et dans quels domaines ?

G.d.S. : C'est en premier lieu l'accès à des immenses quantités de données, combiné à la disponibilité de fonds de capital-risque prêts à investir dans des technologies nouvelles. Le tout accompagné d'une politique gouvernementale très favorable. L'empressement du gouvernement à déployer des systèmes de surveillance comme la reconnaissance faciale et la reconnaissance vocale (et toute l'infrastructure du « crédit social ») est une opportunité immense pour les entreprises offrant ce type de services. Il faut cependant noter que les Big Data sont de plus en plus réglementés en Chine, et bien que le pays ait connu une croissance en termes de brevets déposés et de recherche publiée, l'innovation accuse toujours un certain retard par rapport aux États-Unis. Il semble que la plupart des développements en IA reproduisent des choses mises au point ailleurs pour le bénéfice de ce vaste marché local. Enfin le protectionnisme fait que des acteurs tels que Google sont toujours exclus de la Chine, Amazon n'a jamais vraiment pénétré le marché local, Facebook est censuré depuis 10 ans. Tout cela permet fondamentalement aux entreprises locales d'offrir des services de substitution et de capitaliser sur cet énorme marché très rapidement.

La difficulté réside dans l'écart entre l'enthousiasme du gouvernement central pour une technologie et les perspectives réelles sur le marché. De nombreuses villes créent des parcs d'IA pour attirer et incuber des start-ups ou pour créer des secteurs entiers de l'industrie, mais on ne sait pas exactement combien d'entre elles viendront s'implanter.

Qu'est-ce qui est difficile selon vous pour le développement de l'IA en Chine ?

G.d.S. : Malgré les difficultés techniques liées à l'IA en général, il n'y a rien de particulièrement délicat. Il est extrêmement facile de mettre sur pied une entreprise d'IA et d'obtenir du financement, avec le soutien gouvernemental disponible. C'est probablement l'un des territoires les plus intéressants pour travailler en ce moment, mais je ne suis pas certain des perspectives de l'industrie sur le long terme. Il semble également que les sociétés BAT soient en passe d'acquiescer des

start-ups performantes pour concentrer leurs activités d'intelligence artificielle, de sorte que les choses vont probablement changer assez rapidement d'ici quelques années. Comme pour d'autres développements technologiques en Chine, la difficulté réside dans l'écart entre l'enthousiasme du gouvernement central pour une technologie et les perspectives réelles sur le marché. De nombreuses villes créent des parcs d'IA pour attirer et incuber des start-ups ou pour créer des secteurs entiers de l'industrie, mais on ne sait pas exactement combien d'entre elles viendront s'implanter ou si celles-ci survivront aux différentes demandes de financement dans les fonds qu'elles sollicitent !

Pouvez-vous nous en dire plus sur la manière dont l'écosystème des industries de l'IA est organisé géographiquement ?

G.d.S. : La géographie de l'IA chinoise reproduit des modèles cycliques de développement technologique dans le pays. Cela commence en général à l'étranger, avec des chercheurs chinois travaillant dans des entreprises américaines, qui retournent en Chine pour créer des filiales locales de ces entreprises, pour diriger des instituts de recherche ou pour rejoindre des entreprises locales dans les villes principales, où sont basées les BAT et autres grandes entreprises. La plupart des fonds de capital-risque et de démarrage s'intéressent ainsi aux régions côtières et aux grandes villes : Beijing en tant que capitale (proche du pouvoir politique), Shanghai, et Shenzhen (le centre mondial de conception et de fabrication de l'industrie électronique). Cette dernière offre un écosystème particulièrement intéressant, car la plupart des produits d'IA grand public proposent des services dont la distribution ou l'accès reposent sur des appareils conçus sur place (haut-parleurs connectés, objets connectés, véhicules autonomes). La proximité entre la conception logicielle et matérielle est très efficace, et permet des avancées rapides.

Il y a ensuite un deuxième ensemble de villes relativement plus petites, qui essaient d'attirer les investissements, en développant un aspect de l'industrie. Des provinces essaient par exemple de devenir leader du véhicule autonome, ou de la vision par ordinateur, de sorte qu'une sorte de différenciation spatiale apparait. Et à mesure que l'industrie se diversifie, les emplois de bas niveau sont délocalisés vers les provinces de l'intérieur, moins développées, où les entreprises locales se chargent de la saisie et du traitement des données. ■

BIBLIOGRAPHIE INDICATIVE

- Casilli, A. (2019), *En attendant les robots*, Paris : Seuil
- Domingos, P. (2018), *The Master Algorithm : How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World*, New York : Basic Books
- Ganascia, J.B. (2018), *Intelligence artificielle: vers une domination programmée ?* Paris : Le Cavalier Bleu
- Kyrou, A. (2018), *Les imaginaires de l'intelligence artificielle*, Cahiers COSTECH numéro 2.
<http://www.costech.utc.fr/CahiersCOSTECH/spip.php?article92>
- Lafargue, J.N. & Montaigne, M. (2016), *La petite Bédéthèque des Savoirs - Tome 1 - L'intelligence artificielle. Fantômes et réalités*, Le Lombard.

RAPPORTS PUBLICS ET DE THINK TANKS

- Académie des Technologies (2018). *Renouveau de l'Intelligence Artificielle et de l'apprentissage automatique*
Disponible : http://academie-technologies-prod.s3.amazonaws.com/2018/04/06/13/49/30/183/Rapport_IA_DEF.pdf
- AI NOW INSTITUTE (2018) : *AI Now Report 2018*.
Disponible : https://ainowinstitute.org/AI_Now_2018_Report.pdf
- ANR (2012). *Intelligence Artificielle et robotique, les cahiers de l'ANR n°4*
Disponible : http://www.agence-nationale-recherche.fr/fileadmin/user_upload/documents/2012/Cahier-ANR-4-Intelligence-Artificielle.pdf
- Berger Roland (2018). *Joining the Dots : a map of Europe AI ecosystem*
Disponible : <https://www.rolandberger.com/en/Publications/Joining-the-dots-A-map-of-Europe%27s-AI-ecosystem.html>
- France IA (2018). *Rapport de synthèse, France Intelligence Artificielle*
Disponible : https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/2017/Rapport_synthese_France_IA_.pdf

WWW.

RETROUVEZ
TOUTES LES INTERVIEWS SUR

MILLENAIRE3.

COM

MÉTROPOLE DE LYON
DIRECTION DE LA PROSPECTIVE
ET DU DIALOGUE PUBLIC
20 RUE DU LAC - 69399 LYON CÉDEX 03