

Intelligence Artificielle, un nouvel horizon :
POURQUOI LA FRANCE A BESOIN D'UNE
CULTURE DU NUMÉRIQUE ?

Comprendre et débattre ses enjeux technologiques,
économiques, légaux et éthiques

Les Cahiers Lysias

sont heureux de vous présenter
leur nouveau numéro

En partenariat avec Ouest France



Intelligence Artificielle, un nouvel horizon :

POURQUOI LA FRANCE A BESOIN D'UNE CULTURE DU NUMERIQUE ?

Comprendre et débattre ses enjeux technologiques, économiques, légaux et éthiques

SOMMAIRE

Pourquoi une étude pluridisciplinaire sur l'IA ?

Adrien Basdevant, Lysias Partners

Qu'est-ce que l'IA ?

Eric Sibony, Shift Technology

IT, IA, le droit et le continent éthique

Jean-Pierre Mignard, Lysias Partners

Enjeux et histoire de l'IA

Tom Morisse, Faber Novel

Robots, intelligence artificielle et responsabilités

Adrien Basdevant et Ariel Schwartz, Lysias Partners

Cas d'usage de l'IA

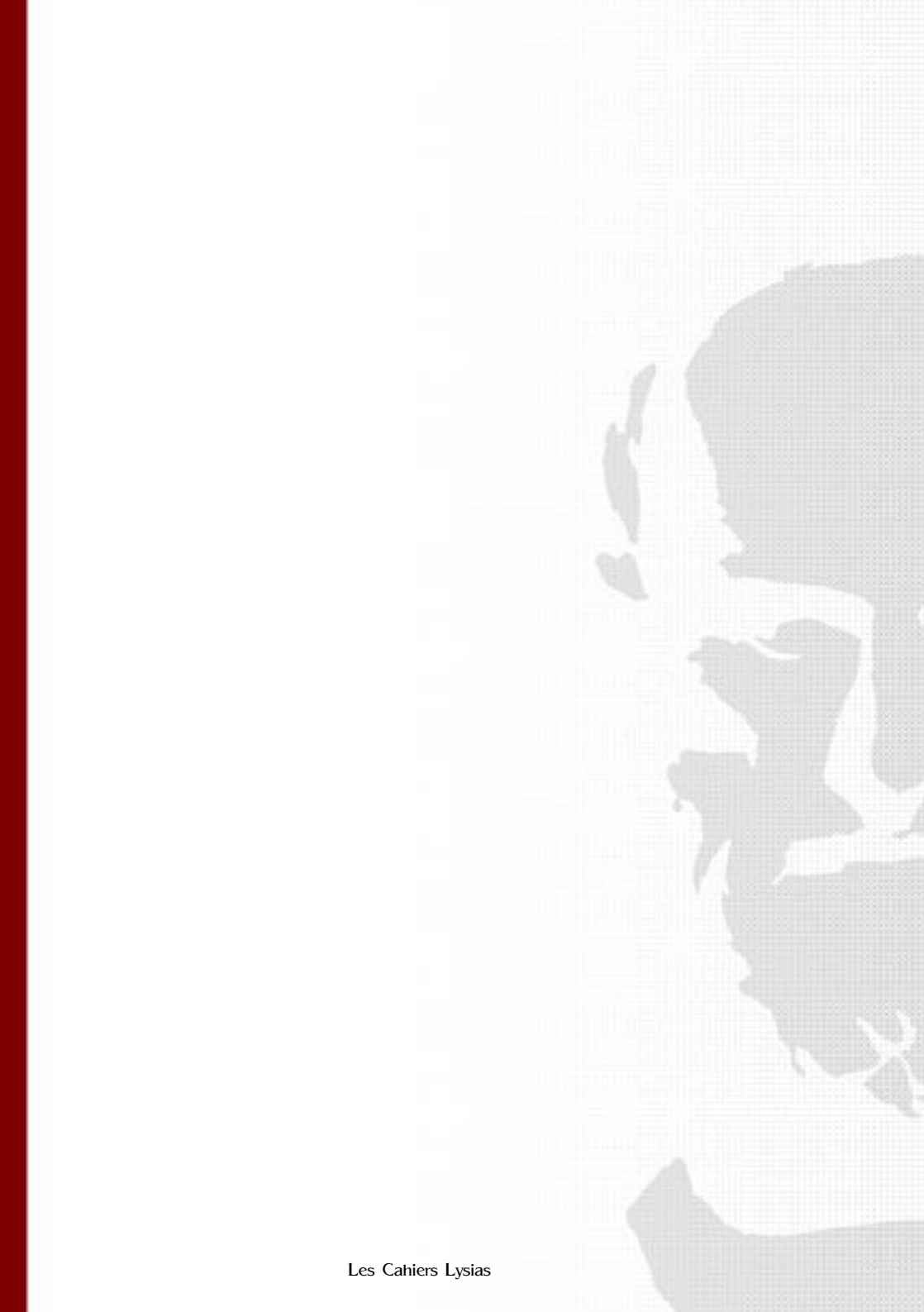
- **L'IA est « à la mode »**
Par Charles Ollion, Heuritech
- **L'apport de l'IA à la logistique internationale**
Loïc Marzin, Wakeo
- **En médecine : IA, impacts réels**
Karine Lévy-Heitmann, Epidemium
- **Quelles méthodes pour un usage raisonné de l'IA en Entreprise ?**
Florian Douetteau, Dataiku
- **L'impact de l'IA sur le droit et la justice : Qui contrôle le code ?**
Adrien Basdevant, Lysias Partners
- **Youtube peut-il être responsable de son algorithme de recommandation ?**
Soline Ledéser, Guillaume Chaslot, Frédéric Bardolle, AlgoTransparency

Panorama des métiers porteurs de la Data et de l'IA

Christopher Couthon, COUTHON CONSEIL

Conclusion « France is back »

Léo Souquet et Sébastien Corniglion, Data ScienceTech Institute



Pourquoi une étude pluridisciplinaire sur l'IA ?

Par **Adrien BASDEVANT**, Avocat associé – Lysias Partners

La France a atteint un véritable effet de seuil en matière de numérique. Notre pays affiche clairement son ambition de se positionner comme une place incontournable de l'économie numérique mondiale.

Nombreuses sont les illustrations attestant de cette conduite du changement qui, doucement mais sûrement, est en train de s'opérer afin de concurrencer la Silicon Valley, Singapour, Shanghai, Bangalore, Tel Aviv, Londres ou encore Berlin :

- Avec plus de **230 incubateurs**, les startups ont levé un montant record de **deux milliards d'euros en 2016** dans l'Hexagone.
- En mars 2017, après trois ans de rénovation et 250 millions de travaux, le Hall Freyssinet dans le 13^{ème} arrondissement de Paris s'est transformé en **Station F**, le plus grand campus de start-up au monde.
- Le Plateau de Saclay, pôle de recherche scientifique et technologique d'excellence en cours d'aménagement, affiche comme objectif de regrouper grandes écoles, universités, organismes de recherches et entreprises privées afin de représenter à terme un quart de la recherche scientifique française et rivaliser avec des centres d'excellence au niveau international comme Oxford, Cambridge, Yale ou Princeton.
- Dans les filières les plus prestigieuses, la spécialisation de **data scientist** (scientifiques des données) a émergé au point de devenir le nouveau métier star, attirant les profils qui préféraient jusqu'alors travailler sur des opérations de fusion-acquisition ou dans des cabinets de conseil en stratégie.
- Et tant d'autres...

Le numérique est sur toutes les lèvres.

Pas un jour ne passe sans qu'on entende parler de nouvelles technologies, de futurs usages. Et pourtant, le numérique est un sujet d'étude encore naissant, mal compris des politiques, trop peu enseigné lors des études.

Le numérique, des enjeux encore trop peu étudiés

Les appellations marketing se succèdent. Avant-hier le « Cloud », hier le « Big Data », aujourd'hui l'« Intelligence Artificielle », et demain ? ... la « Blockchain » me direz-vous sûrement.

Les entrepreneurs s'en réclament au gré des buzz qu'elles suscitent ; les journalistes les incitent pour tenter de décrire l'apparition de phénomènes qui nous dépassent. Si bien qu'aujourd'hui, tout le monde en parle mais personne ne se réfère au même objet.

Mélangeant pêle-mêle des concepts souvent forts différents, nous appauvrissons le débat, pour ne pas dire l'évitons en l'empêchant d'advenir. **Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?** Est-ce un gros mot ?

Qu'est ce qui se cache réellement derrière cette terminologie, lorsqu'on soulève le capot ésotérique d'une formule qui fascine autant qu'elle déboute, qui impressionne autant qu'elle effraie. Voici la première raison d'être de ce Cahier Lysias.

Nous partons d'un constat simple. Le numérique est un sujet de discussion enfin mûr en France. Nous possédons d'ailleurs d'incroyables talents (en témoigne Yann Le Cunn qui dirige le laboratoire d'intelligence artificielle de Facebook). Notre jeunesse s'engage dans ce tournant. Bref, un écosystème est en train de se former.

Force est de constater que si notre pays dispose d'importantes ressources, il n'existe à l'heure actuelle qu'une trop faible culture du numérique. Et cela pour au moins trois raisons :

1. Manque d'interdisciplinarité
2. Manque d'implication des politiques
3. Manque de moyens dédiés à l'éducation numérique

Insuffler une véritable culture du numérique en France

L'innovation ne pourra se développer dans notre pays qu'à condition de créer une culture du numérique.

De **nouvelles disciplines** doivent émerger : l'histoire des technologies, l'éthique des données, la sociologie de la robotique, ... **qui se situent à l'intersection des sciences dures et des sciences humaines.**

Cela nécessite une **hybridation des connaissances**. Le codeur de demain devra intégrer des questions éminemment éthiques, tout comme le juriste ne pourra pas être ignorant des statistiques.

Ainsi, de nouveaux champs d'études émergeront. Certaines formations commencent déjà à les intégrer. On pense notamment, pour ne citer qu'eux, aux champs des *Digital Humanities* enseignés à Sciences Po, ou encore aux modules de formation proposant des projets alliant étudiants ingénieurs, écoles de commerce et de design, comme le projet CPI (Création d'un Produit Innovant) à l'ESSEC. Ce qui est considéré comme une exception deviendra bientôt la règle.

Afin d'explorer ces nouveaux champs d'étude, nous devons **prôner la transdisciplinarité**. En effet, nous ne pouvons pas nous contenter de raisonner par silo. L'accélération du temps induite par les technologies appelle à une confrontation des domaines d'étude.

Ce nouveau paradigme a été très tôt compris et intégré par les grandes universités américaines. Ce qui explique pourquoi à Harvard, comme à Yale et à Stanford, ont été créés de **centres de recherche « Internet et société »**. Le « *Berkman Center for Internet and Society* », le « *Stanford Center for Internet and Society* » ou encore le « *Oxford Internet Institute* ».

Puisque nous avons en France la capacité et le potentiel, créons dès aujourd'hui des centres interdisciplinaires pour réfléchir de manière collective à l'impact des technologies sur la société !

Ceci est capital à plus d'un titre. **D'une part, ces centres permettront de créer une culture du numérique en France**. Philosophes, historiens, sociologues, ingénieurs, biologistes, physiciens, informaticiens, entre autres, réfléchiront ensemble et confronteront leurs idées.

Notre pays deviendra ainsi un centre de production de savoir. **Notre pays sera de son temps.**

Aujourd'hui ces profils et ces talents, s'ils existent, sont rares, ou du moins ne bénéficient pas d'une visibilité leur permettant d'être force de proposition. Car la deuxième étape est bien sûr de pouvoir expliquer, vulgariser, et démocratiser ces sujets de société, qui sont des enjeux de demain, qui nous façonnent tous.

En effet, la deuxième question qui se pose à nous est : **Comment démocratiser les enjeux du numérique pour la société civile afin que chacun se les approprie et s'implique ?**

A titre d'exemple, le chiffrement est-t-il souhaitable ou condamnable dans une société démocratique ? Doit-on permettre à chacun un droit à la déconnexion, et si oui sous quelles modalités ? Devra-t-on demain reconnaître les attributs d'une personnalité juridique aux robots ? Ou enfin doit-t-on enseigner le code à l'école ?

Ces questions sont d'une importance capitale aujourd'hui. Elles le sont d'autant plus que nos politiques sont malheureusement trop peu documentés sur ces aspects. Nous devons

remédier à ce manque d'intérêt et de connaissances de nos décideurs. Ceci constitue la condition nécessaire pour éviter toute réglementation qui empêcherait, par peur ou par paresse, l'apparition d'innovations, d'usages nouveaux.

Cela constitue également le prérequis pour envisager une troisième question : **Comment aider et accompagner les entrepreneurs dans le développement de leurs projets innovants ?** Car le succès de nos entrepreneurs est directement lié à celui de nos politiques publiques.

Telles sont les raisons qui nous ont poussés à envisager cette publication.



Adrien BASDEVANT, Avocat associé – Lysias Partners

Entrepreneur, devenu avocat spécialisé en droit du numérique, Adrien conseille et défend startups, PME et grands groupes dans leurs projets innovants. Il intervient notamment dans le cadre de litiges complexes en droit des affaires, droit pénal, ainsi que dans le domaine des nouvelles technologies. Adrien bénéficie d'une double formation de l'ESSEC Business School (parcours Grande Ecole) et de l'Université Panthéon-Assas. Passionné par l'impact des technologies sur la société, Adrien Basdevant a contribué au développement d'une start-up à New York avant de se former au sein de cabinets français et anglo-saxon. Co-auteur avec Cédric Manara (Senior Copyright Counsel at Google) du livre "101 questions juridiques sur les réseaux sociaux" (Editions Diateino, 2013), il a également publié le premier livre blanc sur le droit des drones. Il tient le blog "Un coup de données jamais n'abolira le hasard". Adrien s'intéresse de près à l'éthique des données, à l'économie collaborative, aux algorithmes et tout sujet de pointe suivant une approche transdisciplinaire.

Introduction

Nous tenons à remercier sincèrement l'ensemble des contributeurs pour le temps qu'ils ont consacré à cette réflexion commune et qui prouve l'importance de ces débats. Ce Cahier Lysias ne se veut pas exhaustif. Les études pourront d'ailleurs se poursuivre par la suite. Il présente néanmoins le mérite de montrer ce dont les acteurs de notre écosystème sont capables.

Pour réaliser cette étude pluridisciplinaire, nous avons demandé à plusieurs auteurs, d'horizons divers, jeunes porteurs de projets innovants, en France, d'apporter leur éclairage sur l'IA.

Afin d'être en mesure de comprendre et débattre les enjeux de l'IA, il semble pertinent de commencer par le début : l'IA, quèsaco ? Afin de parler le même langage, de bien comprendre les principaux concepts autour de l'intelligence artificielle et de la robotisation, le Cahier Lysias consacre son numéro à ce domaine nouveau, qui effraie parfois, qui fait aussi rêver mais qui suscite nombre d'approximations ou plutôt d'exagérations. Aussi, ce Cahier, encore rédigé par des êtres humains, s'attache à démystifier l'IA, à mesurer ses conséquences pratiques et à battre en brèche les usages spectaculaires et alarmistes. Un tour d'horizon sur ce nouveau monde, en gardant les pieds sur Terre.

Pour définir l'Intelligence Artificielle, l'explication d'un chercheur devenu entrepreneur paraissait indispensable. Qui de mieux pour cela qu'Eric Sibony ? Diplômé de l'Ecole Polytechnique, a soutenu une thèse de mathématiques appliquées en 2014, avant de fonder avec Jérémy Jawish SHIFT TECHNOLOGY, une startup de détection de fraude aux assurances grâce au Big Data.

L'intelligence artificielle ne date pas d'hier. Elle s'inscrit dans une **histoire** qu'il convenait de retracer avec précision pour en faire ressortir toutes les subtilités. C'est à ce voyage dans le passé et le futur que nous invite Tom Morisse, responsable de recherche chez FABER NOVEL, cabinet de conseil français spécialiste de l'innovation de rupture.

L'apparition de robots, parfois mus d'intelligence artificielle, capables de prendre des décisions en dehors de toute commande humaine et peut être autonomes par rapport à leur programmation initiale pose nécessairement la question de leur **responsabilité** et voire selon certains de la reconnaissance d'une personnalité juridique qui leur serait propre. Ces enjeux seront présentés par Adrien Basdevant et Ariel Schwartz, avocat et juriste du cabinet Lysias Partners.

Cette introduction théorique prendra tout son sens une fois confrontée à de véritables **cas pratiques**. Notre Cahier se voulait aussi et avant tout **pragmatique**, en donnant la parole à des entrepreneurs et meneurs de projets. Loïc Marzin, co-fondateur de WAKEO, actuellement incubé à ParisTech, fournit une précieuse illustration de l'impact de l'IA sur le transport, quand Karine Lévy-Heitmann, responsable du projet EPIDEMIUM, décrit avec précision les enjeux dans le domaine de la santé.

La caractéristique de ce Cahier est également sa vocation : **l'interdisciplinarité**, que l'on retrouve par la contribution de Charles Ollion, titulaire d'un PhD en intelligence artificielle et créateur de la prometteuse HEURITECH, startup française experte en *deep learning*, lauréate de plusieurs distinctions lors du salon VivaTech en juin 2017 à Paris. Florian Douetteau, brillant fondateur de la fusée française DATAIKU, éditeur d'un logiciel d'analyse des mégadonnées évoquera les méthodes pour un usage raisonné de l'IA en entreprise.

L'IA soulève de nombreuses craintes sur le futur de **l'emploi et du travail**. Christopher Coulhon, chasseur de talents, nous montrera quels sont les métiers de demain et comment s'y préparer. Les membres de l'équipe d'AlgoTransparency - Soline Ledésert, Guillaume Chaslot, Frédéric Bardolle – insisteront sur les potentiels **dérives** des algorithmes agissant comme des boîtes noires et dont l'opacité pourrait causer un problème de démocratie.

Enfin, nous avons choisi de donner la parole en conclusion au fondateur de Data ScienceTech Institute pour mettre en exergue l'importance de la formation et de l'éducation pour l'avènement d'une culture du numérique en France.


En mars 2017, le gouvernement a exposé son plan pour l'intelligence artificielle¹. A ce titre, nous devons d'ores et déjà favoriser, encourager et engager de nouveaux travaux.

Ceux-ci doivent d'ailleurs s'inscrire davantage dans la durée. A titre de comparaison, l'université de Stanford a décidé de faire un point tous les 5 ans, pendant 100 ans, dans le cadre de son étude « Artificial Intelligence and Life in 2030 »², explorant à la fois les avancées techniques de l'IA et ses implications sur la société.

Ce rapport constitue cependant un bel inventaire, digne du niveau de leurs excellents contributeurs et met en lumière certains de ses enjeux. Réalisé en seulement deux mois, il n'est probablement qu'une première étape d'un processus itératif. Malgré ses qualités, ce plan stratégique n'en est

¹ Rapport Stratégie France I.A., pour le développement des technologies d'intelligence artificielle, mars 2017, https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Actus/85/9/Rapport_synthese_France_IA_738859.pdf

² Peter Stone, Rodney Brooks, Erik Brynjolfsson, Ryan Calo, Oren Etzioni, Greg Hager, Julia Hirschberg, Shivaram Kalyanakrishnan, Ece Kamar, Sarit Kraus, Kevin Leyton-Brown, David Parkes, William Press, AnnaLee Saxenian, Julie Shah, Milind Tambe, and Astro Teller. "Artificial Intelligence and Life in 2030." One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel, Stanford University, Stanford, CA, September 2016. Doc: <http://ai100.stanford.edu/2016-report>. Accessed: September 6, 2016



pas vraiment un. Recensant les propositions de 10 groupes de travail, la cinquantaine de propositions finalement émises marquent par leur caractère théorique plus que pratique, assorti d'un plan d'action trop confus, sans aucun financement ou délai de mise en œuvre.

On veut faire de la France un leader de l'IA, mais la dynamique industrielle associée, même si elle est couverte, semble traitée de manière distanciée. Il faut recentrer le débat sur une approche plus pratique qui sache

sublimier l'excellence de la filière française dans ce domaine. La France en est capable, elle doit se donner les moyens de mettre en place un plan d'action digne de son potentiel.

Nous nous devons d'être ambitieux. Nous nous devons de créer aujourd'hui les conditions d'un écosystème compétitif et travaillant en bonne intelligence... collective ! Le débat est ouvert, rejoignez-nous.

Lysias Partners

Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?

Par **Eric SIBONY**, Co-fondateur et Directeur Scientifique, Shift Technology

Shift Technology

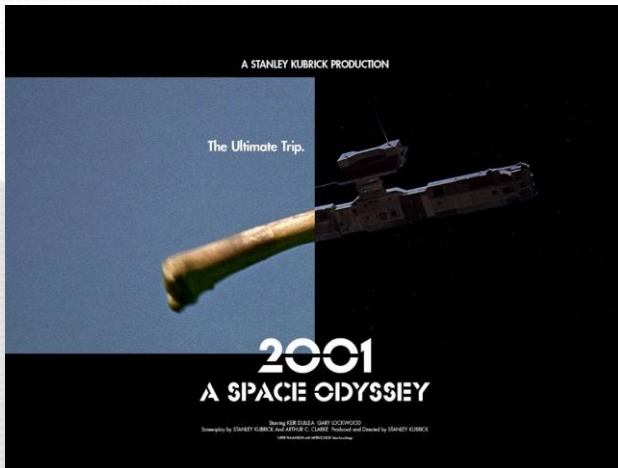
En seulement quelques années, l'intelligence artificielle (IA) est devenue un sujet omniprésent : les géants du GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft) investissent massivement pour en doter leurs produits, des nouvelles start-ups se créent tous les jours autour des applications de l'IA, les experts prédisent que l'IA va profondément transformer les emplois et la société dans les prochaines décennies. Il est cependant difficile de comprendre ce qui est en train de se passer tant les communications sur le sujet sont nombreuses et portent à confusion. Nous nous proposons dans cet article de présenter de manière synthétique ce qu'est l'IA, par une description de son objet et de ses techniques.

I - L'objet de l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle est le domaine scientifique qui traite de l'étude, la conception et la mise en œuvre de « machines intelligentes ». Il se situe aujourd'hui à l'intersection de très nombreux domaines de l'informatique et des mathématiques appliquées, et il est difficile d'en donner une définition qui fasse consensus. Celle que nous posons ici a le mérite d'être synthétique et générique, mais il faut bien sûr préciser ce que l'on entend par « machine intelligente » pour qu'elle ait un intérêt.

“ *Il convient d'abord de rappeler qu'ici, le mot « machine » ne désigne pas un objet physique mais plutôt un système automatique capable de traiter de l'information. L'objet d'étude de l'intelligence artificielle est donc différent de celui de la robotique, qui se consacre aux machines qui effectuent des mouvements dans l'espace.*

Ainsi, quand on parle de « robot » en intelligence artificielle on fait référence à un programme informatique faisant preuve d'une certaine forme d'intelligence, comme HAL 9000 dans 2001 l'Odyssée de l'espace ou Jarvis dans Iron Man, plutôt qu'à une machine humanoïde comme dans Terminator ou dans les œuvres d'Isaac Asimov.



Cette distinction est importante car dans un monde de plus en plus digital, l'intelligence artificielle n'a pas besoin d'attendre les progrès de la robotique pour avoir un impact sur le monde.

Si cette distinction est facile à saisir, il est moins évident de caractériser ce que l'on entend par une machine « intelligente ». Cela renvoie bien sûr à la question plus générale de ce qu'est l'intelligence. Si cette question peut être traitée par exemple par la psychologie, la philosophie ou la science-fiction, ce n'est pas l'objet de l'intelligence artificielle d'y répondre. La position de l'intelligence artificielle est plutôt de considérer que nous, êtres humains, avons une compréhension intuitive de ce qu'est l'intelligence et donc que nous pouvons juger si une machine fait preuve d'intelligence ou non. C'est le principe sur lequel repose le « test de Turing », proposé par Alan Turing en 1950. Celui-ci consiste à faire discuter une machine avec un être humain sans que ce dernier ne sache si son interlocuteur est une machine ou un humain. S'il n'arrive pas à conclure si c'est une machine ou un humain, c'est que la machine fait suffisamment preuve « d'intelligence ».

Le test de Turing n'est cependant pas utilisable en pratique pour évaluer le niveau d'intelligence d'une machine. En effet, à part si l'on souhaite évaluer une machine dont le but est de simuler une conversation humaine, le test de Turing ne donne aucune indication sur la méthode à adopter. Par exemple, un outil de tri automatique de photo peut faire preuve d'une certaine forme d'intelligence et pourtant il ne passera jamais le test de Turing, puisqu'il n'est même pas capable d'avoir une conversation. C'est également le cas pour les assistants vocaux comme Siri (Apple), Cortana (Microsoft), Alexa (Amazon) ou Google Home (Google). Quand on demande à l'un d'eux des

informations sur son prochain rendez-vous, on ne veut pas seulement que ceux-ci simulent une réponse d'un être humain, on veut qu'ils donnent des informations exactes. Un assistant vocal est donc considéré comme « intelligent » s'il répond correctement aux questions qu'on lui pose ou fait les actions qui correspondent aux demandes qu'on lui fait. **En réalité d'ailleurs, personne ne va confondre un assistant vocal avec une intelligence humaine, si bien que ces assistants peuvent être considérés comme intelligents alors qu'aucun d'eux ne passe le test de Turing.**



Marvin Minsky (1927, 2016) co-fondateur avec l'informaticien John McCarthy du Groupe d'intelligence artificielle du Massachusetts Institute of Technology (MIT)

En pratique, pour mesurer le niveau d'intelligence d'une machine, il faut d'abord définir une tâche que l'on considère comme complexe, ou comme le formule Marvin Minsky, un des fondateurs du domaine de l'IA, comme étant « pour l'instant, accomplie de façon plus satisfaisante par des êtres humains ». On considérera alors qu'une machine est « intelligente » par rapport à une certaine tâche complexe – en général celle pour laquelle elle a été conçue – si son niveau de performance pour celle-ci est suffisamment élevé. Ces tâches « complexes » peuvent se répartir en pratique en plusieurs catégories, en fonction du niveau d'expertise requis pour qu'un être humain puisse les résoudre :

- **Tâches réalisables par la plupart des êtres humains.**
ex : tri de photos, conduite, recommandation de produits
- **Tâches réalisables par des êtres humains qualifiés.**
ex : diagnostic médical, détection de la fraude, traduction
- **Tâches réalisables par des êtres humains géniaux.**
ex : jeu intellectuel au niveau du champion du monde, découverte scientifique révolutionnaire, création artistique de génie.

“ *Il est intéressant de noter que la difficulté d'une tâche pour une machine n'est pas corrélée à la difficulté pour un être humain d'effectuer cette tâche (il s'agit d'ailleurs du paradoxe de Moravec). Les machines ont par exemple dépassé le niveau humain aux échecs*

depuis 1997, avec la victoire de Deep Blue sur le champion du monde Gary Kasparov. A l'inverse, les machines sont encore très loin de pouvoir répondre à des questions simples sur une histoire pour enfant.

La difficulté d'une tâche pour une machine dépend en fait en premier lieu de la précision avec laquelle la tâche est définie. Nous détaillons ce point plus bas.

Le niveau d'intelligence d'une machine pour une tâche étant donc donné par sa performance pour celle-ci, on peut dire qu'une machine est « intelligente » si sa performance est suffisamment satisfaisante. Ce niveau dépend bien sûr de la tâche. **On considérera par exemple qu'un véhicule autonome est intelligent s'il peut aller d'un point A à un point B en conduisant aussi bien qu'un conducteur humain normal ; ce n'est pas nécessaire qu'il conduise aussi bien que le champion du monde de formule 1.** A l'inverse, un *chatbot* simulant une discussion humaine ne sera jugé intelligent que s'il garde un comportement « humain » face à tout type de conversation. Par exemple, le *chatbot* Tay de Microsoft sur Twitter a été retiré au bout de 24h car il avait « appris » à tenir des propos racistes sous l'action d'utilisateurs provocateurs. Il n'a donc pas su faire preuve de morale, ce qui est inacceptable pour ce genre d'application.





Dans les catégories de tâches décrites, nous avons omis celle des tâches qu'aucun être humain ne peut réaliser, comme prédire avec précision la météo ou le cours de la bourse. De plus en plus de modèles et algorithmes utilisés en IA sont en effet appliqués à ce genre de problèmes de prédiction. **Ils ne touchent pas cependant au cœur de l'IA.** Ces problèmes sont effectivement extrêmement chaotiques par nature et on ne sait même pas si l'on pourra un jour les résoudre ou s'il y a en fait une limite infranchissable sur la précision des prédictions. A l'inverse, il est naturel de penser que les tâches réalisables par le cerveau humain sont potentiellement réalisables par des machines. C'est pourquoi **l'IA s'intéresse dans un premier lieu aux tâches réalisables par des êtres humains.**

La méthode générale actuelle pour résoudre les tâches décrites précédemment est de concevoir une machine pour chaque tâche. Si une machine est capable de résoudre une certaine tâche avec un niveau de performance satisfaisant mais n'est capable d'en résoudre aucune autre, on dit qu'elle présente **une intelligence « faible »**. Si elle est capable de résoudre un ensemble de tâches prédéfinies, elle présente toujours une intelligence faible, puisqu'elle applique pour chaque tâche la méthode de résolution associée. Elle peut en plus résoudre la tâche d'identifier automatiquement la tâche à résoudre parmi l'ensemble des tâches prédéfinies, cela ne fait qu'une tâche prédéfinie en plus.

Le but ultime de l'intelligence artificielle est d'aboutir à des machines faisant preuve d'**une intelligence « forte »**, c'est-à-dire capables de résoudre n'importe quelle tâche qu'un être humain peut résoudre, y compris celle de déterminer quelle est « la tâche à résoudre » dans une situation donnée. Une telle machine serait capable de remplacer un

être humain pour n'importe quelle tâche (non manuelle), ce qui révolutionnerait sans doute l'économie et la société (ce n'est cependant pas l'objet de cet article de détailler ce point).

Il se trouve cependant que l'on ne sait pas véritablement quelles tâches résolvent les humains, si bien qu'on ne sait pas quelles tâches donner à résoudre aux machines. Comme le disait John Von Neumann : « Si vous me dites précisément ce qu'une machine ne peut pas faire, je pourrai vous construire une machine qui fait exactement ça ». Ainsi, il se pourrait que le grand défi du domaine de l'intelligence artificielle – la création d'une intelligence artificielle forte – réside plus dans la définition de son objectif que dans sa résolution.

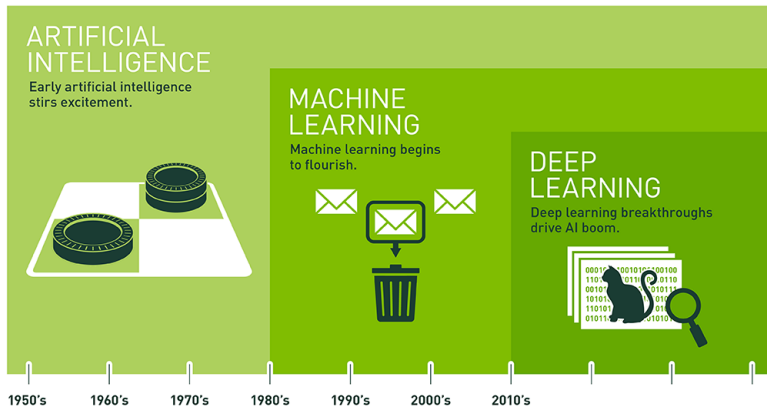
II - Les techniques de l'intelligence artificielle

Les questions de l'intelligence artificielle sont apparues très vite après le développement des premiers ordinateurs. Alan Turing et Jon Von Neumann, considérés comme les deux fondateurs de l'informatique, s'y sont d'ailleurs tous deux intéressés. Le domaine de l'intelligence artificielle a connu cependant un développement très limité comparé à celui de l'informatique en général. Beaucoup de domaines de l'informatique ont en effet connu un essor fulgurant au cours de la 2^e moitié du 20^e siècle : par exemple les simulations numériques ont révolutionné de nombreuses industries, les bases de données, les systèmes de transactions, l'ingénierie logicielle l'informatique grand public ou encore l'Internet ont profondément changé notre société.

A l'inverse, **l'intelligence artificielle n'a eu jusqu'à récemment qu'un impact très faible sur l'économie ou la société.** Les premières machines intelligentes conçues dans les années 50 démontraient pourtant des capacités impressionnantes, si bien que la communauté pensait qu'une machine faisant preuve d'intelligence forte serait conçue dans les 20 ans. Les problèmes se sont avérés être bien plus difficiles que prévus et les progrès ont fortement ralenti. Les financements du domaine ont été suspendus, menant à un ralentissement de la recherche en IA dans les années 70-80, période appelée « hiver de l'IA ».

Le domaine de l'IA a redémarré dans les années 90 avec l'apparition de l'informatique dans les entreprises et les premières utilisations de machines intelligentes, par exemple pour lire automatiquement des chèques ou des enveloppes. Cela a provoqué un regain d'intérêt pour l'IA, une augmentation des financements et une redynamisation du domaine. Ce redémarrage s'est également accompagné d'un rapprochement avec les statistiques, apportant à la fois des outils théoriques pour mieux comprendre les machines intelligentes et des méthodes pratiques pour en concevoir de nouvelles.

C'est cependant depuis les années 2010 que l'intelligence artificielle connaît une véritable explosion tant sur le plan académique qu'industriel, avec le développement du *big data*, de la *data science* et du *deep learning*.



Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

What's the difference between Artificial Intelligence (AI), Machine Learning, and Deep Learning, NVIDIA Blog

L'apprentissage automatique

Dans le but de résoudre des tâches réalisables par des humains, le domaine de l'IA a naturellement développé des principes correspondant aux processus cognitifs humains. **Un des principes les plus utilisés est celui de l'apprentissage.** Les êtres humains font en effet preuve d'une très grande capacité d'apprentissage, leur permettant d'acquérir des nouvelles capacités intellectuelles tout au long de leur vie : apprentissage du langage, de capacités de raisonnement, de nouvelles langues, de nouveaux métiers ... Il est difficile de savoir si l'apprentissage est le seul processus à l'œuvre dans l'acquisition de ces compétences mais il est raisonnable de penser que si une machine peut apprendre, elle peut potentiellement résoudre un grand nombre de tâches. Un sous-domaine de l'intelligence artificielle s'est donc spécialisé dans les machines qui apprennent automatiquement, c'est **l'apprentissage automatique (machine learning en anglais).**

D'un point de vue informatique, on considère qu'une machine apprend si elle identifie « par elle-même » une façon de résoudre une tâche donnée. Considérons l'exemple de la reconnaissance de chiffres manuscrits. On dispose d'images contenant chacune un chiffre entre 0 et 9 écrit à la main et on veut concevoir une machine capable de donner pour une telle image le chiffre qu'elle représente. Informatiquement, une image est un tableau en deux dimensions (une matrice) où chaque case, appelée un pixel, contient un nombre. Pour simplifier, on peut supposer que les images sont en noir et blanc contrasté, si bien qu'un pixel est noir ou blanc, que

l'on représente respectivement par convention par les valeurs 0 et 1. Une image 256x256 est donc un tableau avec 256 cases par ligne et par colonne, chacune remplie d'un 1 ou d'un 0. Le problème consiste donc à définir une fonction, dite « de décision », qui envoie un tel tableau sur un des 10 chiffres possibles entre 0 et 9.

Une approche possible est de définir cette fonction « à la main » et d'implémenter une machine qui l'applique. De telles fonctions ont été proposées dans la littérature, en exploitant des propriétés géométriques ou topologiques des courbes que font les chiffres manuscrits. L'autre approche est de faire *apprendre* cette fonction *par* la machine. Pour cela, on **constitue un « jeu de données d'apprentissage »**, c'est-à-dire on sélectionne un ensemble d'images et on labellise chacune avec le chiffre qu'elle contient. On fournit ensuite cet ensemble d'exemples avec les réponses à la machine et on lui fait trouver la meilleure fonction de décision possible qui soit (globalement) compatible avec ces exemples, grâce à différents types d'algorithmes statistiques. Cette démarche reproduit une partie de l'apprentissage des enfants : quand un enfant apprend à lire les chiffres, on lui montre des exemples avec les réponses, et il trouve par lui-même comment les identifier (en général l'apprentissage exploite en fait également d'autres modes de transmission du savoir, voir plus bas).

La difficulté dans cette approche est de concevoir une machine capable de généraliser. En effet, une fois le jeu de données d'apprentissage fourni à la machine, le but n'est pas qu'elle sache identifier les chiffres contenus dans les images de cet ensemble. Cela serait résolu de manière triviale en le stockant et en y accédant à chaque décision. L'objectif est que la machine soit capable de correctement identifier le chiffre contenu dans une image qui n'était pas dans cet ensemble. C'est pourquoi la performance d'une machine apprenante se mesure sur un jeu de donnée de test, c'est-à-dire un ensemble d'exemples labellisés dont la machine n'a pas connaissance pendant sa phase d'apprentissage. Une machine avec un haut niveau de performance aura ainsi réussi à trouver, à partir des exemples du jeu de données d'apprentissage, une fonction de décision suffisamment générale pour identifier le chiffre contenu dans n'importe quelle image.

Data science et Big Data

De manière assez naturelle, le niveau de performance d'une machine après apprentissage dépend de deux facteurs : sa capacité de généralisation, et la représentativité du jeu de données d'apprentissage. Ce dernier étant souvent tiré uniformément au hasard, sa représentativité dépend directement de son nombre. Ainsi, il est difficile d'avoir une performance élevée avec seulement quelques exemples, mais cela est plus facile avec plusieurs millions. **C'est sur la base de ce principe que s'est développé le big data.** Avec la diminution drastique du coût de stockage des données est apparue la possibilité d'entraîner des machines sur des jeux de données de plusieurs millions voire milliards d'exemples et donc potentiellement d'aboutir à des machines extrêmement performantes.

Si ce principe simple offrait une belle promesse, son application s'est avérée être limitée. **Pour obtenir un jeu de données d'apprentissage important il ne suffit pas en effet de disposer de beaucoup de données, il faut que celles-ci soient labellisées.** S'il est concevable de labelliser à la main 1 000 ou 10 000 exemples, cela devient beaucoup trop coûteux pour 1 000 000 d'exemples. Obtenir un jeu de données d'apprentissage d'une telle taille n'est donc possible que si la labellisation est faite de manière automatique. C'est le cas par exemple en publicité ciblée ou en recommandation sur internet, où le cliquer d'un utilisateur fait office de label de pertinence pour le produit proposé. Mais dans de nombreux cas les données ne sont pas acquises avec leurs labels.

Ce coup de projecteur a néanmoins fait prendre conscience de la valeur que peuvent avoir les données pour entraîner des machines apprenantes. Cela a mené à l'identification de méthodes et techniques clés pour mettre en œuvre ces machines, en *machine learning* mais aussi en ingénierie de la donnée, constituant la « data science ». Le domaine de l'IA a également abouti à un ensemble de modèles et algorithmes standards pour les machines, chacun faisant preuve d'une capacité de généralisation variable en fonction de la tâche à résoudre.

Le deep learning

Et puis **le deep learning est arrivé. Il s'agit du sous-domaine du machine learning qui traite des modèles de « réseaux de neurones profonds ».** Inspirés du fonctionnement du cerveau humain, les réseaux de neurones sont parmi les premiers modèles à avoir été inventés en IA, dès les années 50. Après plusieurs phases de développement au cours du 20^e siècle, ils ont perdu l'intérêt de la majorité de la communauté dans les années 2000. Ils ont fait un retour fracassant en 2012, quand une équipe de chercheurs a largement dominé la compétition annuelle de classification d'images ImageNet grâce à un réseau de neurones profond. L'année d'après, toutes les équipes utilisaient des modèles similaires. Depuis, le *deep learning* a été introduit dans de très nombreuses tâches, devançant à chaque fois de très loin les modèles concurrents, même ceux issus de décennies de recherche spécifique, comme en traitement d'image, en traitement de l'audio ou en traduction automatique.

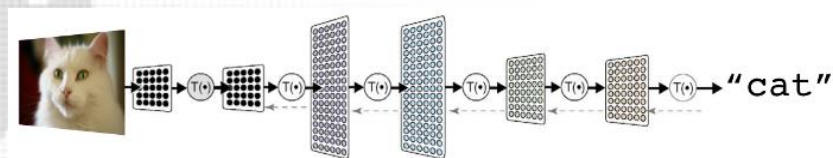
Le *deep learning* se démarque en intelligence artificielle par plusieurs prouesses. La première est le niveau de performance atteint : celui-ci est très proche du niveau humain pour de plus en plus de tâches, notamment de **perception complexe**, que l'on n'imaginait pas résoudre il y a encore quelques années. La deuxième est sa **généricité** : même si l'application à une nouvelle tâche nécessite beaucoup d'ajustements, c'est l'utilisation d'un ou plusieurs réseau(x) de neurones profond(s) qui permet à chaque fois d'atteindre ce niveau de performance. La troisième enfin est **l'intuition** que nous avons de sa capacité de généralisation. De nombreuses expériences font en effet penser que les réseaux de neurones profonds ont la capacité d'apprendre des concepts abstraits par eux-mêmes, comme ceux de genre ou de lunettes de soleil. Ils semblent ainsi produire des représentations des données que les chercheurs ont pendant longtemps tenté de définir « à la main ».

Il y a cependant beaucoup de choses qu'on ne comprend pas aujourd'hui à propos du *deep learning*. D'abord on ne comprend pas pourquoi il est si performant, en particulier pourquoi les réseaux de neurones profonds présentent une capacité de généralisation beaucoup plus importante que les réseaux de neurones peu profonds. Ensuite, **il est très difficile d'interpréter un réseau de neurones profond qui a été entraîné sur un jeu de données, et certains montrent parfois des comportements chaotiques qu'on ne comprend pas, en affectant par exemple des valeurs différentes à des images qui ne diffèrent que d'un seul pixel.** Enfin, l'entraînement des réseaux de neurones profonds nécessite beaucoup d'ingénierie dans chaque cas d'application, reposant principalement sur des observations empiriques ou intuitions plutôt que sur des principes clairement formalisés.

Comprendre tous ces aspects permettrait d'améliorer encore les modèles et algorithmes et potentiellement de les généraliser. Certains modèles appris parviennent effectivement à dépasser la performance humaine, mais ceux-ci nécessitent encore beaucoup plus de données que la quantité disponible pour un être humain. En outre, **le *deep learning* a démontré sa performance sur quelques tâches notamment de perception (ex : identification et reconnaissance d'objets) ou de jeux de réflexion (ex : jeu de Go) mais reste encore très loin du niveau humain sur les tâches avec une forte composante sémantique (ex : compréhension d'une histoire).** Il est aujourd'hui difficile de savoir si ces lacunes vont être comblées avec l'augmentation de la puissance de calcul et donc de la taille des modèles exploitables ou si le *deep learning* présente en fait des limites inhérentes qui l'empêcheront d'atteindre le but ultime de l'IA : créer une intelligence artificielle forte.

Le futur de l'intelligence artificielle

Il semble cependant que le ***deep learning*, comme les autres modèles et algorithmes du *machine learning*, présente une limite propre à la théorie actuelle de l'apprentissage statistique : il « apprend » à partir d'exemples de bonnes et mauvaises réponses pour une tâche donnée.** Cela correspond à un enfant qui apprendrait seulement avec des QCM corrigés. Il est évident que ce mode d'enseignement est très inefficace, et c'est pourquoi l'humanité transmet son savoir grâce à des professeurs qui enseignent aux élèves en leur expliquant les principes fondamentaux et en leur expliquant la nature de leur erreur quand ils font une faute. Reproduire ce mode d'apprentissage de manière automatique nécessite d'abord de le formaliser de manière mathématique, ce qui n'est pas fait aujourd'hui par la théorie de l'apprentissage statistique.



L'apprentissage à partir d'exemples de bonnes et mauvaises réponses que nous avons décrit est dit « supervisé ». Il existe d'autres types d'apprentissage exploités en *machine learning*, en particulier **l'apprentissage dit « non supervisé »**. La principale tâche de ce dernier, appelée **clustering**, consiste à donner un ensemble d'exemples à la machine et à lui demander de créer des catégories pour y regrouper les exemples. Cette tâche présente néanmoins un problème majeur : elle n'est pas bien posée. Il y a en effet très souvent plusieurs façons de regrouper les données en catégories de manière « mathématiquement pertinente » mais l'apprentissage non supervisé ne dit pas comment mesurer la qualité de chacune et donc de dire si une machine est « intelligente » ou pas. On peut cependant penser que l'apprentissage non supervisé existe, puisque l'humanité a réussi par elle-même à créer des concepts fournissant une bonne représentation du monde. Mais est-ce la seule représentation possible ? Et en quoi peut-on considérer qu'elle est pertinente ? Si c'est parce qu'elle lui a permis de progresser, n'a-t-elle pas été sélectionnée par l'évolution et donc dans ce sens n'a-t-elle pas exploité une certaine forme de supervision (ou renforcement) ?

L'apprentissage supervisé ou non supervisé permet ainsi de résoudre de nombreuses tâches, et grâce au *deep learning* bien plus que ce qu'on pouvait imaginer il y a cinq ans, mais présente des limites théoriques qui laissent encore des doutes sur sa capacité à produire une intelligence artificielle forte. **Le domaine de l'intelligence artificielle jouit néanmoins aujourd'hui d'un attrait incomparable, tant au niveau des financements que des personnes ; même les plus grands mathématiciens commencent à s'y intéresser.** La dynamique est donc plus que jamais lancée pour résoudre de plus en plus de tâches et aboutir un jour à l'intelligence artificielle forte.



Eric SIBONY, Co-fondateur et Directeur Scientifique, Shift Technology

Shift Technology est une start-up française spécialisée dans l'application de l'intelligence artificielle à la détection de la fraude à l'assurance. Elle fournit aux assureurs une solution informatique qui détecte les déclarations de sinistres ou demandes de remboursement suspects et envoie pour chacune une explication détaillée de la suspicion.

En tant que Co-fondateur et Directeur Scientifique, Eric Sibony dirige l'équipe de recherche de Shift Technology et supervise la conception de la solution et ses évolutions. Il est diplômé de l'École Polytechnique et titulaire d'un doctorat en *machine learning* de Télécom Paristech.

IT, IA, le droit et le continent éthique

Par **Jean-Pierre MIGNARD**, Avocat associé – fondateur de Lysias Partners, Maître de conférences à Sciences Po, Membre du Conseil Consultatif National d’Ethique



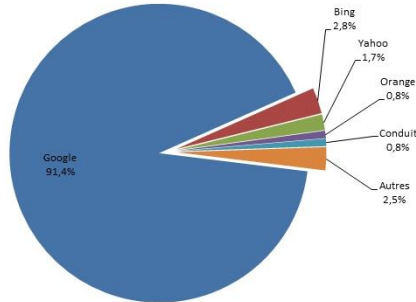
Qui a dit que toutes les Renaissances étaient belles ? Le nouveau monde car c'en est un, inauguré par les technologies de l'information (IT) et l'intelligence artificielle (IA) ressemblera à ceux qui l'ont précédé. Il sera bon ou mauvais selon ce qu'en feront les hommes.

Les technologies ne sont pas neutres, bonnes ou mauvaises en elles-mêmes. Leur application fera, seule, la différence.

Que sont les IT ou *Information technology*? Elles sont d'abord l'usage des ordinateurs. Elles permettent de créer, de soumettre à un traitement, de protéger, et de transférer, à titre gratuit ou onéreux des données électroniques (*data*). Enregistrées dans des bases, celles-ci sont soumises à un classement, administrées et actualisées. Leur croissance quasi exponentielle submerge les lois de Gordon Earl Moore (né en 1929) qui n'envisageait que le doublement du potentiel de calcul des ordinateurs tous les 18 mois. Devenues *Big Data* elles ouvrent des champs considérables à la connaissance. Sur le plan scientifique elles sont devenues indispensables notamment en matière de santé. Une recherche sur 20 sur Google concerne la santé !

Aux Etats-Unis la richesse potentielle induite par l'exploitation des données serait équivalente à 300 milliards de dollars, selon une étude de McKinsey. Caractéristiques d'une nouvelle matière première, elles sont au cœur d'un système de concentration de type capitaliste. Collectées à large échelle sur le Web, elles sont acheminées vers les grands centres de traitements (*data centers*) mis en place par les géants du numérique, comme hier les majors du pétrole extrayaient des puits, transportaient, acheminaient et

Parts de marché des moteurs français



Google est par exemple hégémonique en France, l'un de ses plus gros marchés à l'extérieur de son foyer national, à raison de plus de 90% de parts de marché détenues en France.

Pour entrer en compétition réaliste avec les Etats Unis ou plus exactement avec les GAFAs il faudrait concevoir un moteur de recherche de taille critique, de réseaux sociaux, de *cloud* en Europe car il n'existe pas de marché protégé. Le seul marché protégé est celui qui entreprend et s'élargit.

On peut caresser l'idée d'industriels nationaux ou européens, pourquoi pas ? Mais on ne doit pas oublier qu'au-delà du niveau de perfection les systèmes américains se sont imposés par « *la qualité de leur service, le génie des applications et la pertinence du modèle économique associé* », c'est le sens des utilisations des data et leur compatibilité avec le progrès qui imposera les bonnes finalités ou les finalités perverses.

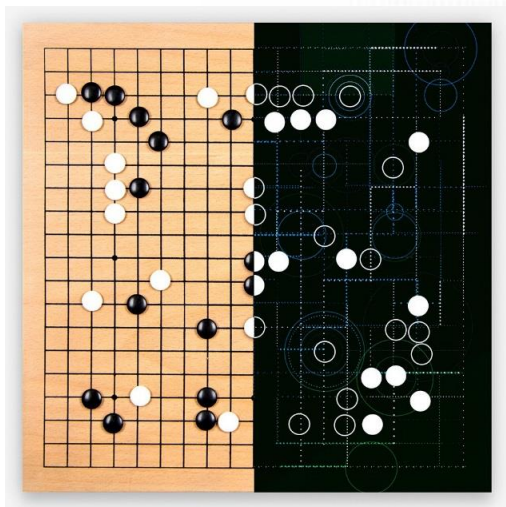
Qu'appelons-nous progrès ? Il s'agit de l'évolution des sciences, des arts, des études techniques qui participent à l'amélioration de la condition humaine : longévité, confort de vie, santé éducation, culture et – rajouterons-nous – souci des autres. Nous ne sommes pas loin de la définition donnée de la santé par l'OMS (Organisation mondiale de la santé).

Cette direction peut être fixée par la loi et sur le plan international, c'est-à-dire par les traités ou simplement les Accords. Faut-il encore que les Etats y soient préparés et qu'au prix d'interminables discussions un texte de référence, tant soit peu contraignant sorte d'un symposium interétatique. Cette hypothèse, douce à caresser, est rendue incertaine en raison de la fragmentation du monde et des stratégies conflictuelles ou simplement de

la capacité des Etats à honorer leurs engagements. On le constate avec les reculs sur la COP21 des Etats Unis. Peu d'Etats sont présents et actifs dans les domaines de l'IT et de l'IA.

Qu'appelons-nous Intelligence artificielle (IA) ? Le terme *artificial intelligence*, conçu par John Mc Marty (1927/2011) concerne les dispositifs technologiques se substituant à l'humain lorsque lui empruntant ses fonctions notamment cognitives. L'IA se situe à la confluence de l'informatique, qui en assure le transport et permet la coordination des réflexes programmes, des neuro sciences, de la neurobiologie computationnelle qui tend à répliquer les réseaux biologiques de neurones et des mathématiques. La question philosophique n'est pas absente.

C'est à partir de 1950 que Turing³ énonce que la machine a les capacités de penser. Il faut attendre le développement de l'informatique et des algorithmes, pour que cette prédiction prenne corps, non sans un cortège de fantômes d'ailleurs. La popularité de cette prédiction semble avoir été confirmée par le surpassement cognitif des facultés de l'homme par la machine lors de compétitions de pokers, d'échecs (la victoire de *deep blue* sur Gary Kasparov) ou de jeux de go.



³ Mathématicien et cryptologue britannique (1912/1954)

“ On pourra se révolter contre elles. Les canuts lyonnais avaient entrepris de détruire les machines qui se substituaient à leurs métiers à tisser. Leur révolte vaine a légué au vocabulaire le mot sabotage, car ils jetaient leurs sabots sur les machines pour les mettre hors d'état de marche, comme les tisseurs à bras en Angleterre.

La machine s'est imposée et contrairement à l'idée reçue elle n'a pas asservi mais exigé de nouvelles qualifications. On peut transposer ce dilemme aux temps présents car c'est sans doute la plus grande et grave question posée par la robotique et l'intelligence artificielle, la suppression de millions d'emplois.⁴

L'innovation, toute innovation, fait donc surgir une question éthique à ses utilisateurs et promoteurs, sert-elle le progrès ?

Le politique c'est-à-dire les lois, et la force qui les sert, viendra certainement, mais toujours plus tard, et parfois trop tard pour en fixer les limites. Le Règlement européen du 27 avril 2016, applicable en 2018 sur le traitement des données massives (RGPD), avec pour objet d'en harmoniser les règles d'usage et de marché sur le territoire de l'Union européenne, subira tôt ou tard des obsolescences ou s'exposera à des incertitudes d'interprétation tellement l'allure des technologies est vive.⁵ Les *data* sortent de l'épure du paradigme initial des données personnelles. Le RGPD correspond à un modèle juridique de la deuxième génération.

L'éthique qui précède le droit. La *phronesis* d'Aristote consiste en effet, selon Paul Ricoeur : « dans une capacité, l'aptitude à discerner la droite règle l'orthos logos dans les circonstances difficiles de l'action. Encore faut-il pour que l'éthique soit opératoire que la morale dans son déploiement de normes privées, juridiques, politiques, constitue la structure de transition qui guide le transfert de l'éthique fondamentale en direction des éthiques appliquées qui lui donne visibilité et lisibilité au plan de la praxis ».⁶

Elle est une norme pour ceux qui la partage et elle influence les choix et les comportements. Au-delà du débat, assez vain, entre *soft* ou *hard Law*, elle mobilise par un débat permanent opérateurs, usagers, industries et puissances publiques au niveau international pour assurer un usage non pernicieux des données. Ceci n'exclut pas le commerce, mais, précisément, il existe des lois du commerce et il n'existe aucune raison valide qui interdirait des normes sur le commerce des données.

⁴ [Rapport Cabinet Roland Berger, Hakim El Karoui, octobre 2014](#)

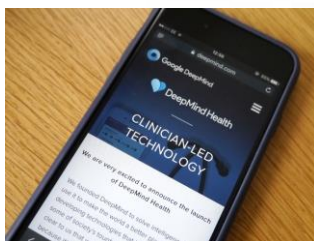
⁵ La France dispose de systèmes de protection juridique en matière de recherches impliquant la personne humaine avec la loi du 5/3/2012 dite Jarde et de la loi générale du 7/10/2016 pour une République numérique.

⁶ Paul Ricoeur Verbo Ethique. Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale T1. P 693/694.

L'exemple topique de l'intervention de la loi sur un plan régional nous est donné par le RGPD en matière de finalités de collectes et de traitement de donnés. Un tel engagement conventionnel n'est rendu possible que par l'association d'Etats liés par un traité d'union, partageant des valeurs communes et ayant mutualisé, et donc concédé, une part de leur souveraineté. Ce cas d'intégration offert par l'Union européenne est unique au monde. Premier PIB mondial et bassin potentiel de 500 millions de citoyens/ internautes, il pèse d'un poids déterminant car il est un foyer doctrinal élaboré dans le domaine de l'utilisation des *data*.

Il semble certes limité à son périmètre juridico-politique mais il peut néanmoins servir de référentiel éthique dans des mises à jour à mettre en œuvre avec d'autres usagers sur d'autres continents. L'internaute américain fournisseur de données et l'opérateur collecteur de données pourraient trouver dans l'inspiration européenne des réponses à des questions qu'ils se posent sans solution normative satisfaisante aux défis de la numérisation à partir desquels sont bâtis des programmes informatiques aussi cruciaux que ceux concernant « *des processus mentaux de haut niveau tel que l'apprentissage perpétuel, l'organisation de la mémoire ou le raisonnement critique* » dans les termes de Marvin Lee Minsky.⁷

La collaboration de systèmes de santé avec les GAFA tels le *deepmind health* au Royaume Uni, *process* risqué mais encadré par un système public de santé par l'usage des *smart phones (stream)* pour avoir accès aux dossiers des patients, ou la de grandes compagnies d'assurance avec les GAFA, ceux-ci étant détenteurs incontournables de données pouvant devenir les grandes compagnies d'assurance de demain posent en effet de redoutables questions.



Laissons ici les théories transhumanistes. Elles sont plus inquiétantes par ce qu'elles révèlent des intentions prêtées aux machines par leurs concepteurs qu'aux effets

⁷ Scientifique et philosophe américain, (1927/2016) cofondateur du groupe de recherche sur l'IA au MIT

objectifs et recensés de la robotique elle-même. Retenons néanmoins que l'on prendra au sérieux les mises en garde d'Irving John Good⁸, spécialiste des robots à logique inductive. Il décrit comme un possible pour l'humanité la fabrication d'une machine ultra intelligente qui débarrasserait l'homme de ses tâches. Mais, esprit critique, il n'écarte pas le risque redouté d'une machine indocile. Le concept de *singularité* née de cette perspective, admise ou rejetée. Des chercheurs et des intellectuels comme l'astrophysicien Stephan Hawking en pressent le danger, d'autres, informaticiens et entrepreneurs comme Bill Gates, ou chercheurs comme Bill Joy éprouvent la même réticence.

Des robots censés comprendre des émotions -*affective computing*- et formellement y répondre (sans les ressentir) ne représentent pas de risques, tout au contraire. Il s'agirait d'un vieux rêve de l'homme d'être soulagé dans l'accomplissement de tâches répétitives et alourdies par l'âge.

En d'autres termes le robot sera-t-il un allié ou un rival de l'homme ? La machine lui offrira-elle des possibilités encore hier livrées au seul imaginaire des auteurs de fiction ou sera-ce un élément de contrôle et de surveillance à son insu, lésionnaire de ses droits et de son intimité ? Travailler déjà sur un scénario de longévité comme d'autres d'explorer le cosmos dans le but de s'échapper de la terre posent de sérieuses questions en termes de doctrine inégalitaires (les immortels vs les mortels) et d'avenir commun assigné à l'espèce. Nous nous trouvons ici face à des *scenarii* de séparation, véritables projets de rupture anthropologique, au sein même de l'espèce humaine auxquelles elle est confrontée comme une malédiction récurrente dans son histoire.

Des humains asservis par des machines conçues par d'autres humains (pour quel programme, quel est le *deus ex machina* ?) sont incompatibles tant avec les principes fondamentaux des droits humains la liberté, l'égalité et la dignité humaine⁹. Le robot est en l'état une machine, une chose placée sous la garde de ses concepteurs, fabricants ou vendeurs. La chaîne des responsabilités civiles ou pénales est là et ne trouverait aucune difficulté à s'appliquer dans un état de droit aux fondements assurés. Il en serait autrement avec un état de droit vacillant.

“ *Le risque existe mais il est virtuel et en l'état de nos principes de droit ses manifestations seraient jugulées. L'éthique se décline en pratiques partagées associant l'industrie, les communautés scientifiques, organismes de la société civile, pouvoirs publics. La régulation*

⁸ Statisticien britannique (1916/2009)

⁹ Ces notions de droit positif sont répertoriées et amplement définies dans les traités internationaux onusiens, européens ou dans les lois nationales.

éthique –autorégulation ou co-régulation, peut combler le vide laissé par des réglementations nationales peu exigeantes partielles et dans tous les cas non connectées les unes aux autres. Nous sommes requis de mettre en œuvre ce processus en l'absence ou dans l'attente d'une législation mondiale adaptée.

Cela s'avère tout à fait impératif dans le domaine de l'intelligence artificielle forte, en gardant à l'esprit les tendances récurrentes à l'auto destruction de l'espèce humaine.

Un processus éthique constitué à partir de chartes éthiques, une déontologie partagée, soutenue par des autorités indépendantes à vocation normative, sont un facteur de confiance et de dépassement des frontières dans une séquence historique marquée par la fragmentation du monde

Il ne faut pas craindre le progrès. Il faut l'accompagner. Chaque révolution technologique s'accompagne d'occurrences multiples. Gutenberg et l'imprimerie, Christophe Colomb et la découverte de l'Amérique sont contemporains. Avec l'IT et l'IA portées par la révolution numérique, l'exploration du continent éthique a commencé.

Jean-Pierre MIGNARD, Avocat associé – Lysias Partners



Avocat au barreau de Paris depuis 1974, Jean-Pierre Mignard est spécialiste des questions de droit pénal des personnes et des affaires. Son domaine d'intervention s'étend également au droit du numérique, droit de la presse et de la communication, droit de la propriété littéraire et artistique, droit pénal de l'environnement, ainsi qu'au droit communautaire et au droit européen des droits de l'homme. Il a effectué de nombreuses missions d'observation judiciaire sous mandat de l'Organisation des Nations unies ou d'organisations non gouvernementales en Grèce, en Irlande du Nord (Ulster) au Kosovo, en Serbie, au Maroc, au Congo Brazzaville, en Israël et en Palestine, en Tunisie, et en Chine. Avant de soutenir une thèse de doctorat en droit pénal comparé, intitulée « **Cybercriminalité et cyberpression, entre désordre et harmonisation mondiale** », distinguée par une mention très honorable avec félicitations à l'université Paris I Panthéon-Sorbonne en 2004.

Jean-Pierre Mignard est membre du Conseil scientifique de l'école doctorale de droit comparé de l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Il enseigne comme maître de conférences depuis plusieurs années le droit des médias à l'Institut d'études politiques de Paris où il assure aussi des sessions de l'Executive master à l'École de journalisme de Sciences Po et un enseignement de droit pénal des affaires à l'École de droit de SciencesPo Paris.

Membre désigné par le premier ministre du Comité consultatif national d'éthique depuis septembre 2013, Jean-Pierre Mignard est officier de la Légion d'honneur, chevalier de l'Ordre national du Mérite du Tchad, et officier dans l'Ordre de la Valeur du Cameroun.

Enjeux et histoire de l'Intelligence Artificielle

Par **Tom MORISSE**, Resarch Manager chez Faber Novel

// FABER NOVEL

2016 a marqué l'irruption de l'intelligence artificielle dans le débat public, s'affranchissant des discussions internes à l'écosystème des nouvelles technologies pour devenir un enjeu majeur dont tous les médias généralistes se sont saisis.

Cela s'inscrit dans le prolongement de nombreuses actualités qui se sont accumulées ces dernières années, à travers trois prismes parallèles :

- Un **prisme scientifique / technologique**, avec l'annonce d'avancées importantes comme AlphaGo, capable de battre les meilleurs joueurs de go - un exploit que beaucoup ne pensaient réalisable que dans plusieurs années, sachant qu'il y a davantage de positions possibles dans une partie de go que d'atomes constituant l'univers.
- Un **prisme produit / entreprise**, lié par exemple au lancement et à l'amélioration d'assistants intelligents (Siri d'Apple, Alexa d'Amazon, Google Assistant...), ou à l'explosion du nombre de systèmes de voitures autonomes en développement.
- Un **prisme "macro"**, relatif au débat sur l'impact global de l'intelligence artificielle - pour caricaturer ce débat, l'IA est-elle synonyme d'apocalypse ou de corne d'abondance ?

Cette actualité brûlante pose cependant problème pour une raison simple :

“ *La discussion de ce que l'intelligence artificielle va ou devrait devenir et engendrer n'est que trop rarement précédée d'une explication de ce qu'elle est - ou plus précisément de ce que cette notion recouvre.* ”

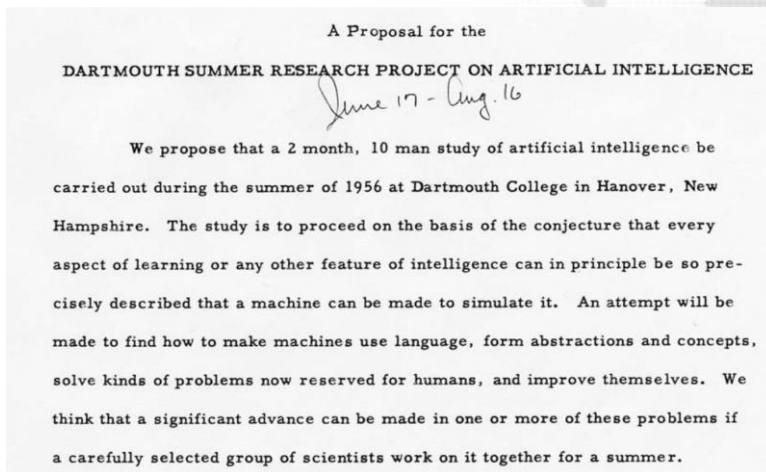
Un point de départ tout sauf anodin ou trivial, comme n'importe quel scrutateur des pérégrinations de l'IA en fait rapidement l'expérience. Définir l'IA est, bien plus qu'un passage obligé pour qui veut en saisir les enjeux, un foyer de débats toujours vifs dans ce qui, avant d'être un secteur, une tendance, une opportunité ou une menace, est un champ académique à l'histoire récente mais riche, sur les soixante dernières années. Un

champ dont la caractéristique essentielle est d'avoir toujours été parcouru, travaillé, balayé par d'éternels paradoxes.

I - L'intelligence artificielle ou l'amour des paradoxes

Paradoxe n°1 : la définition introuvable

Toute immersion dans le champ de l'intelligence artificielle mène rapidement à une première évidence : il n'est pas, comme il n'a jamais été, de définition unifiée et universellement reçue de ce qu'elle est. Le choix même de la dénomination "intelligence artificielle" en constitue d'ailleurs une parfaite illustration : si le mathématicien de formation **John McCarthy utilise ces mots pour proposer le Dartmouth Summer Research Project - atelier de l'été 1956** que beaucoup considèrent comme le coup d'envoi de la discipline - c'est autant pour la distinguer des travaux connexes qu'étaient la théorie des automates et la cybernétique que pour la doter d'une définition idoine.



Demande de financement pour la conférence de Dartmouth, acte de naissance de l'IA.

Il existe en fait de multiples définitions de l'intelligence artificielle. Un premier grand type de définitions pourrait désigner comme **essentialiste**, visant à dégager la grande finalité dont un système doit faire preuve pour entrer dans la catégorie.

Les chercheurs **Stuart Russell et Peter Norvig compilent ainsi 4 approches** parmi les définitions des chercheurs : l'art / la création / l'étude de systèmes qui :

1. **pensent comme des humains,**
2. **ou pensent rationnellement,**

3. **ou agissent comme des humains,**
4. **ou agissent rationnellement.**

“ L'enjeu principal est ainsi de savoir si l'intelligence artificielle est une question de processus - la manière de "réfléchir" - ou de résultat, et donc si intelligence et simulation de l'intelligence reviennent in fine à la même chose ou pas.

A côté - et souvent en complément - se trouvent des définitions que l'on peut qualifier d'**analytiques**, déroulant une liste de capacités nécessaires à la création d'une intelligence artificielle, en partie ou totalité - par exemple la vision par ordinateur, la représentation des connaissances, le raisonnement, la compréhension du langage, l'aptitude à planifier une action. Selon cette vue, pour reprendre les mots d'Allen Newell et Herbert Simon (qui comptent parmi les fondateurs du champ de l'IA), "*There is no "intelligence principle" just as there is no "vital principle" that conveys by its very nature the essence of life.*"

Ajoutons en outre **deux grands buts possibles associés, l'un d'ingénierie** - l'intelligence artificielle comme méthode de résolution de problèmes précis - **et l'autre scientifique** - mieux comprendre les mécanismes de l'intelligence voire de la conscience - et l'on comprend que tracer des frontières claires autour de ce champ est une tâche irréalisable. Et que, à côté des équipes d'informatique, des chercheurs en intelligence artificielle puissent aussi bien se trouver dans des départements de statistique que de neurosciences.

Face à l'équivoque de l'intelligence artificielle, nous pensons que deux autres définitions, bien plus plastiques, peuvent aider à en saisir le sens et les enjeux:

- Une définition **récursive** : peut être qualifié d'intelligence artificielle tout système classé comme relevant du champ de l'intelligence artificielle. Derrière son apparence de lapalissade épistémologique, cette définition souligne combien délimiter les contours d'un domaine de recherche est bien plus qu'un objet scientifico-rationnel centré sur les mérites intrinsèques de ses réalisations, mais dépend aussi de conflits d'écoles, d'interprétations divergentes et d'intérêts parfois opposés.
- Une dernière définition est elle **subjective** ; cerner l'intelligence artificielle revient à paraphraser le juge de la Cour suprême Stewart définissant l'obscénité en 1964 : "*I know it when I see it*". Nous voulons suggérer par cette sentence non seulement la pluralité des points de vue possibles sur ce qui relève ou non de l'intelligence artificielle - et derrière bien souvent, de ce qu'est l'intelligence elle-même et des actions qui la requièrent ou la révèlent - mais aussi combien cette perception est susceptible d'évoluer au fil des années.

Paradoxe n°2 : la mise à distance permanente

Un deuxième paradoxe, qui découle en bonne partie de l'absence de définition partagée, est ce qui est parfois nommé "l'effet IA", adroitement résumé par le chercheur en robotique Rodney Brooks : "*Every time we figure out a piece of it, it stops being magical; we say, 'Oh, that's just a computation'*".



L'évolution de la vision de ce que représente la victoire de **Deep Blue** sur **Garry Kasparov** en 1997 est en ce sens exemplaire. A l'impression de supériorité ultime de la machine sur l'homme a succédé un haussement d'épaules. Finalement, Deep Blue n'aurait fait preuve que de "force brute", calculant à tout va sans capacité à véritablement penser. Quand bien même cela faisait des décennies qu'une IA reine des échecs était annoncée sous peu - sans lendemain.

Répétez le cycle au fil du temps, et sans doute la signification d'AlphaGo sera-t-elle mise en doute dans les années futures. Plus qu'un regard vers le passé, une sédimentation de réalisations fructueuses, l'IA se comprend davantage comme un horizon toujours indépassable.

Paradoxe n°3 : la dynamique maniaco-dépressive

L'histoire de l'intelligence artificielle est marquée par des périodes de repli - succédant logiquement à des phases d'expansion optimistes - des financements et de l'intérêt qui lui sont accordés : c'est ce que l'on appelle les "**hivers de l'IA**". Les deux principaux hivers correspondent à la seconde moitié des années 1970 et à la fin des années 1980 / début des années 1990. La description de ces épisodes est souvent accentuée outre mesure - pouvant parfois donner l'impression, à tort, qu'aucune avancée n'a alors eu lieu dans aucun des sous-domaines de l'IA - mais il y a bel et bien eu des rapports d'évaluation publique sceptiques, des résultats en-deçà des attentes et des faillites de start-ups en cascade.

dans un domaine évoluant rapidement et aux frontières disputées relève de l'aporie. Serons-nous capables de pointer une date précise de naissance de l'IA générale ?

Ces concepts sont d'autant plus discutables qu'ils traitent implicitement l'intelligence humaine - individuelle *et* collective - comme une quantité fixe, quand bien même nos activités et nos capacités ont substantiellement évolué au gré des siècles. Y compris d'ailleurs avec l'aide des machines et autres artefacts de notre création.

II - Vers un nouvel âge d'or ?

Face à ces paradoxes, la proclamation de plus en plus insistante d'une révolution de l'intelligence artificielle a de quoi laisser sceptique, et réclame une analyse critique.

Pour résumer la démonstration à suivre en quelques mots : oui, il y a bien eu des résultats significatifs obtenus ces dernières années en intelligence artificielle, mais il serait faux pour autant de les considérer comme une rupture franche avec une période glaciaire où les progrès auraient été quasi nuls. Et les risques d'emballement sont tout aussi réels.

La dynamique actuelle de l'intelligence artificielle peut être déconstruite en quatre temps : les origines, l'initialisation, l'accélération et (les risques de) l'emballement.

1) Les origines

Le basculement des approches : du *top-down* au *bottom-up*

Le boom actuel plonge ses racines jusqu'aux années 1980, point de départ d'un basculement entre les deux grandes approches qui structurent l'intelligence artificielle. Jusque-là, l'approche privilégiée était *top-down* : les chercheurs codaient un ensemble de règles au sein de leurs programmes, déterminant précisément l'ensemble des étapes permettant de parvenir au résultat. Au contraire, la voie de plus en plus suivie depuis une trentaine d'années est une approche ***bottom-up* : on ne code plus une logique, mais un processus d'apprentissage qui permet à un algorithme d'ajuster lui-même ses paramètres internes en fonction de ses erreurs et réussites.** C'est ce que l'on appelle **le *machine learning***.

On passe à grands traits d'une approche inspirée par l'*esprit* - par exemple, répliquer les étapes qu'une personne suit pour résoudre un problème mathématique - à une autre inspirée par le *cerveau* - une sous-catégorie dominante au sein du *machine learning* est d'ailleurs le réseau neuronal artificiel, qui cherche à répliquer les principes de traitement et de transmission de l'information tels qu'ils existent dans un cerveau humain.

Si le *machine learning* a gagné en popularité au sein de la recherche en IA, c'est que l'approche *top-down* commençait à atteindre des limites : pour résoudre certains

problèmes, le nombre de règles à coder peut vite devenir gigantesque, et pour d'autres il est très difficile de définir des règles efficaces. Prenons l'exemple de la reconnaissance d'images : quelles règles peut-on trouver pour classer universellement un chat, connaissant les diverses races, les situations - dehors / dedans, assoupi / courant - dans lesquelles on peut les photographier, le moment du jour, etc. ? Au contraire, un algorithme qui apprend arrive mieux à gérer la complexité présente dans les données.

Cela étant dit, il convient de souligner que ces approches ont toujours coexisté et que c'est un basculement progressif qui s'est opéré. Inspirés par les progrès de la compréhension du cerveau, les premiers réseaux neuronaux datent ainsi des années 1950, et ont connu un renouveau dans les années 1980 - cela fait ainsi 30 ans que le français Yann Le Cun, l'un des chantres du domaine et Directeur de la recherche en IA chez Facebook, travaille sur les réseaux neuronaux (nous ne sommes donc pas face à une révolution scientifique qui serait advenue il y a peu). A l'inverse on trouve encore aujourd'hui quelques projets fonctionnant autour de règles - par exemple Cyc, qui vise à réunir toutes les règles de sens commun évidentes pour un humain mais ignorées d'une machine, à l'image de "on ne peut pas être à deux endroits à la fois".



La prééminence de l'ingénierie sur le scientifique

Depuis les années 1970, la résolution de problèmes a gagné en importance par rapport à la compréhension des mécanismes de l'intelligence. Si lors de leur réception du prestigieux prix Turing en 1975, Allen Newell et Herbert Simon évoquaient deux exemples en prenant soin de souligner "*both conceptions have deep significance for understanding how information is processed and how intelligence is achieved*", **les trois figures du deep learning** (branche du *machine learning* qui s'appuie sur des réseaux faits de nombreuses couches de neurones) que sont **Yann Le Cun, Yoshua Bengio et Geoff Hinton** ne faisaient en 2015 aucune référence aux notions d'intelligence ou d'esprit dans un article faisant la somme des progrès de leur discipline. En revanche étaient mises en avant les applications telles que les recommandations dans le commerce ou le filtrage des spams.

Nils Nilsson, professeur en intelligence artificielle à Stanford et historien de sa discipline, résume ainsi l'évolution des mentalités suite à l'hiver de l'IA des années 1980 : "*One heard fewer brave predictions about what AI could ultimately achieve. Increasingly,*

effort was devoted to what AI could (at the time) actually achieve. (...) The emphasis was on using AI to help humans rather than to replace them."

2) L'initialisation

L'explosion des données

Cela n'est plus une découverte, la croissance rapide du nombre d'utilisateurs d'Internet et des usages associés a généré un volume de données colossal. Les chercheurs Martin Hilbert et Priscila Lopez ont par exemple estimé que la capacité de stockage installée dans le monde était passée de 3 Go par habitant en 1993 à 45 Go en 2007. Mais plus encore que le volume en tant que tel, c'est son accessibilité qui a pu bénéficier aux chercheurs en IA. Ainsi, 3% des données étaient sous format numérique en 1993, contre 94% en 2007. Or les algorithmes de *machine learning* ont besoin de jeux de données d'apprentissage de grande taille pour arriver à des résultats le plus fiables possibles.

Les jeux de données disponibles ont vu leur taille et leur complexité augmenter, comme le prouve le cas ImageNet, base de données d'images catégorisées qui donne lieu chaque année à un concours de reconnaissance visuelle depuis 2010. Alors qu'un concours antérieur, PASCAL, reposait sur 20 000 images dans 20 catégories, le challenge ImageNet proposait 1,5 million d'images dans 1 000 catégories. Ces images étaient en fait récupérées sur Internet et annotées par des humains via Amazon Mechanical Turk. ImageNet a fortement contribué à améliorer la précision des programmes de *machine learning* dédiés à cette problématique - 28% d'erreurs de classification en 2010, 3% en 2016, en-deçà des 5% d'un être humain.

L'affinement des méthodes

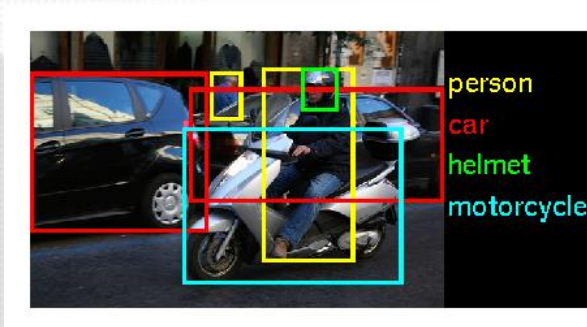
Le *machine learning* n'est pas une révolution scientifique. Nous l'avons évoqué, ses grands principes étaient envisagés dès l'après-guerre, et de grandes innovations des années 1980 dans le domaine ont relancé cette approche - par exemple les réseaux neuronaux convolutifs ou *ConvNets*, dont l'architecture est inspirée de l'organisation du cortex visuel des animaux.

Il y a tout de même eu ces dernières années des avancées qui ont amélioré la performance des réseaux neuronaux ou apporté des méthodes complémentaires pour répondre à certaines problématiques. Par exemple, les *Rectifier Linear Units* ou *ReLU*, apparues en 2010 seulement, permettent d'entraîner plus rapidement un réseau neuronal.

L'émergence des GPU

L'un des principaux composants électroniques trouvés dans tout ordinateur est le CPU, pour *Central Processing Unit*, généralement présenté comme le "cerveau". A la fin des années 1990, une nouvelle puce a fait son apparition : le **GPU, pour Graphics**

Processing Unit. Comme son nom le suggère, elle fut conçue à l'origine pour s'occuper de tâches de traitement d'images, car son architecture est différente du CPU : celui-ci est un généraliste qui peut s'occuper d'une grande variété de calculs - mais il les réalise l'un après l'autre - quand le GPU compte lui un grand nombre de coeurs qui peuvent procéder à des calculs parallèles, par exemple pour que chacun mette à jour un groupe de pixels.



Au début des années 2000, les GPU ont commencé à être "détournés" pour d'autres usages nécessitant du calcul parallèle. Et en particulier les réseaux neuronaux, l'état de chaque neurone gagnant à être calculé séparément et parallèlement. En 2006 par exemple, des chercheurs de Microsoft indiquaient que l'apprentissage d'un de leurs modèles était jusqu'à 50% plus rapide avec l'utilisation d'un GPU à la place d'un CPU.

Le fabricant Nvidia a contribué à amplifier le mouvement en lançant en 2007 CUDA, une plateforme logicielle qui facilite la programmation sur GPU.

La performance des GPU a eu deux conséquences majeures pour la recherche en intelligence artificielle. D'une part, elle a permis non pas tant de réduire le temps dévolu à la recherche que de multiplier le nombre d'itérations, et donc d'augmenter l'efficacité de l'algorithme retenu à la fin. D'autre part, elle a suscité l'expérimentation de réseaux neuronaux beaucoup plus complexes, notamment en ce qui concerne le nombre de couches de neurones utilisées.

Revenons au cas d'ImageNet pour illustrer cette évolution. En 2012, alors que le concours se tenait pour la troisième fois, une équipe de l'université de Toronto avait remporté l'épreuve haut la main, étonnant la communauté des chercheurs : alors que le vainqueur avait un taux d'erreur de classification d'images de 28% en 2010, puis 26% en 2011, ils avaient brusquement réussi à abaisser la barre à 16%. Leur solution reposait sur un algorithme de *deep learning*, entraîné sur deux GPU pendant 1 semaine - et utilisait CUDA. Le modèle comptait 650 000 neurones, 8 couches et 630 millions de connections.

ImageNet Challenge

IMAGENET

- 1,000 object classes (categories).
- Images:
 - 1.2 M train
 - 100k test.



3) L'accélération

La multiplication des acteurs

Les résultats impressionnants du *deep learning*, à l'image du modèle champion d'ImageNet en 2012, ont suscité l'intérêt d'un plus grand nombre d'équipes de recherche. Par exemple, ImageNet est passé de 6 équipes participantes en 2012 à 24 en 2013 et 36 en 2014.

Ces équipes se sont diversifiées, provenant de multiples pays, et d'universités comme d'entreprises - en particulier des géants du numérique. En 2013, Google rachetait ainsi la startup DNNresearch de Geoff Hinton, l'un des vainqueurs de 2012, puis remportait l'édition 2014. En 2015, c'est Microsoft Research qui s'imposait.

Le large partage du savoir(-faire)

Le champ de l'intelligence artificielle bénéficie d'une bonne ouverture des équipes sur leurs méthodes, outils et résultats. En 2014, les organisateurs de la compétition ImageNet ont proposé à toutes les équipes le choix entre la transparence - promesse de décrire leur méthode - et l'opacité. 31 sur 36 ont préféré la première option.

On compte également des *frameworks* de plus en plus nombreux, qui proposent des briques déjà conçues pour éviter à tout chercheur de réinventer la roue sur des modèles éprouvés. Certes, quelques *frameworks* ne sont pas neufs, à l'image de Torch créé en 2002 ou Theano en 2010, mais la multiplication des acteurs accélère leur développement - en matière de programmation open-source aussi, les effets de réseau existent - et les géants comme Google ou Microsoft ont également commencé à laisser certains pans de leurs modèles en libre accès - TensorFlow pour le premier, fin 2015. Même les environnements visuels d'apprentissage pour les modèles d'intelligence artificielle commencent à s'ouvrir, à l'image de ce qu'ont récemment proposé [OpenAI](#) et [Google DeepMind](#).

Le changement d'échelle grâce au *cloud*

L'avènement du *cloud computing* a également contribué à la forte dynamique de l'intelligence artificielle, en facilitant l'accès à une puissance de calcul démultipliée, qui, associée à l'exploitation des GPU et des *frameworks*, permet à Google, Microsoft et Amazon de proposer des solutions d'intelligence artificielle clé en main.

Le changement d'échelle des modèles permis par le *cloud computing* est considérable, comme Andrew Ng - figure du *deep learning* et jusqu'à il y a peu Directeur scientifique du géant chinois Baidu - le notait en 2015 à propos de la croissance exponentielle du nombre de connexions au sein des réseaux neuronaux :



Des modèles davantage généralisables

L'histoire de l'intelligence artificielle est celle d'un effacement progressif des silos entre les modèles. Les programmes des années 1960 étaient totalement rattachés au problème qu'ils traitaient, puisque par exemple les règles encapsulées pour démontrer des théorèmes de mathématiques avaient peu d'utilité pour de la vision par ordinateur, et vice-versa. Les systèmes experts des années 1970 et 1980 ont quelque peu amélioré la donne : ils consistaient *in fine* en un recueil de règles de connaissances utilisées dans un domaine bien précis - du type diagnostic d'infections bactériennes pour la médecine - mais le moteur de combinaison de ces règles pour faciliter la prise de décision pouvait parfois être appliqué ailleurs. Des tentatives furent menées pour créer des systèmes experts généralistes, à compléter par les règles adaptées aux cas d'espèce.

Le *machine learning*, puisque c'est une approche agnostique sur la manière dont l'algorithme fonctionne - ce dernier s'ajuste tout seul - **se prête bien à l'inverse à l'application d'un même modèle sur de nouveaux problèmes, comme passer de la reconnaissance d'images à la reconnaissance vocale.**

Insistons pour dire que les modèles du *machine learning* sont davantage généralisables à de nombreux problèmes, mais pas généralisables tout court. Un travail d'adaptation à un nouveau problème est toujours requis, même s'il n'y a pas à repartir de zéro.

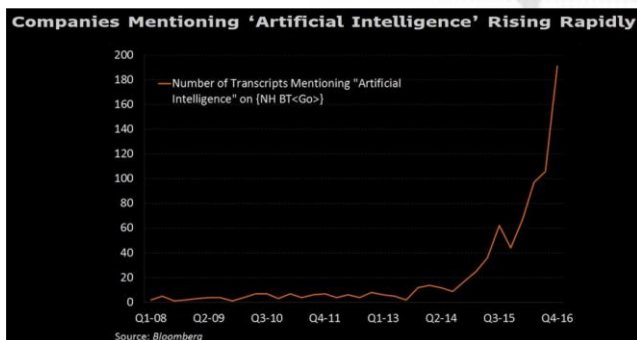
Au final, la distinction que dressait le chercheur Seymour Papert il y a plusieurs décennies entre des problèmes "tau" (*toy problems*, problématiques ayant peu d'intérêt en elles-mêmes mais utilisées pour tester des approches, à l'image des jeux de dames ou d'échecs), "theta" (problèmes théoriques) et "rho" (applications au monde réel) n'est plus aussi opérante. Les travaux de DeepMind en constituent un bon exemple, qui mêlent

modèles d'apprentissage de jeux Atari, réflexions sur l'intégration entre *deep learning* et neurosciences, et qui ont récemment étaient appliqués aux data centers de Google pour en optimiser la facture énergétique.

4) L'emballement

La chambre d'écho se met en place

Grâce à ses récents progrès, la recherche en intelligence artificielle en vient naturellement à attirer les regards, et même plus, les convoitises. A mesure que les médias et les financeurs s'intéressent de près aux résultats obtenus et aux entreprises qui cherchent à en tirer des applications plus concrètes, une forte part d'auto-entretien de la tendance se met en place, où par exemple ceux qui pouvaient mettre en avant le *big data* hier ont aujourd'hui intérêt à se réclamer de l'IA, ce qui donne plus de visibilité à l'IA au global, ce qui renforce d'autant l'intérêt à se réclamer de l'IA etc.



Bloomberg notait récemment une explosion du nombre d'entreprises cotées mentionnant l'IA lors de leurs discussions trimestrielles avec des analystes financiers

Une illustration de cet excès a été donnée lors de la conférence NIPS 2016 - l'un des principaux événements consacrés au *machine learning* - lors de laquelle une équipe de chercheurs a créé une [fausse start-up](#), invoqué une nouvelle technique prometteuse - dont l'acronyme donnait TROLL - et reçu de nombreuses marques d'intérêt, provenant notamment de plusieurs investisseurs. L'appât a (trop) bien fonctionné.

La confusion des termes

Cette multiplication des projets n'est bien sûr pas propice à une prise de recul concomitante sur la catégorisation des diverses innovations proposées : **les notions d'"intelligence artificielle" et de "machine learning", non synonymes, sont par exemple bien souvent mises sur un même plan, quasiment confondues.** On a

ainsi assisté il y a peu à la naissance d'un vocable supplémentaire, celui de "[machine intelligente](#)". **Cela ne concourt pas à la clarification du débat.**

Autre exemple : l'annonce du magasin sans caisses Amazon Go, dont un [récent article de Fortune](#) expliquait qu'il était un "mélange d'intelligence artificielle et de vision par ordinateur". Or la vision par ordinateur est un sous-domaine de l'intelligence artificielle.

Cette confusion est regrettable connaissant tous les paradoxes dont le champ de l'IA a toujours été pétri. Pour marteler une dernière fois ce point, la distinction entre "vraie" et "fausse" IA est une joute incessante, et la confusion peut nourrir les fausses promesses et donc les désillusions. L'inévitable courbe de Gartner a toute sa place ici, avec une différence de taille : dans le domaine de l'IA, pics et creux ont toujours été d'une amplitude excessive.

La convergence espérée ou redoutée, mais non advenue

“ *Les récents progrès de l'intelligence artificielle suscitent un bon nombre de craintes existentielles pour l'humanité ou au contraire nourrissent de nouvelles utopies - sur un futur sans travail, par exemple.*

Ces questions sont légitimes, et nous ne pouvons que soutenir leur étude en amont plutôt qu'en catastrophe, mais nous devons aussi souligner qu'**à l'heure actuelle ou à court-terme, aucune intelligence artificielle "générale" n'est capable de nous seconder ou nous remplacer sur toutes les tâches de la vie.**

Certaines nouveautés contribuent à s'en rapprocher - la voiture autonome, par exemple, qui regroupe des "briques" issues de plusieurs branches de l'IA et dont peu imaginaient les développements actuels il y a cinq ans seulement. Mais la convergence entre les différentes "compétences" ou sous-catégories de l'IA a déjà été envisagée par le passé, dans la robotique surtout, sans jamais aboutir. Rien ne dit que cette convergence aura *nécessairement* lieu avec la vague actuelle.

III - Des défis multiples

La vague actuelle, dont nous venons de narrer la chronique, est porteuse de nombreuses opportunités comme de multiples risques. Voici une revue - non exhaustive - des différents types de défis qui se posent en ce moment à l'IA, ou qu'elle génère.

Défis scientifiques

Nous entendons ou aimons parler de l'intelligence artificielle au singulier (ex : "l'IA de Google") mais cela est abusif : **il vaut mieux parler des IA**, car tout algorithme reste aujourd'hui relativement étroit, spécifique à une problématique donnée, par exemple

déceler des cancers de la peau sur des photographies. Les chercheurs sont donc à pied d'œuvre pour concevoir des programmes plus généralistes.

Cela passera sans doute par la combinaison de techniques d'apprentissage continu - ne jamais cesser d'apprendre - et d'apprentissage par transfert - ne plus avoir à ré-entraîner un algorithme de zéro lorsqu'il passe d'une tâche donnée à une autre relativement proche, par exemple des échecs au morpion.

Une solution pourrait être de redéfinir les frontières internes et externes de la discipline qu'est l'IA. **En combinant les 2 branches que sont le *machine learning* et la programmation symbolique**, car les grandes avancées du premier sont dépendantes de jeux de données volumineux, dont l'existence n'est pas toujours assurée ; aussi l'ajout de quelques règles figées peut améliorer la performance des algorithmes. **Ou encore en rapprochant *deep learning* et neurosciences**. Le premier a certes été en partie inspiré des secondes, mais la compréhension du cerveau n'a pas progressé aussi vite : **un dialogue plus poussé entre les deux disciplines pourrait se révéler fécond dans les années à venir.**

Enfin, au-delà de l'abstraction de réseaux neuronaux artificiels ou autres modèles d'IA au seul plan logiciel, est étudiée la création de nouveaux circuits électroniques qui cherchent directement à imiter le fonctionnement du cerveau - ce qu'on appelle l'électronique neuromorphique. IBM est l'un des acteurs les plus avancés en la matière, après avoir annoncé sa puce TrueNorth en 2014. Celle-ci comptait alors 100 millions de neurones artificiels... contre 100 milliards dans un cerveau humain. On le voit, la route est encore longue.

Défis de financement

Parent pauvre du débat sur l'IA, la question de la place du financement mérite pourtant d'être posée. D'une part car il semble qu'une part croissante de la recherche en IA est assurée par les Facebook, Google, Microsoft et Baidu de ce monde, qui attirent au sein de leurs équipes de nombreux doctorants, et aussi leurs professeurs - qui donc formera leurs successeurs ? Définir le bon niveau de financement public par rapport au privé est d'autant plus crucial pour ceux qui considèrent que les risques associés aux progrès de l'IA sont grands.

D'autre part car sachant que le "la" des orientations de la recherche est en bonne partie donné par les agences américaines que sont la DARPA (branche de financement de la R&D du Pentagone) et la National Science Foundation, et que ces organisations ont des enjeux stratégiques chevillés au corps, posant ainsi la question du poids des considérations militaires sur la trajectoire de recherche de l'IA.

Peu de gens savent ainsi que le Grand Challenge DARPA, une compétition de voitures autonomes organisée en 2004-2005, avait été lancée à l'époque avec l'objectif de rendre autonome un tiers des véhicules de combat terrestre de l'armée américaine à horizon 2015. Or, cette compétition a été l'impulsion fondatrice

de nombreux efforts de développement de véhicules autonomes que l'on retrouve aujourd'hui. En un sens, la Google Car est donc la fille cachée du Département de la Défense.

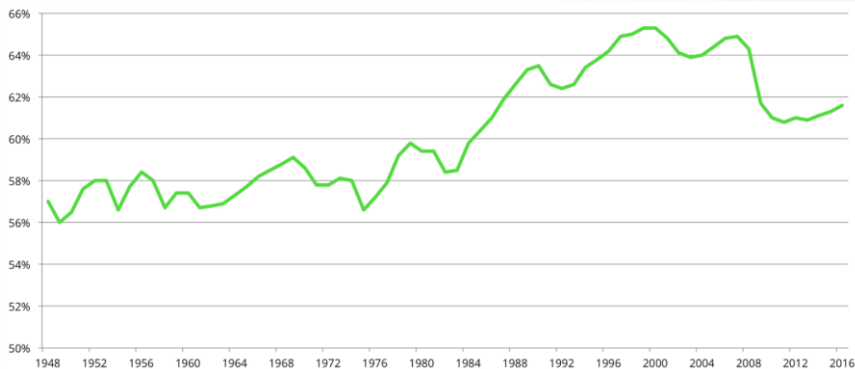
Pourquoi cela est-ce important - après tout, l'Internet que nous utilisons tous les jours est l'héritier du réseau l'ARPAnet, lié au Département de la Défense ? **L'enjeu majeur est à notre avis celui des "futurs non advenus" : si la définition des programmes de recherche répondait davantage à des considérations économiques et sociales, peut-être que des voies nouvelles pourraient être explorées.** Quoi qu'on pense des enjeux de défense et de sécurité, il ne faut jamais oublier le coût d'opportunité qu'il y a à ne pas répondre à davantage d'enjeux.

Défis économiques

Dans l'économie, un enjeu dépasse de loin tous les autres et cristallise les peurs : celui du futur de l'emploi - c'est-à-dire en général la crainte de sa disparition. Les chiffres avancés sont multiples, les opinions tranchées et l'avenir flou. Plutôt que d'étaler un amas de prédictions douteuses, nous proposons au lecteur de mettre l'accent sur quelques évidences à rappeler, et de questionnements qu'il nous paraît urgent d'aborder dans le débat public.

Première considération qu'il est toujours sain de garder à l'esprit : il est bien plus facile de compter les emplois qui pourraient disparaître que d'imaginer ceux qui pourraient apparaître. Un corollaire est que lorsqu'on lit en gros titre que "X% des emplois pourraient disparaître d'ici à 10 années", cela n'est logiquement pas contradictoire avec un stock d'emplois total inchangé ou en croissance - tout dépend du volume de créations à mettre en face.

Deuxième élément : rappeler que jusqu'à aujourd'hui - cela peut bien sûr changer à l'avenir - les destructions d'emploi massives que semblent postuler bien des articles ou commentaires n'ont jamais eu lieu. Au contraire. Depuis l'après-guerre, le taux d'emploi des plus de 25 ans, c'est-à-dire le nombre de personnes en emploi (donc les actifs sans compter les chômeurs !) a régulièrement progressé. Autrement dit, des emplois ont été créés plus rapidement que la population n'augmentait. Exemple aux Etats-Unis :



Taux d'emploi des plus de 25 ans aux Etats-Unis, source OIT

Troisième élément : ce nouvel âge d'or de l'IA s'inscrit-il en rupture ou en continuité avec la révolution informatique et celle d'Internet ? Car il ne faut pas oublier que le déploiement de l'informatique est un phénomène qui a commencé il y a plusieurs décennies. L'étymologie même du terme "computer" incarne toutes nos inquiétudes actuelles : **à l'origine, un computer était une... personne, bien souvent une femme, qui faisait des calculs à la main. Il va sans dire que l'avènement de l'ordinateur comme appareil a sonné le glas de la profession, ce qui n'a pas empêché la création de nombreux emplois dans la seconde moitié du XXe siècle**, comme nous venons de le constater. Les rapports et commissions n'ont cessé de s'empiler depuis un demi-siècle - **le Congrès enquêtait déjà sur les conséquences de l'automatisation en 1955** - alors pourrait-on voir les craintes maintes fois annoncées se matérialiser aujourd'hui ? Quelles seraient les différences fondamentales entre la vague d'IA et la vague informatique qui l'a précédée ? Une menace nouvelle pour les emplois "intellectuels" comme cela est souvent évoqué ? Une polarisation du marché du travail par disparition des emplois des classes moyennes ?

Dernière considération : au-delà de la question de l'attrition redoutée du stock d'emploi total, pourrait-il y avoir une accélération du cycle de destruction et de création des emplois ? Cela aurait des conséquences importantes et multiples - sur les systèmes de protection sociale, de formation tout au long de la vie, sur les problématiques d'inégalité dans l'accès aux opportunités fréquemment créées ...

Défis sociétaux

A la place des menaces existentielles pour notre espèce assez souvent brandies, et les inénarrables scénarios à la Terminator ainsi charriés, il nous semble que d'autres enjeux sociétaux se posent dès aujourd'hui : les effets pervers des algorithmes - qu'ils soient d'ailleurs issus ou non de l'intelligence artificielle. On pense aux "chambres d'écho" des fils d'actualité de Facebook ou Twitter

pendant la dernière campagne présidentielle américaine, ou encore à des publicités pour des offres d'emplois qualifiés qui ciblent parfois bien plus les hommes que les femmes.

Ces effets sont d'autant plus pervers qu'ils ne sont généralement pas voulus par les développeurs. Plusieurs problèmes peuvent se poser : des biais dans les données d'apprentissage (si l'on nourrit un algorithme avec les statistiques d'occupation de différents emplois par genre, il ne manquera pas de reproduire les asymétries constatées), des choix de programmation des développeurs qui, même invisibles, incorporent toujours une certaine "vision du monde", des données qui approximent fort maladroitement les caractéristiques recherchées (la *data scientist* américaine Cathy O'Neil souligne ainsi les effets délétères de la mobilisation des *credit scores* dans le recrutement aux Etats-Unis, voulus comme une approximation du « sens des responsabilités » des candidats ; sauf que ce score est corrélé à la fortune, et la fortune à la couleur de peau).

L'opacité nourrit également les soupçons - que se cache-t-il dans la boîte noire ? En France, la question s'est posée récemment quant à l'algorithme utilisé pour le service Admission Post-Bac, qui est du même coup progressivement ouvert.

Ce sont là des défis difficiles à traiter car les formes de régulation correspondantes restent à inventer. Les géants du numérique arguent du caractère stratégique de leurs algorithmes et de leurs bases de données pour éviter de les ouvrir à l'investigation publique. Aucune recette miracle n'est à attendre, mais un panachage de solutions souhaitable : **sensibiliser développeurs et analystes à ces questions dès leurs études, auditer les modèles (par exemple en créant à la volée de nombreux profils d'utilisateurs sur un service et mesurer les résultats), ou encore interdire l'utilisation commerciale de certains types de données.**

Défis de mise en pratique

On l'a vu, le champ de l'IA a obtenu des avancées significatives ces dernières années. Cependant, il est à souligner que chaque modèle agit toujours sur un problème précis, et que les solutions de bout en bout clé-en-main n'existent pas.

Prenons pour illustrer l'exemple de l'analyse des sentiments dans un texte. Il existe plusieurs modèles en "libre service" en ligne, mais une fois que l'on sait qu'un email envoyé par un client fait montre de "colère" à 75% ou de "joie" à 53%, il reste à utiliser effectivement les résultats. Souhaite-on créer un tableau de bord de la relation client ? Croiser les conclusions avec un service de marketing automatique pour envoyer un email d'offre commerciale en compensation aux clients qui seraient déçus ?

Pour être exploitable par les entreprises, l'IA se retrouve en fait au confluent de nombreuses problématiques à résoudre toutes en même temps :

- la collecte, le regroupement et le traitement des données, matières brutes des algorithmes de *machine learning* ;

- l'architecture des systèmes d'information, pour faire transiter la donnée vers les algorithmes d'IA et, comme vu dans l'exemple plus haut, de pouvoir en utiliser les résultats ;
- le recrutement de profils rares et chers de spécialistes de l'IA, et la définition de leur place dans une organisation - une équipe ressource centrale, et/ou une insertion "décentralisée" au sein des équipes produits ?

Davantage que sur la question du champ des possibles dessiné par l'IA, c'est plus prosaïquement sur les questions de mise en œuvre que les déceptions pourraient bien s'avérer les plus vives.



Tom MORISSE, Research Manager chez Faber Novel

Tom Morisse est Research Manager au sein du groupe FABERNOVEL, chargé d'animer la stratégie de recherche de l'ensemble du Groupe et de conduire la réalisation d'études. Il explore en ce moment l'intelligence artificielle.

Auparavant, il occupait le rôle d'Analyste pour FABERNOVEL, avec des missions d'analyse des opportunités de croissance externe, d'appui à la définition de la stratégie du Groupe et de suivi du portefeuille de participations dans des startups. Avant d'intégrer FABERNOVEL en 2014, Tom a cumulé des expériences dans

l'accélération de startups (NUMA Sprint, ex-Le Camping), le M&A (Aforge Finance) et en private equity (Bridgepoint Development Capital).

Robots, intelligence artificielle et responsabilités

Par **Adrien BASDEVANT**, Avocat associé – Lysias Partners,
et **Ariel SCHWARTZ**, Juriste



Succédant à l'ère des robots « automates » et « interactifs », une 3^{ème} génération de la robotique émerge : celle des robots cognitifs ou intelligents en mesure d'analyser l'environnement et de prendre des décisions basées sur les prouesses de l'intelligence artificielle. Il leur est ainsi possible de s'adapter à un milieu inconnu ou à des situations inédites. C'est ainsi que les victoires de ces machines sur les humains font la une des media, qu'il s'agisse des échecs, du jeu de Go ou de la reconnaissance visuelle (ex. l'application Google's FaceNet distingue deux photos de la même personne avec une fiabilité de 99,6% contre 98% pour l'Humain)¹⁰.

Robotique et IA, dont les objets sont bien distincts comme l'a souligné Eric Sibony, se rejoignent notamment sur les réflexions concernant les enjeux éthiques et juridiques.

L'intelligence artificielle permet-elle aux robots d'accéder à une pensée critique ? Le débat n'est pas anodin, de la réponse dépend le statut juridique de ces appareils « à visage humain ». Face au progrès technologique, peut-on se satisfaire des normes du droit positif, ou faut-il envisager de les modifier ?

L'année dernière, la police de Dallas a utilisé un robot (MARCbot) pour tuer le sniper Micah Johnson, responsable de la mort de plusieurs policiers à la suite d'une manifestation. Après avoir été encerclé plusieurs heures, le sniper suspecté a été tué par un robot télécommandé porteur d'une bombe.¹¹

Le droit se positionne en garant du contrôle humain sur la technologie. La législation doit être appréhendée au niveau européen et mondial :

¹⁰ Frankenstein's paperclips, The Economist, 25 juin 2016, <http://www.economist.com/news/special-report/21700762-techies-do-not-believe-artificial-intelligence-will-run-out-control-there-are>

¹¹ Police Robots Need to Be Regulated to Avoid Potential Risks, New York Times, 16 Nov 2016, <https://www.nytimes.com/roomfordebate/2016/07/14/what-ethics-should-guide-the-use-of-robots-in-policing/>

- Le rapport « France intelligence artificielle » pose les jalons d'une stratégie nationale¹² en insistant sur la nécessité de réévaluer de nombreuses lois en tenant compte des progrès de l'IA ayant un impact sur la responsabilité juridique et les prises de décision : par exemple la loi « Badinter » sur les accidents de la circulation de la route¹³, celle sur les produits défectueux, sur la responsabilité du fait des choses¹⁴.



- Au niveau européen a été adoptée une Résolution relative aux règles de droit civil sur la robotique¹⁵.
- A l'international, doit être notamment relevée la réflexion prospective sur l'IA lancée par l'Université de Stanford en 2016 et qui se déroulera, avec des points d'étapes réguliers sur les 100 prochaines années¹⁶.

Comment appréhender juridiquement la responsabilité d'une machine dont certains concepteurs revendiquent une autonomisation confinant à la conscience ? Comment clarifier une chaîne d'instruction issue d'algorithmes opérant selon un processus qui dépasse les capacités d'analyse des cerveaux humains ? Les termes du débat sont présentés dans cet article centré sur l'opportunité de reconnaissance d'une personnalité juridique à ces machines qui recourent à l'IA.

Les décisions issues des disputes dans ce domaine sont essentielles pour l'avenir de nos sociétés.

¹² Rapport Stratégie France I.A., pour le développement des technologies d'intelligence artificielle, mars 2017, https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/_pdf

¹³ Loi n° 85-677 du 5 juillet 1985 tendant à l'amélioration de la situation des victimes d'accidents de la circulation et à l'accélération des procédures d'indemnisation

¹⁴ Rapport de synthèse – France IA, ibid, p. 16

¹⁵ Résolution du Parlement européen du 16 février 2017 contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique (2015/2103(INL)), <http://www.europarl.europa.eu/>

¹⁶ Peter Stone, Rodney Brooks, Erik Brynjolfsson et al. "Artificial Intelligence and Life in 2030." One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel, Stanford University, Stanford, CA, Sept 2016. Doc: <http://ai100.stanford.edu/2016-report>

I - L'autonomie des robots « intelligents »

Qu'est-ce qu'un robot ? C'est un « **dispositif mécanique permettant de réaliser des tâches, en autonomie de décision sur tout ou partie des actions élémentaires qui la composent** »¹⁷. Cette définition met en l' « autonomie du robot » directement liée à l'IA. Ce critère d'autonomie est critique pour le statut juridique.

En France, le législateur n'a pas encore prévu de **qualification juridique spécifique**, ni de régime particulier **pour le robot**. **Toutefois la norme ISO 8373:2012**¹⁸ **considère que le robot est un « mécanisme programmable actionné sur au moins deux axes avec un degré d'autonomie, se déplaçant dans son environnement, pour exécuter des tâches prévues »**. Cette définition inclut le système de commande et l'interface de communication. Une distinction est ainsi communément opérée entre *robot de service* et *robot industriel*.

Il convient de souligner qu'il n'existe pas à l'heure actuelle de systèmes entièrement autonomes, c'est-à-dire conférant à la machine non seulement la prise de décision au sens strict, mais également le choix des finalités qu'elle doit poursuivre. Une véritable autonomie supposerait que la machine puisse raisonner sur ce qu'elle veut et déterminer ses objectifs spécifiques, sans nécessairement tenir compte de ceux définis dans l'algorithme d'origine¹⁹.

Conférer un statut juridique aux robots impliquerait qu'ils soient devenus des *entités responsables*, titulaires de droits et de devoirs. Autrement dit qu'ils disposent de la liberté de se comporter différemment de ce pourquoi ils ont été créés. Ce point critique doit être débattu par la société civile, pour que le législateur puisse y travailler.

C'est précisément sur ce point que porte la Résolution du Parlement européen sur les règles de droit civil en matière de robotique²⁰ qui propose :

*« Une fois les parties responsables en dernier ressort identifiées, **leur responsabilité devrait être proportionnelle au niveau réel d'instructions données au robot et à l'autonomie de celui-ci, de sorte que, plus un robot est autonome, plus sa capacité d'apprentissage est grande, et plus sa période de formation a été longue, plus grande devrait être la responsabilité de la personne qui l'a formé** ; relève notamment que, lorsqu'il s'agit de déterminer qui est la personne réellement responsable du comportement dommageable du robot, **les compétences acquises par un***

¹⁷ Robin RIVATON, Relancer notre industrie par les robots, Fondapol, décembre 2012, <http://www.fondapol.org/wp-content/uploads/2012/12/Note-Robotique-Rivatton-1.pdf>

¹⁸ Norme ISO 8373:2012 Robots et composants robotiques <https://www.iso.org/fr/standard/55890.html>

¹⁹ Ronald Ashri, How to settle « is this real AI ? » debate-Measuring Artificial intelligence, 31 mars 2017, Hackernoon, <https://hackernoon.com/how-to-settle-any-is-this-real-ai-debate-measuring-artificial-intelligence-ee8f939e8e4> "In the search for the all-conquering AI it should be taken to mean that our AI can somehow reason about what it wants and create its own goals. Goals that were never defined when it was compiled into production code."

²⁰ Résolution du Parlement européen du 16 février 2017 contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique (2015/2103(INL)), *ibid*

robot au cours de sa formation ne devraient pas être confondues avec les compétences strictement dépendantes de sa capacité à apprendre de manière autonome; relève en outre que, du moins en l'état actuel des choses, la responsabilité doit être imputable à un humain et non au robot. »²¹

La Résolution européenne estime qu'il n'est pas encore nécessaire de placer la responsabilité sur les « épaules » du robot, mais prône déjà la création d'une personnalité juridique qui leur soit propre. Le débat sur cette préconisation mérite d'être débattue plus avant.

II - Le robot comme « sujet de droit »

Le droit positif repose sur une *summa divisio*, réputée indépassable, opposant les personnes et les choses, les sujets de droit aux objets de droit. Les premières, titulaires de la personnalité juridique, ont vocation à être titulaires de droits et d'obligations. Les secondes sont uniquement objets de droit, à défaut de pouvoir acquérir la personnalité juridique.

En droit positif, le robot est une chose, un bien meuble, un objet de droit.

Quelle pourrait être la qualification juridique applicable au robot ? Plusieurs possibilités sont envisageables, de la moins à la plus anthropomorphique :

- le robot est une chose (droit positif) ;
- le robot se situe entre personne et chose, ce qui implique la création d'une nouvelle catégorie juridique ;
- le robot ne relève ni de la personne physique ni de la personne morale, c'est une troisième personnalité juridique d'un genre nouveau ;
- le robot comme toute personne physique a des droits équivalents aux êtres humains.

A) Arguments en faveur de la création d'une personnalité juridique autonome

Dans sa Résolution du 16 février 2017, **le Parlement européen propose de conférer une personnalité juridique** aux robots **« pour qu'au moins les robots autonomes les plus sophistiqués puissent être considérés comme des personnes électroniques responsables, tenues de réparer tout dommage causé à un tiers ; il serait envisageable de conférer la personnalité électronique à tout robot qui prend des décisions autonomes ou qui interagit de manière indépendante avec des tiers »**.²²

²¹ Article 56 de la Résolution du Parlement européen du 16 février 2017 contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique (2015/2103(INL)), ibid

²² Article 59 f) de la Résolution européenne du 16 février 2017, ibid



Un autre rapport financé par l'Union Européenne dans le cadre du **programme de recherche EuRobotics propose la reconnaissance d'une personnalité numérique, à l'image de la personnalité morale des sociétés**²³.

Accorder une personnalité juridique est une construction juridique, conçue pour répondre à des impératifs pragmatiques : faire accéder à la « vie » juridique des structures qui n'ont pas d'existence corporelle ou physique comme les sociétés commerciales ou les associations.

En droit français, à l'origine le Code civil ne contenait aucune disposition relative aux personnes morales et la doctrine soutenait alors que la personnalité juridique, dont elles jouissaient, ne pouvait résulter que d'un artifice. Ce courant de pensée a fait naître la théorie de la fiction.

La personnalité morale est finalement consacrée par la jurisprudence française en 1954.²⁴ Cette « fiction juridique », n'a pas trop posé de problème car dans l'imaginaire collectif, une entreprise a des « composites » humains, représentant à l'origine un groupement de personnes. Ce n'est pas le cas pour les robots. En effet, la personnalité des sociétés commerciales est calquée sur la personnalité des personnes physiques. La société a un nom, un domicile, une capacité, une nationalité. La terminologie des rapports de famille s'étend aux sociétés qui sont détenues, puisque l'on parle de « sociétés mères » et de « filiales ».

Conférer la personnalité juridique à des robots dotés d'une autonomie suffisamment importante est une possibilité largement défendue, notamment par Alain Bensoussan : « la première pierre sera de créer un statut juridique adapté, en reconnaissant au robot une personnalité propre et singulière, résultant de ses interactions avec l'humain. Tout

²³ euRobotics The European Robotics Coordination Action, Suggestion for a green paper on legal issues in robotics, 31 décembre 2012, https://www.unipy-lawtech.eu/files/euRobotics-legal-issues-in-robotics-DRAFT_6j6nyjyp.pdf

²⁴ Cour de cassation, deuxième chambre civile, 28 janvier 1954, Comité d'établissement Saint-Chamond

comme a été créée la notion de personne morale, considérée comme sujet de droit, il devrait être possible de créer une personne robot afin de lui reconnaître des droits et obligations qui la feront assimiler à une personne physique »²⁵. La personne, dans le sens qu'attribuent à ce terme les juristes, c'est celle qui peut être sujet de droit. Doter d'une personnalité juridique les entreprises qui n'ont pas de réalité charnelle humaine, permet de leur conférer droits et devoirs. Cela reviendrait donc à créer un contenant de droits et de devoirs.

Sous un tel statut juridique calqué sur celui des sociétés, les robots deviennent titulaires d'une identité et d'un patrimoine. Chaque robot devrait s'inscrire dans un registre public (équivalent au registre de commerce et des sociétés) et obtiendrait sa personnalité juridique au moment de cet enregistrement. Par leur patrimoine, ils pourraient à ce titre dédommager les tiers auxquels ils auront causé un préjudice. Mais également ester en justice et être tenu responsable pénalement.

Une société qui possède la personnalité juridique, n'exerce toutefois pas directement ses droits. Elle agit en justice par le biais de son représentant légal. Pour le robot, ce rôle serait dévolu à son représentant désigné lors de l'immatriculation.

Plus la prise de décision opérée par les robots sera importante, plus leur responsabilité devra être importante, car, comme le souligne le philosophe J.H. Moor, « *déléguer la décision c'est déléguer le contrôle* » (« To delegate decision making is to delegate control »)²⁶. Par exemple, quand un robot médical pourra prendre la décision d'opérer un patient, le professeur de philosophie John W. Snapper souligne que l'on devrait tenir ce robot responsable de fournir un soin médical adéquat, sur la base d'une responsabilité sans faute²⁷.

Confier des droits et des devoirs aux robots aurait l'avantage d'influencer les attitudes des concepteurs des robots comme des robots eux-mêmes. Wendy Wagner, professeure à l'University of Texas School of Law, insiste sur la fonction de la menace légale ou des poursuites judiciaires pour éveiller la vigilance des fabricants sur les questions de sécurité²⁸. Encore faut-il que le patrimoine des robots soit en mesure d'indemniser les victimes, faute de quoi le risque est de déresponsabiliser les fabricants et les utilisateurs.

²⁵ Plaidoyer pour un droit des robots : de la « personne morale » à la « personne robot », La Lettre des juristes d'affaires, 23 oct. 2013, n° 1134

²⁶ « It is important to understand computer activity in some contexts as decision making not only because it is so, but because to see it otherwise tends to minimize our appreciation for the potential impact of computers on society. To delegate decision making is to delegate control. Ultimately, the issue is what aspects of our lives, if any, computers should control. », James H. Moor, Are There Decisions Computers Should never Make ?, I Nature & Sys. 217, 219 (1979), Ethical issues in the use of computers

²⁷ « We should consider holding the machine itself legally responsible for furnishing proper medical care. His contention is that liability should be imposed on a no-fault basis for harms occasioned by computers used for sensitive matters, and that the law should require that such machines be specifically insured for that purpose. » John W. Snapper, Responsibility for Computer Based Errors, 16 METAPHILOSOPHY 289 (1985)

²⁸ Wendy Wagner, When All Else Fails: Regulating Risky Products Through Tort Litigation, Georgetown Law Journal, Mai 2006, <http://georgetown.lawreviewnetwork.com/files/pdf/95-3/wagner.pdf>

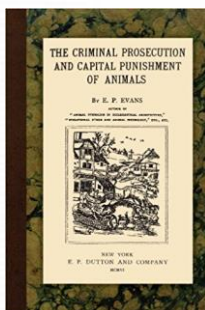
Selon la Résolution européenne, la création d'une personnalité juridique est un postulat incontournable. Pour d'autres auteurs, comme le Professeur Grégoire Loiseau, cette option est inopportune car « *le robot peut être opératoire pour réaliser des actes juridiques sans qu'il soit besoin de créer un sujet de droit artificiel dont on voit mal au demeurant qu'il puisse être débiteur d'obligations (...)* En tout hypothèse, la réparation ne serait réellement garantie que par la couverture du risque robotique par l'assurance, laquelle peut être souscrite par l'utilisateur/propriétaire du robot sans qu'il soit utile de faire du robot une personne juridique qui devrait s'assurer contre son propre risque »²⁹.

La création d'une telle personnalité juridique, proche du statut des sociétés, n'est donc pas la seule solution envisagée. Un rapprochement avec le statut des animaux a pu également être évoqué.

B) Personnalité juridique des robots et des animaux

Les animaux ne font plus partie des personnes juridiques, contrairement aux sociétés. Ils sont protégés contre les mauvais traitements en public (loi Grammont du 2 juillet 1850), visant tout autant à protéger la sensibilité humaine au spectacle de la souffrance, rappelant les écrits de Kant : « *l'homme qui est capable de cruauté avec eux, sera aussi capable de dureté avec ses semblables. On peut déjà juger du cœur d'un homme au traitement qu'il réserve aux animaux* »³⁰.

L'animal est donc incidemment protégé alors qu'il est un fait social : « *il n'est pas normal que le droit, même si le droit n'est pas le simple reflet des faits, il n'est pas normal que le droit se désintéresse de ce fait social animal.* »³¹ La responsabilité des animaux devant les tribunaux est retracée en 1906 dans *The criminal prosecution and capital punishment of animals* de E.P Evans, professeur à l'Université du Michigan.



²⁹ Grégoire Loiseau, Matthieu Bourgeois, Du robot en droit à un droit des robots, la semaine juridique édition générale n°48, 24 novembre 2014, doct. 1231

³⁰ Emmanuel Kant, Leçons d'éthique, 1775-1780

³¹ Professeur Vialard, Intervention (publiée au Bulletin juridique international de la protection des animaux, n°104, p.126) lors des premières journées internationales de défense juridique des animaux organisées à Bordeaux les 26 à 28 novembre 1982

Plus de deux cents affaires d'animaux accusés d'actes criminels sont décrits au Moyen-Age, dont un cochon français condamné le 14 juin 1494 par le grand mayeur de Saint-Martin de Laon à la pendaison pour avoir « *étranglé et défiguré un enfant dans son berceau* ». ³² Les jugements et arrêts étaient mûrement délibérés et gravement prononcés ; l'exécution était publique et solennelle ; quelquefois l'animal paraissait habillé en homme : « *En 1386 une sentence du juge de Falaise condamna une truie à être mutilée à la jambe et à la tête, et successivement pendue pour avoir déchiré au visage et au bras et tué un enfant. On voulut infliger à l'animal la peine du talion. Cette truie fut exécutée sur la place de la ville, en habit d'homme* ». ³³

Si le législateur a retiré les animaux de la catégorie des personnes juridiques, sa responsabilité est mentionnée par le droit positif à l'article 1243 du Code civil : « *le propriétaire d'un animal, ou celui qui s'en sert, pendant qu'il est à son usage, est responsable du dommage que l'animal a causé, soit que l'animal fût sous sa garde, soit qu'il fût égaré ou échappé* ».

Les animaux sont à mi-chemin entre sujet et objet de droit. Ils n'ont pas de patrimoine, mais peuvent être condamnés suite à leur comportement : mort, castration, etc. Il faut ici mentionner l'animal robotique de compagnie Aibo, commercialisé au Japon début 2000. Cet animaloïde a partagé le foyer de familles à tel point que des funérailles traditionnelles ont été organisées lorsqu'il n'était plus possible de le réparer. ³⁴



En quoi le modèle animal, concerne le robot ? Par l'analogie, l'absence de contrôle du propriétaire sur un robot autonome pourrait être résolue, en créant une responsabilité

³² Cette sentence rapportée dans l'Annuaire du département de l'Aisne publié par Miroy-Destournelles, année 1812, se termine ainsi : « Nous, en détestation et horreur, et afin d'exemplaire et gardé justice, avons dit, jugé, sentié, prononcé et appointé que le dit pourceaulz estant détenu prisonnier et enfermé en la dicte abbaye, sera, par le maistre des hautes œuvres, pendu et estranglé en une fourche de bois, auprès et joignant des fourches patibulaires et hautes justices des dits religieux estant auprès de leur cense d'Avin. En temoing de ce, nous avons scellé la présente de nostre scel. – Ce fut fait le 14e jour de juing, l'an 1494, et scellé en cire rouge ; et sur le dos est écrit : Sentence pour un pourceaulz exécuté par justice, admené en la cense de Clermont et estranglé en une fourche lez gibez d'Avin. »

³³ Statistique de Falaise, 1827, t. I, p. 83.

³⁴ Aibo. De chien-robot à véritable animal de compagnie, Sciences et Avenir, 26 février 2015, https://www.sciencesetavenir.fr/animaux/aibo-de-chien-robot-a-veritable-animal-de-compagnie_100599

sans faute du fait du robot, le propriétaire devenant responsable du fait du robot. C'est bien ce que l'on conçoit implicitement pour des situations futures où le robot ferait preuve d'autonomie en faussant compagnie à son propriétaire et en causant des dommages aux tiers. Le rapport euRobotics préconise de s'inspirer du régime de responsabilité du fait des animaux.³⁵ Ce qui ne présuppose pas ni ne nécessite la création d'une personnalité juridique propre au robot !

L'autre avantage de cette analogie reviendrait, tout en conservant le statut de bien meuble aux robots, à les protéger des agissements nocifs des humains comme les animaux le sont. Ni véritablement choses, ni personnes, les animaux semblent en dehors de la typologie juridique classique.

C) Hypothèse de création d'une troisième catégorie juridique

Allant au bout de ce raisonnement, des auteurs proposent de briser cette *summa divisio* en créant une troisième catégorie, entre la chose et la personne, entre l'objet de droit et le sujet de droit³⁶. Cette proposition déconstruit les catégories en place depuis 1804, voire avant en droit romain. Plus vraiment chose, car autonome, pas vraiment capable d'être sujet de droit et de devoirs, le robot trouve refuge dans cette nouvelle construction juridique.

L'analogie animale est particulièrement pertinente pour les robots « sociaux ». Les services rendus aux humains dans leur vie quotidienne, les valeurs sociétales qu'ils défendent seront considérées avec une bienveillance anthropomorphique.³⁷ L'auteur donne l'exemple de parents qui expliquent à leur enfant pourquoi ne pas donner de coup au robot domestique, non seulement pour ne pas avoir à racheter un robot neuf, mais surtout car un enfant qui frappe un robot domestique sera plus enclin à frapper un vrai animal, voir un être humain... perpétuation de la violence, quelle que soit la victime.

Ce sentiment d'attachement au robot a pu être ressenti quand le robot hitchBOT, le robot canadien qui faisait de l'auto-stop à travers le Canada à l'été 2014, a été retrouvé

³⁵ "In legal terms, the characteristic that seems to distinguish objects and animals is the ability to move freely in the surrounding space. Note that an analogy between an animal and a moving object has already been used in the US Courts." euRobotics The European Robotics Coordination Action, Suggestion for a green paper on legal issues in robotics, 31 décembre 2012, *ibid*

³⁶ « Aussi en vient-on à se demander si l'atopie juridique des animaux, constatée, assumée et revendiquée, ne pourrait pas conduire à la création d'un nouveau topos juridique, situé entre les personnes et les choses. Paradoxalement, l'atopie animale deviendrait donc une atopie située. » Revue Le Droit des Animaux, Actes du colloque de Clermont-Ferrand, 29 novembre 2003, http://droit.u-clermont1.fr/uploads/sfCmsContent/html/1094/LA%20REVUE%206_DROIT%20ANIMAUX.pdf

³⁷ "One reason that people could want to prevent the "abuse" of robotic companions is the protection of societal values. Parents of small children with a robotic pet in their household are likely familiar with the situation in which they energetically intervene to prevent their toddler from kicking or otherwise physically abusing the robot. Their reasons for doing so are partly to protect the (usually expensive) object from breaking, but will also be to discourage the child from engaging in types of conduct that could be harmful in other contexts." Kate Darling, Extending legal rights to social robots, avril 2012, http://robots.law.miami.edu/wp-content/uploads/2012/04/Darling_Extending-Legal-Rights-to-Social-Robots-v2.pdf

décapité près de Philadelphie aux Etats-Unis. Tristesse et déception ont envahi même ceux qui n'avaient pas croisé la route de ce robot³⁸.

Le développement des robots sociaux est très développé au Japon, où la culture du shintoïsme qui attribue une âme aux objets. Respecter l'intégrité des robots, ce n'est pas seulement un enjeu économique et matériel, c'est un impératif culturel, une éthique.

A l'inverse, cette approche est critiquée par certains auteurs, affirmant que la *summa divisio* entre personne et chose est indépassable, en ce que nul ne peut être à la fois sujet et objet de droit : « *En droit civil, il n'y a pas de place pour trois catégories d'intervenants, car la distinction des personnes et des choses en structure tout l'espace : les premières sont des sujets de droit, c'est à dire que la volonté autonome dont elles sont animées en fait de parfaits supports de droits et d'obligations, tandis que les secondes ne sont rien d'autre que l'objet des désirs des premières* ». ³⁹

Ce débat doctrinal sur une déconstruction des catégories de droit est crucial.

III - L'intelligence : critère pour fonder la responsabilité des robots ?

A mesure de l'autonomisation croissante des robots, une autre question devra être tranchée : une décision totalement inédite par rapport à ce qui a été programmé doit-elle être considérée comme une pratique déviante ?

C'est l'idée du Golem. Suivant la légende, le rabbin Loew, kabbaliste de Prague au XVI^e siècle, fabriqua une créature d'argile et l'anima grâce à un parchemin où était écrit, tel un code source, l'ineffable nom du Créateur. Selon une longue tradition hébraïque, de la Torah, Adam lui-même fut un Golem de glaise avant de recevoir son âme de Dieu. Ce Golem devait défendre les juifs contre les persécutions. Mais, la créature d'argile devenue trop grande, le rabbin ne put effacer sur son front la première lettre d'*emet* (*vérité* en Hébreu) pour le transformer en *met* (« *mort* ») et la rendre inerte. Echappant à son créateur, et dépourvu de jugement, le Golem symbolise la créature infernale sans âme. Le robot doté d'intelligence artificielle, pourrait se rapprocher de cette créature d'argile.

Dans « 2001 l'Odyssée de l'espace », Stanley Kubrick reprend ce thème dans le célèbre affrontement avec un ordinateur. Echappant à tout contrôle, cet ordinateur est nommé HAL pour *Heuristically programmed ALgorithmic* (le décalage d'un rang des lettres forme l'acronyme IBM).

Cette situation de « robots fous » est connue des marchés financiers. A plusieurs reprises, il a été nécessaire de « débrancher » *in extremis* les ordinateurs d'achats et de

³⁸ "The outpouring of grief for hitchBOT underscores the degree to which people can get attached to robots—even a robot they've never met. Many people reacted to hitchBOT's "death" with sadness and disillusionment. Its guestbook contains sweet notes, assurances that people are "not all like that," and anger." Joelle Renstrom, Should robots have rights ?, The daily beast, <http://www.thedailybeast.com/should-robots-have-rights>

³⁹ R. Libchaber, Perspectives sur la situation juridique de l'animal, RTD civ. 2001, pp. 239 sq.

ventes d'actions et d'obligations qui obéissaient à des ordres algorithmiques devenus « fous », provoquant des krachs boursiers.

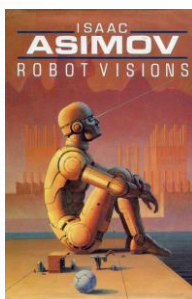
Plus globalement, au delà de la responsabilité du robot se pose celle de la **chaîne de causalité de la conception des programmes aux** dommages. D'autant que les robots autonomes seront des structures composites, réunissant une multitude d'éléments fournis à l'utilisateur par une variété d'opérateurs, surtout pour les logiciels créés en « open source ». Démêler cet enchevêtrement sera hasardeux.

A) Régime de responsabilité juridique des robots, fonction du degré d'autonomie

Déterminer à partir de quel degré d'autonomie un robot pourra être considéré comme « responsable » n'est pas simple (*cf supra*). Comment déterminer sa capacité à répondre de ses actes et de ses prises de position, d'en endosser la paternité, de reconnaître la participation prise dans une action ?

Pour le Professeur Samir Chopra la notion d'autonomie de l'intelligence artificielle n'est pas binaire. Il faut l'analyser en tant que spectre.⁴⁰ Ce curseur de « conscience », cher à Kant, s'inscrit dans la logique des lois d'Isaac Asimov, qui expose trois règles auxquelles tous les robots positroniques doivent obéir⁴¹, à condition qu'ils disposent d'une IA forte et aient conscience de leurs actes :

- un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni, en restant passif, permettre qu'un être humain soit exposé au danger ;
- un robot doit obéir aux ordres qui lui sont donnés par un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la première loi ;
- un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la première ou la deuxième loi.



⁴⁰ Samir Chopra, A Legal Theory for Autonomous Artificial Agents, 2012

⁴¹ Isaac Asimov, Cercle vicieux, 1942

Une fois définis le degré d'autonomie ou de conscience du robot, il convient de déterminer le type de responsabilité à appliquer. Plusieurs régimes de responsabilité sont envisageables en appliquant les principes des régimes communs :

- responsabilité des commettants pour les dommages causés par leurs préposés ;
- responsabilité du fait des produits défectueux ;
- responsabilité du fait des choses.

- **Le futur régime de responsabilité du robot pourrait dans un premier temps se construire par analogie à la responsabilité des commettants pour les dommages causés par leurs préposés.** *Les maîtres ou les commettants, du dommage causé par leurs domestiques et préposés dans les fonctions auxquelles ils les ont employés*⁴².

Le principe de ce régime tient au lien de subordination qui oblige l'employé à accomplir les tâches confiées par l'employeur. Il serait envisageable de le transposer à la relation entre un commettant et un robot chargé d'effectuer des tâches professionnelles. Pour ce robot « employé mécanique », l'« employeur » serait tenu responsable ou en partie responsable des dommages causés, comme si ce dommage avait été causé par un employé humain. L'équivalent d'un conducteur de bus qui partagerait la responsabilité d'une partie des actes avec son employeur.

Cependant, ce régime nécessite un lien de subordination, mais surtout une faute du préposé. De plus, ce statut méconnaît les évolutions technologiques de l'IA des robots qui ne peuvent plus être simplement considérés comme des machines « remplaçant des employés ». Il y a là une vision anachronique des employés qui ne sont pas des simples exécutants mécaniques

Aussi le rapport commettant/préposé ne semble pas adapté : il suppose une erreur ou une faute du préposé, et le lien de subordination n'est pas toujours facile à documenter.

- **On pourrait alors proposer un régime proche de responsabilité du fait des produits défectueux.**

En effet, il serait possible d'appliquer les articles 1245-1 et suivants du Code civil (anciennement articles 1386-1 et suivants) concernant les situations où un produit n'offre pas « *la sécurité à laquelle on peut légitimement s'attendre* », en tenant compte « *de la présentation du produit, de l'usage qui peut en être raisonnablement attendu, et du moment de sa mise en circulation* »⁴³. Ce régime piste la responsabilité des intervenants successifs dans le processus de production ou de distribution du produit. Mais ce régime du produit défectueux ne peut régir l'ensemble des cas de figure, notamment ceux ne relevant pas d'un défaut de sécurité.

⁴² Article 1242 alinéa 5 du Code civil (article 1384 alinéa 5 ancien du Code civil)

⁴³ Civ. 1^{re}, 9 juillet 2009 (n° 08-11.073)

➤ **Une dernière possibilité évoquée serait d'emprunter le futur régime de responsabilité des robots à la responsabilité du fait des choses.**

Le régime général de la responsabilité du fait des choses (article 1242 alinéa 1 du Code civil) : « *On est responsable non seulement du dommage que l'on cause par son propre fait, mais encore de celui qui est causé par le fait des personnes dont on doit répondre, ou des choses que l'on a sous sa garde* ».

Ce régime implique la « garde » de la chose (qui serait le robot en l'espèce), c'est-à-dire un pouvoir d'usage, de direction et de contrôle.⁴⁴ Ce régime semble *a priori* possible, la garde étant avant tout « intellectuelle » dans la mesure où ce sont les ordres donnés par l'utilisateur qui la matérialiseront.

Le gardien pourrait voir sa responsabilité engagée du fait des dommages causés par le robot. Jean-Michel Bruguière avait ainsi déjà proposé un tel régime concernant l'algorithme de Google Suggest Google ayant en effet « *l'usage, la direction et le contrôle de l'algorithme qui puise dans la base de données des résultats des autres internautes. Il exploite cet algorithme avec le célèbre moteur de recherche (il en a bien l'usage). Il le dirige en ce sens qu'il peut introduire certains mots clés en considérant notamment les pays où le moteur de recherche est exploité. Il le contrôle enfin puisqu'il peut purement et simplement supprimer certains mots clés* »⁴⁵.

Cependant, un problème se posera avec les robots pourvus d'autonomie décisionnelle : le gardien ne pourra plus exercer les « *pouvoirs de surveillance et de contrôle sur le robot, qui caractérisent la garde* ».⁴⁶ Lorsque le robot échappe au contrôle de l'homme, lorsque les capacités cognitives du robot lui confèrent une certaine liberté d'action ce régime deviendra inapplicable⁴⁷.

Pour résoudre cette problématique de la garde, il serait théoriquement possible de réactiver la distinction garde de la structure et garde du comportement, tombée dans une certaine désuétude jurisprudentielle depuis quelques années, en l'appliquant aux produits dotés d'un *mécanisme propre capable de se manifester dangereusement*⁴⁸. Cette jurisprudence, imaginée le plus souvent pour des objets ayant un contenu dangereux (bouteille d'oxygène, de butane, etc...) propose que pour ce type de chose on distingue le contenu de la chose (ce de quoi elle est faite, sa structure) et de l'autre son comportement, ce qui renvoie à une extériorité. Pour ce type de chose il y aurait deux gardiens possibles : un gardien de la structure et un gardien du comportement.

⁴⁴ Arrêt Franck, Cour de cassation, chambres réunies, 2 décembre 1941

⁴⁵ Jean-Michel Bruguière, Google Suggest et la responsabilité civile : encore un petit effort pour en arriver à la responsabilité du fait des choses, Revue Lamy Droit civil, N° 114, 1er avril 2014

⁴⁶ Arrêt Franck, *ibid.*

⁴⁷ Voir notamment Grégoire Loiseau, Matthieu Bourgeois, Du robot en droit à un droit des robots, *ibid.*

⁴⁸ « Les juges du fond qui, dans l'exercice de leur pouvoir souverain, ont considéré qu'une bouteille remplie d'une boisson gazeuse avait un dynamisme propre, capable de se manifester dangereusement, ont pu déduire que la société qui avait fabriqué la boisson et l'avait mise en bouteille en avait conservé la garde malgré les ventes successives dont elle avait été l'objet. » Civ. 1re, 12 nov. 1975 (n° 74-10386)

La jurisprudence dit que le fabricant reste « gardien » du robot, même après son transfert, en cas de dommage dû à un vice ou un défaut de sécurité. L'utilisateur ne serait « gardien » que de l'utilisation normale du robot, et ne serait responsable que si le dommage causé par le robot est lié à des instructions qu'il lui aurait données par le concepteur. Suivant ce raisonnement, le régime de responsabilité du fait des produits défectueux semble applicable.

En cas de pluralité de fabricants, il serait possible d'appliquer le principe de la « garde collective », afin de retenir la responsabilité d'une pluralité de fabricants ou de programmeurs sur la chaîne de production du robot⁴⁹.

B) Régime d'indemnisation

Le montant du patrimoine (ou capital social) du robot pourrait être proportionnel aux risques que le robot fait courir en termes économiques et physiques. Une autre solution consiste à créer une obligation d'assurance avec un fonds d'indemnisation.

Les députés européens font remarquer qu'un projet législatif est nécessaire et urgent pour clarifier les questions de responsabilité, en particulier pour les voitures sans conducteur, sans en préciser clairement les modalités. En dehors d'un système d'assurance obligatoire complété par un fonds de garantie pour le dédommagement des victimes en cas d'accidents causés par ce type de voitures. La Résolution prévoit l'obligation d'une police d'assurance pour les fabricants ou propriétaires du robot⁵⁰. À titre d'exemple dans l'Etat de Californie, pour qu'une voiture sans conducteur puisse rouler, il faut qu'elle soit assurée à hauteur de 5 millions de dollars⁵¹. En droit français, en matière d'indemnisation des victimes d'accidents de la circulation, un fonds de garantie est alimenté par un prélèvement sur les primes d'assurance.

Le régime voulu par la Résolution européenne est différent. Contrairement « *au régime d'assurance des véhicules routiers, qui couvre les actes et l'inaction des automobilistes, un régime d'assurance robotique devrait tenir compte de toutes les responsabilités potentielles d'un bout à l'autre de la chaîne* »⁵². Cette Résolution promeut la mise en place d'une immatriculation « *afin de pouvoir toujours associer un robot au fonds dont il dépend* »⁵³.

Puisqu'il est compliqué de déterminer *a priori* quelles seront les normes et l'étendue de la responsabilité susceptible de s'appliquer, l'avantage d'instaurer une assurance réside dans sa protection, sa mutualisation du risque par une gestion collective.

⁴⁹ Civ. 2^{ème}, 15 décembre 1980 (n° 79-11.314)

⁵⁰ Article 59 a) de la Résolution européenne du 16 février 2017, *ibid*

⁵¹ Etat de Californie, Senate Bill No. 1298, Chapter 570, Section 2

⁵² Article 57 de la Résolution européenne du 16 février 2017, *ibid*

⁵³ Article 59 e) de la Résolution européenne du 16 février 2017, *ibid*

En France, la société NeoTech assurances propose déjà une assurance spécifique aux robots⁵⁴.

Dans le domaine de la voiture autonome, des prévisions estiment que son utilisation devrait faire baisser le nombre d'accidents de 90%.⁵⁵ L'assurance pourrait alors être souscrite par le constructeur automobile, plutôt que par l'utilisateur du véhicule, comme cela se pratique dans le transport maritime.

Ouverture

A ce stade aucune conclusion définitive ne peut être proposée en dehors de l'impérieuse nécessité de la réflexion et de l'échange sur une question centrale : le robot est-il un « être » artificiel ? Un Homme augmenté ?

Cette interrogation n'est pas récente. Au XVII^{ème} siècle, Hobbes présentait les automates comme des « animaux artificiels » imitant le vivant et capables de se mouvoir. Selon le philosophe, l'Homme imitant l'œuvre divine crée des automates – il est lui-même un automate créé par le Grand Horloger : « *pourquoi ne pourrions-nous pas dire que tous les automates (des engins qui se meuvent eux-mêmes, par des ressorts et des roues, comme une montre) ont une vie artificielle ?* »⁵⁶.

La référence au Léviathan – classique de la pensée juridique européenne – est plus que jamais d'actualité. Si l'homme est un automate, l'automate ne peut-il être considéré comme un homme ? L'Etat serait, lui-même, un automate fabriqué par l'homme: « *ce grand LEVIATHAN appelé REPUBLIQUE ou ETAT (en latin CIVITAS) qui n'est rien d'autre qu'un homme artificiel, quoique d'une stature et d'une force supérieure celle de l'homme naturel (...) la souveraineté est une âme artificielle, en tant qu'elle donne vie et mouvement au corps entier, où les magistrats et les autres officiers affectés au jugement et à l'exécution sont des jointures artificielles, (...) l'équité et les lois sont une raison et une volonté artificielles, la concorde est la santé, la sédition est la maladie, et la guerre civile est la mort* ».

Cet imaginaire de l'homme machine se situe au fondement des enjeux contemporains.

Les défis éthiques et juridiques posés par les robots « augmentés par l'IA » doivent être envisagés sans euphorie béate ni inquiétude stérilisante.

Les réglementations à venir doivent garantir les valeurs fondamentales de nos sociétés. L'argument de « l'âme artificielle » ne suffit pas à définir une personnalité juridique !

⁵⁴ <http://www.neotech-assurances.fr/assurance-robot>

⁵⁵ Rapport, McKinsey & Company, 2015, <http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the-automotive-world>

⁵⁶ Hobbes, Le Léviathan, 1651



Adrien BASDEVANT, Avocat associé – Lysias Partners

Passionné par l'impact des technologies sur la société, Adrien Basdevant a contribué au développement d'une start-up à New York avant de se former au sein de cabinets français et anglo-saxon. Co-auteur avec Cédric Manara (Senior Copyright Conseil at Google) du livre "101 questions juridiques sur les réseaux sociaux" (Editions Diateino, 2013), il a également publié le premier livre blanc sur le droit des drones. Il tient le blog "Un coup de données jamais n'abolira le hasard". Adrien s'intéresse de près à l'éthique des données, à l'économie collaborative, aux algorithmes et tout sujet de pointe suivant une approche transdisciplinaire.



Ariel SCHWARTZ, Juriste

Juriste, diplômé de l'Université Panthéon-Assas Paris II et titulaire d'un LL.M de Tel Aviv University, mention Law & Technology, Ariel Schwartz est spécialisé en nouvelles technologies.

Cas d'usage d'Intelligence Artificielle

Afin de rendre la présentation de ce sujet aussi pragmatique que possible, LYSIAS a voulu donner la parole à de jeunes entrepreneurs français. Ingénieurs, chercheurs, meneurs de projets, dans des domaines aussi divers que la santé, le marketing, ou le transport marketing, pour souligner les cas concrets déjà existants liés à l'intelligence artificielle.

Les usages pratiques de l'intelligence artificielle s'étendent désormais à des domaines aussi vastes que variés, avec des applications industrielles de plus en plus nombreuses, comme l'optimisation de gestion de fret ou bien la personnalisation des services. Mais ces usages nouveaux s'étendent également aux données « sensibles » que représentent les données de santé, en passant par la déjà très développée reconnaissance des images et par la problématique tout aussi sensible de la conciliation entre l'intelligence artificielle et la justice.

L'IA est « à la mode »

Par **Charles OLLION**, co-fondateur et directeur de la recherche à Heuritech



Cet article décrit une approche moderne d'identification d'objets à large échelle dans des images, son application au monde de la mode puis donne quelques perspectives sur l'avenir de l'IA en Vision automatique et ses applications.

L'intelligence artificielle appliquée à la mode est au coeur de la solution d'Heuritech est une start-up basée à Paris spécialisée dans l'intelligence artificielle, notamment l'analyse automatique d'images et de texte par des techniques d'apprentissage automatique appelées "Deep Learning".

Aujourd'hui, il n'existe pas d'intelligence artificielle généraliste: les avancées récentes permettent d'automatiser des tâches, lorsqu'on se concentre sur des problèmes assez précis. C'est pour cette raison qu'Heuritech s'est tourné vers le secteur de la mode, en spécialisant ses algorithmes sur des données du secteur.

Le "Deep Learning" : une version du "Machine Learning" qui change la donne

L'un des champs de recherche dominant en Intelligence Artificielle est le Machine Learning (Apprentissage Automatique). Il permet d'apprendre la relation entre des données (par exemples des images) et leurs étiquettes associées (par exemple la présence d'un objet dans l'image)

Le *Machine Learning* est souvent limité par la capacité d'experts à transformer les données de la bonne façon avant de les entrer dans le système. Par exemple dans le cas d'une image, l'entrée du système est un grand tableau de nombres représentant la couleur RGB de chaque pixel.

Dans un système de Machine Learning les experts en vision définissent des "caractéristiques visuelles" de l'image (contours, plages de couleurs, dégradés,...) sur lesquelles l'algorithme va s'appuyer pour faire son apprentissage. Cela requiert une connaissance forte et il faut adapter cette façon d'extraire ces caractéristiques à chaque problème.

Le *Deep learning* (Apprentissage Profond) permet de supprimer cette phase, en permettant d'apprendre automatiquement ces caractéristiques à partir des pixels bruts. Ainsi, les systèmes de Deep Learning peuvent en général généraliser à de beaucoup plus de cas différents. Le réseau est découpé en plusieurs couches qui vont apprendre des caractéristiques différentes de l'image de façon hiérarchique (zones de couleurs, contours, puis objets, etc...) comme le montre le schéma suivant:

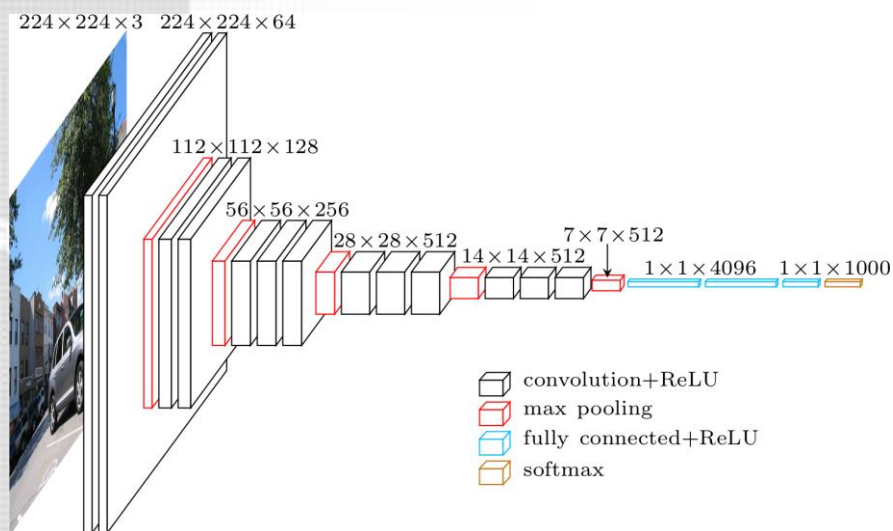


Fig 1. Réseau de Neurone profond pour la classification d'images. Simonyan, K., and Zisserman A. "Very deep convolutional networks for large-scale image recognition." 2014

Vision artificielle pour l'identification des habits

L'une des applications dans le secteur de la mode concerne l'identification visuelle automatique des habits et de leur attributs (motifs, couleurs, formes...). Ce problème est très complexe car les photos sur lesquelles on cherche à détecter les habits sont très variables (voir fig 1).

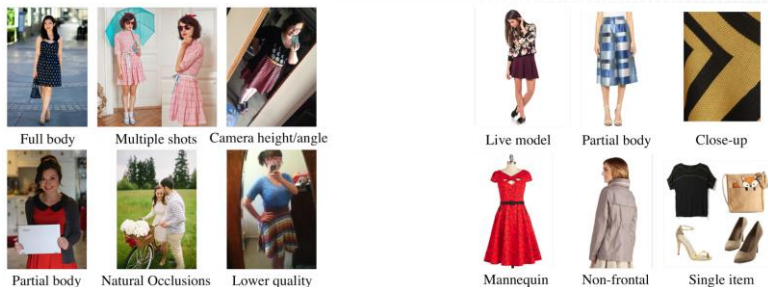


Fig 2. Pourquoi la détection des habits et leur attributs est une tâche très complexe. Source: Tamara L. Berg

C'est dans ce cadre que l'utilisation de *Deep Learning* prend tout son sens par rapport à d'autres méthodes. À l'aide de ces technologies, nous sommes capable d'identifier les habits et leurs caractéristiques quelle que soit la qualité, l'origine, la pose, la luminosité des photos.

En particulier, il est nécessaire d'utiliser des réseaux de neurones spécialisés dans la Détection et la Segmentation. La figure 3 montre ces différentes approches comparées à l'approche la plus employée (classification): non seulement l'algorithme identifie le contenu de l'image, mais également où sont localisés les objets (les boîtes vertes dans l'image) et même l'ensemble précis des pixels de l'image qui correspondent aux objets (les masques verts dans l'image).

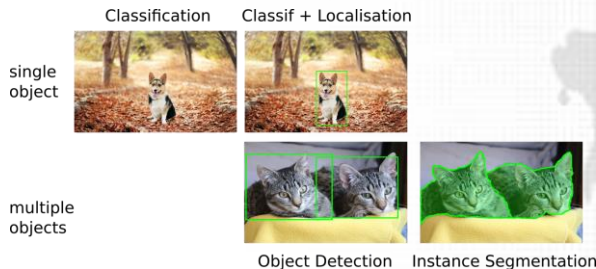


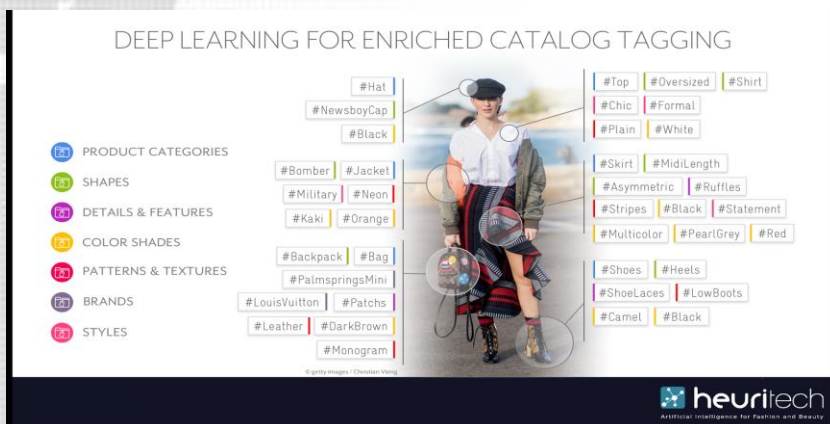
Fig 3. Approches modernes de vision artificielle: au delà de la classification.

Ces algorithmes existent depuis peu en recherche. Passer d'un prototype de *Deep Learning* à une solution en production requiert un travail colossal, au niveau de la validation des prédictions du modèle, de la mise en production de modèle à l'état de l'art, et de la constitution d'un pipeline d'analyse visuelle constitués de dizaines de modules entraînés séparément.

Application au tagging automatique de catalogue et à la détection de tendance

Avec la capacité à analyser finement les habits dans les images, voici les cas d'usage métier d'Heuritech:

- **identifier les tendances vestimentaires sur internet** (Est-ce que le vert pomme / les motifs à fleurs / ... sont à la mode sur les robes en France?). Cette solution se différencie fortement des techniques d'analyse par mots clés (quels sont les mots clés qui buzzent ?), car dans le monde de la mode, beauté, ainsi que d'autres connexes, ce sont les visuels qui sont importants.
- **Aider les consommateurs à trouver les vêtements et accessoires** qui leur plaisent **sur les sites marchands**. L'expérience e-commerce est aujourd'hui limitée par une recherche par mots clés, sur des catalogues indexés à la main (du coup il y a des erreurs, des imprécisions, et des inhomogénéités). L'ajout d'intelligence visuelle permet de transformer cette expérience.



Une vision de l'intelligence artificielle appliquée

Les techniques d'apprentissage automatique comme le *Machine Learning* et *Deep Learning* montrent d'excellentes performances en Vision et analyse de la parole, et bientôt en analyse du langage.

Cependant, nous sommes aujourd'hui encore loin d'une intelligence artificielle généraliste, et aucun signe de la recherche nous montre que nous y arriverons à court terme. C'est donc dans le cadre d'applications très spécialisées que l'intelligence artificielle va se développer et construire de nouveaux usages dans les années à venir.



Charles Ollion, co-fondateur et directeur de la recherche à Heuritech.

Il enseigne également le *Deep Learning* au Master Data science de Paris Saclay. Les cours et applications sont open source et disponibles: <https://m2dsupsdclass.github.io/lectures-labs/>

L'apport de l'intelligence artificielle à la logistique internationale

Par **Loïc MARZIN**, Co-fondateur et CTO de Wakeo



Le transport maritime

Avec 80% du transport global en volume et 70% en valeur en 2015, le transport maritime a un rôle central dans l'économie globale actuelle. Les ports constituent les premiers nœuds intermodaux et présentent un enjeu de gestion majeur dans le transport de marchandises.

Bien que les compagnies maritimes, et les commissionnaires de transport ⁵⁷, communiquent un ETA⁵⁸ informant l'heure d'arrivée des cargos aux ports, ces opérateurs sont souvent contraints de modifier cette information due à des retards provenant des conditions météorologiques, des congestions portuaires, des transbordements ⁵⁹ imprévus, etc.

Aujourd'hui, plus de 40% des cargos arrivant aux ports affichent un retard supérieur à 1 jour par rapport à l'ETA initialement prévu.

Ces retards sont d'une importance capitale car ils se répercutent sur l'ensemble de la chaîne de transport, depuis le déchargement du conteneur au terminal, jusqu'à sa livraison au centre logistique, en passant par la coordination du transporteur effectuant le post-acheminement⁶⁰.

La digitalisation progressive des ports et des acteurs logistiques nous permet aujourd'hui d'accéder à une vision globale des volumes transportés à travers le monde, des lignes exploitées, des temps de transit, des coûts de transport, etc.

Le retraitement de ces informations et leur enrichissement avec de la donnée extérieure permettent de réaliser des travaux visant à améliorer l'ETA des cargos.

⁵⁷ Intermédiaire de commerce organisant le transport de marchandise. Profession réglementée.

⁵⁸ Estimated Time of Arrival / Heure d'arrivée prévue

⁵⁹ Transfert des marchandises d'un navire à un autre

⁶⁰ Voyage depuis le port jusqu'à l'entrepôt

La traçabilité comme relai de croissance et de compétitivité

La qualification de l'ETA bénéficie à différentes parties prenantes :

- **pour les transporteurs routiers, fluviaux et ferroviaires, réalisant le post et pré-acheminement des marchandises, l'ETA permet la planification à la semaine de leur remplissage.** Une information de qualité permet donc d'éviter de se retrouver dans des situations de sur ou de sous-capacités à cause des retards et donc de réduire les pertes liées à la mise en place de solutions alternatives de dernière minute souvent très onéreuses
- **pour les ports, réduire l'incertitude sur l'heure d'arrivée des navires permet une meilleure allocation des ressources humaines, spatiales et mécaniques.** La réduction de cette incertitude représente également un avantage compétitif par rapport aux autres ports en se positionnant comme un acteur de confiance facilitant les échanges intermodaux
- **pour les industriels, l'anticipation des retards a un impact important sur la gestion globale de leur supply chain.** Une meilleure visibilité sur les heures de livraison des approvisionnements permet de réduire les stocks et donc d'être plus rentable

Fiabiliser les prévisions de l'heure d'arrivée des navires au port est donc capital pour faciliter les opérations réalisées aux ports et de diminuer les coûts liés au transport de marchandises sur l'ensemble de la chaîne de valeur.

L'intelligence artificielle au service de la logistique internationale

L'agrégation à grande échelle d'informations sur les flux maritimes nous permet aujourd'hui de mettre en place de modèles prédictifs permettant de réaliser des estimations sur les dates d'arrivée des cargos, indépendamment de l'ETA communiquée par la compagnie maritime.

“ *Deux approches empruntées au domaine de l'intelligence artificielle peuvent être utilisées pour construire ces modèles prédictifs : la première est une approche algorithmique utilisant des machines à vecteurs de support et la seconde est une approche connexionniste utilisant des réseaux neuronaux.* ”

La différence majeure entre ces deux approches est que les réseaux neuronaux nécessitent un volume de données en entrée plus important et un temps d'entraînement plus long que les machines à vecteurs de support pour être pertinents. Cependant cette approche permet d'aboutir à de meilleurs résultats dans le cadre de problèmes très complexes, en augmentant le nombre de calques.

Les données exploitées pour la mise en place de tels modèles sont les suivantes :

- des données AIS historiques répertoriant les positions GPS des cargos ainsi que leur vitesse et leur tirant d'eau,
- des données techniques des cargos comme leurs dimensions,
- des données météorologiques historiques,
- des données historiques concernant les conditions de navigation.

L'ensemble de ces données constitue un socle d'apprentissage robuste pour établir des prévisions sur la date et l'heure d'arrivée des cargos aux ports.

Cependant, même si ces deux approches permettent d'améliorer la fiabilité de l'ETA, la multiplicité des possibilités offertes au capitaine de navire, en termes de vitesse et de route notamment, est un facteur qui ne peut être pris en compte et qui entraîne donc une marge d'erreur dans le calcul de l'ETA. En effet, ce dernier a tendance à ajuster sa vitesse en fonction de sa position par rapport à l'ETA communiquée par la compagnie maritime, quitte à diminuer sa vitesse pour ne pas avoir à attendre à proximité du port et à adapter sa conduite pour diminuer sa consommation en carburant en fonction des opportunités présentées par les conditions de navigation.

Rendre ces modèles prédictifs viables est cependant réalisable s'ils sont couplés à des données en temps réel (position AIS, vitesse, conditions météorologiques et conditions de navigation). Ainsi l'ETA pourra être fiabilisée suffisamment en amont pour permettre à toutes les parties prenantes d'organiser leurs opérations.

Vers une solution de track & trace intégrale door-to-door

Le transport maritime est un maillon clé dans la chaîne de transport international car il représente la plus grande partie du temps de transit (généralement de un à quatre semaines) et est responsable de plus de 80% des retards. Cependant la seule maîtrise de l'ETA du cargo n'est pas suffisante pour des acteurs comme les industriels par exemple. Ces derniers s'intéressent davantage à l'ETA finale, dit door-to-door, correspondant à la date à laquelle les marchandises vont arriver en entrepôts.

L'ETA door-to-door est fonction de l'ETA des cargos, à laquelle il faut ajouter le temps de déchargement et de dédouanement de la marchandise, puis le temps de trajet de la partie post-acheminement (majoritairement effectuée par voie routière, mais également par voie ferroviaire ou fluviale).

Le déchargement et le dédouanement de la marchandise sont les étapes les plus délicates à prédire en raison de leur composante humaine et opérationnelle. Cependant, les démarches peuvent être suivies si des connexions aux bases de données portuaires sont effectuées.

Le suivi du post-acheminement, quant-à-lui, peut être réalisé avec grande précision à partir de capteurs connectés issus de l'IoT (Internet of Things). Le développement de nouvelles technologies de télécommunication à basse consommation et à grande portée LPWAN (comme Lora ou Sigfox) permet à présent de développer des modèles économiques viables pour équiper directement des marchandises ou des palettes. En effet, ces technologies à basse consommation permettent de s'affranchir de la contrainte majeure des capteurs M2M classique (2G/3G/4G) qui est la batterie. L'amélioration de l'autonomie de ces capteurs, pouvant atteindre plusieurs années, entraîne la réduction de leur coût.

Ces capteurs permettent de remonter des données multiples comme la géolocalisation, la température, l'hygrométrie, les chocs ou même le taux de lumière. Le monitoring de ces données en temps réel intéresse notamment les industriels dans le secteur de la pharmacie, la chimie ou l'agro-alimentaire pour contrôler la chaîne de froid, les industriels du secteur Aerospace&Defense pour être alertés en cas de chocs, ou encore les industriels du luxe pour tracer les cas de vols et localiser les marchés noirs ou marchés gris.

De la même manière que pour la prédiction de l'ETA des cargos, l'intelligence artificielle nous permet d'établir des modèles prédictifs pour calculer l'ETA final (door-to-door) de la livraison des marchandises.

Les données exploitées seront cette fois-ci (dans le cas d'un transport routier) :

- des données de géolocalisation issues des capteurs connectées IoT,
- des données techniques sur les camions (semi-remorque, etc.),
- des données historiques sur le trafic routier,
- des données météorologiques historiques.

Le transport est un secteur en pleine mutation entamant sa digitalisation depuis plusieurs années. Les transporteurs prévoient de s'aligner par rapport aux acteurs des autres industries en investissant 5% de leurs revenus par an jusqu'en 2020, afin d'accélérer leur développement vers des technologies naissantes qui ont tout à apporter.



Loïc MARZIN, Co-fondateur et CTO de Wakeo

Loïc est un entrepreneur Français diplômé de l'ESTP (Ecole Spéciale des Travaux Publics, du Bâtiment et de l'Industrie).

Après avoir passé plusieurs années en tant que consultant en stratégie, Loïc a décidé de mettre à profit ses compétences en *data science* et *data analytics* au service de la logistique et du transport international. Il est aujourd'hui le co-fondateur et le CTO de Wakeo.

En médecine : Intelligence Artificielle, impacts réels.

Par **Karine LEVY-HEIDMANN**, Epidémium



L'application de l'Intelligence Artificielle à la médecine offre une perspective essentielle à l'essor de ces nouvelles technologies. Qu'il s'agisse de renforcer le lien entre patients et médecins, d'offrir des outils aux citoyens pour redevenir acteurs de leur santé, de poser des diagnostics plus rapides et plus précis, ou encore d'optimiser la création de nouveaux traitements, l'innovation tend ici vers un seul et unique objectif : combattre la mort et la maladie. Quoi de plus noble ?

Mais aussi, quoi de plus complexe et incertain ? Car si faire jouer le super-ordinateur Watson d'IBM aux échecs reste somme toute sans conséquence pour nous, êtres humains, il en va tout à fait différemment lorsque l'homme se prend au jeu autrement plus dangereux d'utiliser ces outils pour sauver des vies.

J'entends ainsi parfois reprocher au monde de la santé une réactivité faible, voire absente, quant à l'application des nouvelles technologies au sein de sa sphère. Mais ce qui pourrait être vu comme lenteur ou manque d'agilité n'est, à mon sens, que principe de précaution et respect de la vie humaine. Bien au contraire même, les exemples prouvant que la médecine avance dans le même sens que dans d'autres domaines sont nombreux. **Le vrai enjeu, ici, n'est pas tellement d'aller plus vite, mais d'aller bien.** De définir les bons objectifs et de se confronter aux justes problématiques.

“ *La médecine n'est pas là pour gagner la course à la technologie. En revanche, elle ouvre la voie vers de nouveaux débats éthiques et juridiques essentiels, dont s'emparrera à son tour le reste de la société civile.* ”

Renforcer, et non remplacer, le lien entre patients et médecins

Difficile de brosser un tableau complet des applications de l'intelligence artificielle dans la médecine, tant elles sont nombreuses et de nature variée. Du suivi à la recherche, en passant par le traitement, le diagnostic et la prévention, il est possible toutefois de retracer ce que la technologie change et va changer tout au long de la chaîne de la santé.

L'IA vient tout d'abord en appui au travail du corps médical et à ce que l'on pourrait appeler "l'expérience patient", dans une optique de suivi amélioré, à l'intérieur comme à l'extérieur des centres de soin. Il s'agit d'offrir aux citoyens des outils concrets leur permettant d'accéder à des solutions pour mieux gérer leur santé et le suivi de leur traitement.

Ainsi les **chatbots**, outils conversationnels reposant sur l'intelligence artificielle et le big data, permettent à l'utilisateur d'obtenir des réponses aux questions qu'il se pose, à toute heure du jour ou de la nuit. La plupart de ces outils sont développés sur des app ou via Facebook, à l'instar de Vic, spécialisé sur le cancer. Mais l'entreprise Calmedica⁶¹, plus méconnue du grand public et qui offre un service de suivi plébiscité par les professionnels de santé, a fait le choix de revenir à un outil plus basique : le **SMS**. Quand la technologie devient complexe, simplifier l'interface d'utilisation peut s'avérer judicieux, d'autant plus dans un contexte médical déjà difficile pour le patient. Hors des murs de l'hôpital, l'amélioration de l'observance des traitements et du suivi thérapeutique est également permis grâce à l'arrivée sur le marché d'outils contrôlant la prise des traitements, comme la plateforme d'intelligence artificielle AiCure et sa technologie de vérification visuelle⁶².

Le médecin peut alors savoir de manière exacte les conditions (heure, quantité, régularité...) dans lesquelles le patient a pris ou non son traitement, et le patient dispose lui-même d'un outil de suivi rassurant. Enfin, d'autres outils d'IA entrent à l'hôpital, qui mènent à une amélioration globale de la prise en charge, comme l'aide à la rédaction de comptes rendus médicaux.

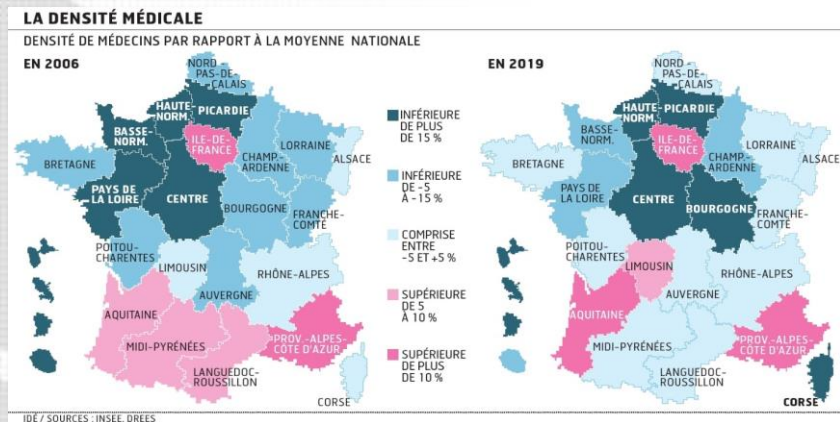
Loin de remplacer l'humain, ces applications aident donc au contraire le personnel de santé au jour le jour. En confiant à une intelligence artificielle fiable le suivi à distance, quotidien et rapproché de ses patients, que ce soit pour répondre à ses questions ou pour contrôler que les traitements prescrits sont respectés, le professionnel de santé est mieux informé, il peut dégager du temps pour soigner et accompagner le patient différemment. Pour le citoyen, ces solutions sont rassurantes, elles facilitent sa responsabilisation et réduisent le temps d'hospitalisation. Enfin, optimiser la charge de travail du personnel soignant permet aussi, à grande échelle, de réaliser des économies qui pourront être investies dans l'innovation, la recherche ou de meilleures

⁶¹ <http://calmedica.com/fr/>

⁶² <https://aicure.com/>

infrastructures. Faciliter l'entrée de l'intelligence artificielle dans les établissements de santé apporte donc des bénéfices forts au système médical dans son ensemble.

Si l'IA assiste et soulage le médecin à l'hôpital sans se substituer à lui, il est des cas où l'IA est en revanche amenée à le remplacer, là où il fait défaut. Elle devient en effet **une solution aux déserts médicaux** : disparition des médecins de famille, concentration des généralistes dans les villes et répartition très hétérogène sur le territoire.



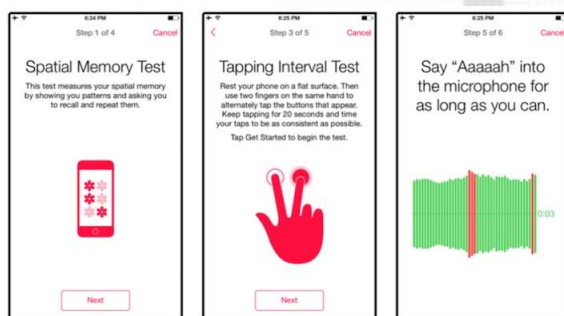
Avec, d'abord, la numérisation progressive des dossiers médicaux, puis **la réalisation de consultations à distance grâce à des salles de télémedecine dotées des technologies dédiées**, on imagine sans peine que la prochaine étape sera l'arrivée de robots dotés des bons algorithmes, capables de recevoir et de questionner les patients, de croiser les informations reçues avec d'immenses bases de données, et de réaliser des pré-diagnosics. Permettre aux patients d'être suivis plus régulièrement, leur faire gagner le temps des déplacements et opérer un premier "tri" pour le médecin sont autant de bénéfices à valoriser face au problème de la pénurie de médecins.

Du diagnostic au choix des traitements, orienter et assister le médecin

Mais les applications sont encore plus larges : l'IA nous ouvre déjà les portes d'une **médecine personnalisée, adaptée à chaque individu**, qui prend en compte l'ensemble de ses données personnelles, allant de son lieu de naissance, ses habitudes de consommation à ses mutations génétiques, les croisant avec les gigantesques bases de données disponibles et permettant aux médecins de choisir le traitement le plus adapté.

Les médecins sont débordés d'informations venant de la littérature scientifique, des essais cliniques réalisés ou en cours, mais aussi de leurs patients. **Là où l'esprit**

humain n'est pas adapté pour gérer de telles quantité de données, les algorithmes peuvent désormais prendre le relais. C'est véritablement une médecine sur-mesure qui émerge, où ce qui est soigné n'est plus la maladie ponctuelle dans le corps du malade, mais le malade et toutes ses données, dans une approche globale. Le plus souvent, ce sont des tests génétiques qui sont utilisés pour orienter le choix des traitements et le cancer du sein est un domaine qui s'y prête particulièrement, comme l'illustrent MammaPrint⁶³, de l'entreprise américaine Agendia, capable de prédire le risque et le taux de survie des patientes au stade précoce, permettant au médecin d'avoir une gestion optimale de leur traitement, ou, plus dernièrement, un test développé au Centre Oscar-Lambret de Lille, en France⁶⁴. Encore plus spectaculaire : le projet mPower⁶⁵, mené par Sage Bionetworks aux États-Unis, est une application mobile qui analyse les indicateurs de la maladie de Parkinson comme la voix ou les mouvements fins, afin de suivre l'évolution des symptômes et de la maladie, et par conséquent d'orienter la prise en charge en fonction.



En amont du traitement, c'est bien sûr au niveau du diagnostic que l'IA a un impact essentiel. Sur le même modèle qu'évoqué plus haut, le croisement de grandes quantités de données et l'application d'algorithmes offrent aujourd'hui au professionnel de santé une aide sans précédent pour poser le bon diagnostic. Impossible ici de ne pas citer Watson d'IBM et Deepmind de Google, géants du *deep learning* qui se sont relativement récemment orientés dans la santé, avec l'objectif affiché de proposer le meilleur traitement au médecin en fonction de l'historique médical du patient, mais aussi de devenir un outil de diagnostic le plus précis possible et en un temps réduit grâce à l'exploitation de masses de données. Dans cette voie, la France n'est pas en reste : **six centres de recherche français se sont associés au sein du projet ConSoRe, dans le but de développer le "Google 3.0 du cancer"** : un outil permettant d'interroger une masse d'informations existantes et d'en extraire de la connaissance plus structurée qu'une "simple" liste de documents.

⁶³ <http://www.agendia.com/patient/breast/>

⁶⁴ <http://www.nordeclair.fr/58934/article/2017-05-11/un-nouveau-test-pour-aider-au-traitement-du-cancer-du-sein>

⁶⁵ <http://sagebase.org/research-projects/mpower-researcher-portal/>

Optimiser le diagnostic avec l'IA, ce sont aussi de nouvelles méthodes non-invasives d'analyse médicale grâce à l'imagerie, comme la technologie développée par la start-up DAMAE Medical⁶⁶, qui reconstitue les images prises par un boîtier grâce à un algorithme et donne ainsi des indications quant au caractère bénin ou malin de l'échantillon visuellement analysé.

D'autres approches prouvent à quel point l'IA a encore de nombreuses portes à ouvrir : une équipe de chercheurs de Microsoft a ainsi mis en place un système d'analyse des requêtes internet, capable d'observer les comportements de recherche des utilisateurs et d'anticiper le diagnostic des cancers du pancréas⁶⁷. Qui sait si un jour, nous ne serons pas prévenus par Google qu'il serait bon d'aller rendre rapidement une petite visite à notre médecin ? Est-ce souhaitable ? C'est un autre aspect du problème, mais parions que nous aurons bientôt à nous poser la question.

Mieux vaut prévenir que guérir

En poussant plus loin ces applications de l'IA, capable de détecter de plus en plus tôt et de mieux en mieux les maladies, pourra-t-on un jour les éviter ? Si Google, encore lui, s'attaque déjà à la question avec son Google Brain⁶⁸, il n'est pas certain que les promesses annoncées pourront être tenues. En revanche, une équipe de chercheurs britanniques a récemment mis au point une IA capable de prédire les risques d'attaques cardiaques grâce à l'analyse de dossiers patients et la création de modèles de profils à risque. Anticiper grâce à l'IA pour mieux avertir le citoyen de ses risques est une chance inouïe pour le domaine de la médecine de changer de paradigme : la priorité ne devra plus être de guérir, mais de prévenir, l'objectif du médecin ne sera plus de soigner mais d'anticiper.

Il est un domaine où l'anticipation et la prévention ont déjà largement fait leur preuve : l'épidémiologie. **En 2014, Orange a mené deux initiatives sur les données mobiles au Sénégal et en Côte d'Ivoire, dans le but d'extraire les données de réseau, puis de les packager et les anonymiser**⁶⁹. Ce travail de traitement, retraçant les appels émis et reçus au niveau d'un pays, qui sont des indicateurs précis d'échanges humains, a rendu possibles plusieurs initiatives : la modélisation d'épidémies (malaria, SIDA...), la cartographie des zones encore inaccessibles à une intervention médicale rapide, ou encore les besoins en infrastructures, notamment de santé. Déployés et automatisés à grande échelle, ce type de projets pourraient permettre d'éviter la propagation de futures épidémies et optimiser l'accès aux soins pour toute une population. Ou quand l'IA rend vraiment l'homme plus malin.

Accélérer et démocratiser la recherche

⁶⁶ <http://damaemedical.fr/w/?lang=fr>

⁶⁷ <https://www.nytimes.com/2016/06/08/technology/online-searches-can-identify-cancer-victims-study-finds.html>

⁶⁸ <http://fr.ubergizmo.com/2017/05/22/intelligence-artificielle-google-sante.html>

⁶⁹ <https://medium.com/epidemiem/les-mod%C3%A8les-d%C3%A9pid%C3%A9mies-sur-base-de-donn%C3%A9es-mobiles-mu-12-11-2015-c7d3de677251>

Aujourd'hui, cette initiative Data 4 Development d'Orange a donné naissance au Sénégal à un challenge ouvert à tous, dans différents domaines (santé, agriculture, énergie, transports...) ⁷⁰. Ce "challenge d'innovation ouverte" comme il se définit, appelle les citoyens à travailler sur des données massives dans un objectif d'apport sociétal. Orange met donc à disposition des participants des quantités massives de données TIC, afin de permettre à chacun d'apporter ses compétences et son énergie créatrice à un impact commun et global. Cette ouverture est l'illustration de la transformation qui s'opère au niveau de tout un domaine : parce qu'elle a besoin de nouvelles compétences (data science, machine learning, deep learning...), la recherche biomédicale commence à s'ouvrir... et par conséquent, à se démocratiser.



L'intelligence artificielle a besoin de l'intelligence collective. Les challenges comme Data 4 Development, Epidemium⁷¹ ou encore DREAM by Sage⁷², sont en plein essor. Il ne s'agit pas tout à fait de science citoyenne, où n'importe quel individu, même un enfant, peut contribuer à recenser la faune d'un parc ou repérer les étoiles, mais bien de faire accéder à la recherche un certain type de compétences complémentaires, utiles, voire nécessaires, auxquelles les médecins et les chercheurs n'ont pas forcément l'habitude de se confronter mais qui sont porteuses de formidables accélérations pour la santé.

“ Ainsi, dans le cadre d'Epidemium, les participants - du data scientist au médecin, en passant par le statisticien et le graphiste - sont invités à travailler sur les open data disponibles afin d'ouvrir de nouvelles voies dans la recherche contre le cancer.

L'essor de l'IA entraîne aussi une diminution du coût de la recherche dans son ensemble. En effet, **grâce aux données disponibles et aux technologies big data, plus besoin aujourd'hui de créer de nouvelles données, en formant de nouvelles cohortes, de nouveaux essais cliniques, coûteux et chronophages.** Les chercheurs peuvent plonger dans l'immense masse de données exploitables et les réexploiter à l'envi selon leurs projets de recherche. Ces études prospectives sur les

⁷⁰ <http://www.d4d.orange.com/fr/Accueil>

⁷¹ <http://epidemium.cc>

⁷² <http://sagebase.org/challenges/>

données sont une solution vers une réduction des coûts de production des médicaments car elles permettent aux chercheurs de repousser à des stades ultérieurs de preuve scientifique (obtenue par les données uniquement, donc à moindre coût) les recherches biologiques plus poussées sur les animaux, ou les essais cliniques auprès des patients. Il s'agit d'opérer un tri plus fort et plus en amont des projets de recherche, pour détecter ceux qui ne sont pas vérifiés par l'analyse big data. Evidemment, la réalisation d'essais cliniques et la constitution de cohortes restent essentiels, mais elles sont elles-mêmes facilitées avec l'IA. On peut mentionner ici des projets comme celui mené par **la start-up Owkin et l'Institut Curie, qui vise à enrichir les cohortes de patients grâce à une approche "text-mining", permettant de découvrir, dans les bases de données de patients existantes, des patients similaires dont l'identification complexe peut échapper à l'œil du médecin seul.**



Artificial Intelligence for Predictive Medicine

Contact

contact@owkin.com

De nouvelles pistes de réflexions éthiques et juridiques

Cependant, si de nombreux projets ambitieux voient le jour, il ne faut pas pour autant atténuer les difficultés qui se posent à la mise en œuvre de ces initiatives.

“ *Collecter et exploiter des données médicales n'a rien de simple, et d'une manière générale, le big data et l'IA dans la médecine posent de nombreuses problématiques éthiques et juridiques qu'il devient urgent de résoudre.* ”

Aujourd'hui, lorsqu'un centre hospitalier détient les données d'un patient avec son consentement, ces données collectées le sont dans un cadre précis et leur utilisation liée à ce cadre : la législation impose alors l'obligation de demander à nouveau au patient son autorisation si le médecin souhaite les exploiter en vue d'un autre projet, d'une autre utilisation. Cette approche est tout à fait incompatible avec le big data, qui nécessite d'avoir à disposition une masse de données la plus grande et complète possible. Quand on sait quel potentiel ces données représentent pour la recherche, on peut alors affirmer **qu'il est non-éthique de ne pas permettre leur pleine exploitation**. La loi est en retard sur l'éthique et le big data.

La question de la propriété des données est essentielle. Les centres hospitaliers et instituts de recherche sont responsables de veiller à ce que les données ne sortent pas de leurs "murs". **Comment permettre, dans ces conditions, une science plus**

ouverte et transdisciplinaire, nécessitant de faire appel à des compétences qui ne sont pas présentes dans les hôpitaux ? Embaucher des équipes de data scientist est très coûteux. Faire sortir les données n'est pas permis par la loi, ou bien seulement après des processus d'anonymisation et d'agrégation des données très lourds, défendus, et à juste titre, par la CNIL, mais qui font perdre à la donnée une grande partie de sa qualité et de sa pertinence. **Le rôle de la CNIL est indispensable, car elle défend la vie privée du citoyen. Mais puisque cela se fait au détriment de la science et de la recherche, c'est que nous sommes face à un problème non résolu.**

Idéalement, chaque citoyen devrait être propriétaire de ses données - médicales ou non. Il faudrait réaliser un travail d'éducation en profondeur auprès des citoyens, pour que chaque patient prenne conscience du potentiel d'utilisation qu'elles représentent et soit armé pour décider ou non, en toute connaissance de cause, de les proposer à la recherche. Ce qui nécessiterait de créer l'environnement technologique adéquat permettant le consentement et le suivi, au niveau national. En attendant qu'un tel cap soit franchi, il faudra trouver des solutions techniques et juridiques rapides pour permettre de faire sortir les données des centres hospitaliers et des instituts de recherche. Il faut s'y préparer dès maintenant, et tout faire pour que les données soient accessibles et exploitables lorsque les solutions seront trouvées.

Karine LEVY-HEIDMANN, Epidémium



Karine Lévy-Heidmann est diplômée d'un master de l'ESSEC et d'un master de Droit de l'environnement. Très engagée dans l'entrepreneuriat social, elle a notamment travaillé, au sein de KissKissBankBank, au développement de la plateforme de prêt solidaire hellomerci. Elle a ensuite fait partie de l'équipe coordinatrice du programme d'open science Epidemium, qui organise des challenges participatifs pour ouvrir de nouvelles voies de recherche contre le cancer grâce au big data. Aujourd'hui spécialisée dans l'innovation en santé, elle a créé la mobilisation

Kicking Cancer au sein de l'association MakeSense, communauté internationale qui permet de faire émerger et grandir les solutions aux défis de notre société. Son objectif est d'appréhender différemment les enjeux de la lutte contre le cancer afin de trouver des solutions concrètes et inclusives aux problématiques les plus urgentes et partagées. Pour cela, la mobilisation réunit les différents acteurs de l'écosystème de la santé (entrepreneurs, patients, associations, médecins, chercheurs, politiques...) et crée des synergies qui permettent de faire émerger des pistes d'actions communes vers une évolution du système de santé, tant au niveau de la prévention et de la sensibilisation que de la recherche, l'accès aux données, la transformation numérique, etc. Elle est également membre du conseil d'administration de MakeSense.

Quelles Méthodes pour un Usage Raisonnable de l'IA en Entreprise?

Par **Florian DOUETTEAU**, CEO, [Dataiku](#)



data
iku

La quatrième révolution industrielle, portée par l'intelligence artificielle (IA), est en marche. Son émergence et son utilisation ont fortement agité le monde ces dernières années, notamment dans l'espace BtoC, entraînant des questions d'ordre éthique aussi passionnantes que fondamentales. On se souvient tous [en mai 2016](#), de cet accident de voiture impliquant une Tesla et un camion. Très vite le système d'autopilotage de la Tesla avait été mis en cause. La question de la fiabilité de l'intelligence artificielle derrière la voiture s'est alors posée.

[Dix mois plus tard](#), ce système semi-autonome a été reconnu innocent aux yeux du monde, tel un humain auquel on aurait fait procès. La légitimité humaine des ordinateurs intelligents est bien LA question qui entoure l'IA et ce même au sein de l'entreprise. En effet depuis de nombreuses années, l'environnement *corporate* - bien que méconnu du grand public - n'est pas épargné par le développement d'applications intelligentes. Tel un film de science-fiction, on se demande même aujourd'hui si l'intelligence artificielle pourrait à terme prendre le pas sur l'intelligence humaine dans les processus de prise de décision. Mais est-ce la bonne question à se poser ? L'interaction entre l'IA et l'humain ne devrait-elle pas être l'élément sur lequel on devrait se focaliser dans un premier temps ?

L'IA en entreprise : des patterns à développer pour éviter les risques

Quand on parle d'intelligence artificielle en entreprise, c'est bien le rôle de l'utilisateur et la question du design UX qu'il faut prendre en considération. Un certain nombre de *patterns* doivent être implémentés de manière à faciliter les interactions entre humains et applications (métier) intelligentes.

- **Détection des tendances** : dans ce pattern l'IA va déterminer des tendances automatiquement en inspectant les données. Mais l'interprétation de la tendance finale est réservée à l'être humain. L'IA devient alors un déclencheur d'alertes. C'est le cas des applications de *monitoring media* où l'ordinateur fait tout

le travail préparatoire pour les êtres humains ou encore des applications permettant d'envoyer des signaux pouvant supposer la fraude. Tout élément provenant de l'ordinaire peut ainsi être évalué par les humains qui pourront agir en conséquence et prendre les meilleures décisions.

- **Un objectif business bien défini** : un ordinateur ne pourra pas être le seul décisionnaire en entreprise et certainement pas celui à même de définir les objectifs de cette dernière. Si l'objectif est défini par les êtres humains, la ou les solution(s) proposée(s) par l'ordinateur seront des outils de plus pour l'atteindre.
- **Renforcement de la décision** : on a vu apparaître ces dernières années des applications permettant de générer du texte et d'envoyer des messages qui proposent des actions, des classifications, du contenu automatique et qui choisissent les meilleures stratégies à adopter. Mais derrière ces applications il y a toujours, bien entendu, un opérateur qui s'assure que tout se passe bien et valide les stratégies.

Avec l'émergence de l'IA c'est en fait une nouvelle discipline qui s'est créée, chargée d'optimiser l'interaction entre ordinateur intelligent et être humain. L'IA, quand elle est utilisée de la bonne manière, n'est pas un monstre sorti du placard mais plutôt un outil supplémentaire pour faciliter le quotidien et surtout aider à la prise de décisions en entreprise. Car après tout, un ordinateur ne sera jamais à même de remplacer un être humain capable de prendre du recul, juger, regarder de loin les tendances à plusieurs niveaux, valider et s'engager. Et c'est sans doute pour cela que dans les années à venir les entreprises auront en leur sein des *IA experience designers* chargés de faire cohabiter ces deux mondes.



Florian DOUETTEAU, CEO, [Dataiku](#)

Florian Douetteau, diplômé de l'Ecole Normale Supérieure, est CEO et co-fondateur de Dataiku depuis janvier 2013, date de création de la start-up. Partant du constat qu'aujourd'hui, tout le monde veut créer de la valeur à partir de ses données, Florian et ses trois associés se sont attachés à développer une solution qui puisse identifier les données pertinentes dans un volume massif, pour en extraire des scénarios prédictifs. Après une version bêta lancée en avril, la plate-forme de Dataiku est officiellement

lancée fin 2013. Depuis, Florian s'attache à imposer Dataiku comme un éditeur incontournable sur son secteur en France, mais aussi aux Etats-Unis qui représente un passage clé dans l'adoption d'une solution logicielle. Il multiplie d'ailleurs les interventions publiques pour contribuer à l'émergence d'un écosystème français autour du big data.

Florian débute sa carrière chez Exalead, qu'il rejoint en 2000 pour mener sa thèse sur le développement du langage de programmation Exascript. Il y restera jusqu'en 2011, occupant successivement plusieurs postes de direction et de vice-président dans les domaines de la recherche, du développement et du management de produits.

L'impact de l'IA sur le droit et la justice : Qui contrôle le Code ?

Par **Adrien BASDEVANT**, Avocat associé, Lysias Partners

Le droit a-t-il perdu le monopole de la norme ? Dès 1999, Lawrence Lessig annonçait par la célèbre formule « *Code is law* »⁷³, l'influence du code informatique dans notre quotidien, la substitution progressive de l'algorithme à la loi.



Qui est Juge ? Twitter régule les messages haineux, Google statue sur le droit à l'oubli, Apple décide ce que doit connaître le FBI des attaques terroristes. Ces plateformes s'octroient ou se voient confier un rôle de régulateur privé. Le code informatique concurrence d'ores et déjà le code juridique. Deux questions doivent être posées. Qui élabore la norme ? Qui contrôle le code ?

Laisser les technologies établir la norme expose au risque de leur donner un rôle primordial dans des choix structurants sans le moindre débat démocratique. Les Etats et institutions, pris de court, font face à un choc de souveraineté. Aux lois nationales, les géants numériques opposent subrepticement leurs propres Constitutions, ces fameuses Conditions Générales d'Utilisations, véritables contrats d'adhésion, rarement lus ou compris, ralliés pourtant par plusieurs milliards d'utilisateurs.

La Justice et ses auxiliaires (avocats, médiateurs, juristes...) affrontent également la concurrence de plateformes en devenir, les *legal tech*. Dans ce nouvel écosystème, les justiciables seront directement concernés.

Les algorithmes cartographient leurs préférences, calculent les risques de non-remboursement, prédisent le passage à l'acte, les chances de succès d'une action en justice, les possibilités de récidive... **Ces technologies employées depuis longtemps**

⁷³ Code and Other Laws of Cyberspace, Lawrence Lessig, Basic Books, 1999

à des fins commerciales et sécuritaires, détectent les intentions, les profilent, sans que les individus ciblés n'en connaissent les procédures ou critères sous-jacents. Ils sont dans l'impossibilité de contester les décisions issues de ces algorithmes qui fonctionnent en toute opacité, comme des boîtes noires dont nous ignorons les règles de fonctionnement.

“ *Quelle sera la possibilité de débattre et de contester ces nouveaux pouvoirs ? De quels recours aux tribunaux, aux lois et aux procédures disposerons-nous face à ces capteurs qui sondent toute activité humaine en temps réel ? Les missions des autorités publiques et l'avenir de l'état de droit sont en question.*

« Le Numérique tuera-t-il l'Etat de droit ? » : citoyens, avocats, juges, nous sommes tous concernés. C'est sur cette question que nous avons débattu mardi 16 mai 2016, en collaboration avec le groupe de réflexion des avocats au sein du Collège des Bernardins⁷⁴.

[Cette conférence](#), désormais disponible sur le site de France Culture⁷⁵, initie le dialogue sur ces enjeux de demain avec l'ensemble des parties prenantes. Elle s'inscrit ainsi dans les préoccupations quotidiennes de nos professions confrontées aux défis et aux opportunités du numérique, et fait écho à la démarche entreprise cette année par la Commission Nationale Informatique et Libertés⁷⁶ de lancer des cycles de débats publics sur le thème de l'éthique et du numérique, à l'heure où 72% des français estiment que les algorithmes représentent un enjeu de société⁷⁷.

A cette occasion, le Collège des Bernardins avait choisi de nous inviter, avec Gilles Babinet, entrepreneur, « Digital champion » pour la France auprès de la Commission Européenne, et Solenne Brugère, Avocat associée du cabinet Carakters.

Le titre de cette conférence volontairement provocatrice fait écho à la crise de l'Etat-providence et à la rupture institutionnelle de nos manières de gouverner. En effet, la loi est devenue un objet de calcul et de concurrence. Ce qu'on le nomme communément le « forum shopping » fait référence à l'ensemble de ces produits législatifs en compétition sur le marché mondial des normes.

Qui contrôle la loi et le code ? Cette question fait écho au renversement du règne de la loi au profit de la gouvernance par les nombres, remarquablement mise en perspective par Alain SUPIOT dans ses cours au Collège de France : « *Cet imaginaire cybernétique conduit à penser la normativité non plus en termes de législation mais en termes de*

⁷⁴ Le Numérique tuera-t-il l'Etat de droit, mardi 16 mai 2017, Collège des Bernardins, <https://www.collegedesbernardins.fr/content/le-numerique-tuera-t-il-letat-de-droit>

⁷⁵ <https://www.franceculture.fr/conferences/college-des-bernardins/qui-controle-le-code>

⁷⁶ Ethique et numérique : les algorithmes en débat, CNIL, 23 janvier 2017

<https://www.cnil.fr/fr/ethique-et-numerique-les-algorithmes-en-debat-0>

⁷⁷ Notoriété et attentes vis-à-vis des algorithmes, Etude IFOP, janvier 2017

https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/presentation_ifop_-_presentation.pdf

programmation. On n'attend plus des hommes qu'ils agissent librement dans le cadre des bornes que la loi leur fixe, mais qu'ils réagissent en temps réel aux multiples signaux qui leur parviennent pour atteindre les objectifs qui leur sont assignés »⁷⁸.

Le rythme effréné de l'innovation nous pose une question cruciale : dans quelle société voulons-nous vivre demain ? L'avènement de nouvelles technologies, usages et techniques, ne vont pas sans poser d'importantes questions de philosophie juridique et d'éthiques. Voilà pourquoi il est de notre responsabilité civique et professionnelle de marquer un temps de réflexion pour interroger le sens de ces évolutions, l'impact de l'accélération numérique sur le droit et la justice.

Adrien BASDEVANT, Avocat associé – Lysias Partners



Passionné par l'impact des technologies sur la société, Adrien Basdevant a contribué au développement d'une start-up à New York avant de se former au sein de cabinets français et anglo-saxon. Co-auteur avec Cédric Manara (Senior Copyright Counsel at Google) du livre "101 questions juridiques sur les réseaux sociaux" (Editions Diateino, 2013), il a également publié le premier livre blanc sur le droit des drones. Il tient le blog "Un coup de données jamais n'abolira le hasard". Adrien s'intéresse de près à l'éthique des données, à l'économie collaborative, aux algorithmes et tout sujet de pointe suivant une approche transdisciplinaire.

⁷⁸ Alain Supiot, La gouvernance par les nombre, Cours au Collège de France (2012-2014), Fayard

YouTube peut-il être responsable de son algorithme de recommandation ?

Par **Soline LEDESERT, Guillaume CHASLOT, Frédéric BARDOLLE**,
membres d'AlgoTransparency - algotransparency.org



YouTube est le site web d'hébergement de vidéos le plus utilisé en France. En 2017, 28 millions de Français, soit un Français sur trois, le visitent chaque mois. Une des fonctionnalités proposées par le site est la suggestion de vidéos : lorsqu'un utilisateur regarde une vidéo, vingt autres lui sont suggérées sur une colonne occupant un tiers de la droite de l'écran. Ces suggestions qui guident les utilisateurs d'une vidéo à l'autre sont déterminées par un algorithme. L'objectif affiché de cet algorithme est de "[...] *proposer des contenus plus attrayants pour les spectateurs* [...]".

Les revenus de YouTube proviennent principalement de la vente d'espaces publicitaires à des annonceurs : il est donc légitime de s'interroger sur les choix de l'algorithme dans ce contexte. Etant donné que YouTube suggère des vidéos plusieurs centaines de millions de fois (soit l'équivalent du tirage mensuel de grands quotidiens nationaux) et que ses suggestions sont un puissant outil de redirection des utilisateurs, **il est temps de questionner la responsabilité sociale et légale du site quant à son algorithme de recommandation.**

Comprendre un algorithme opaque en étudiant ses effets

Le fonctionnement exact de l'algorithme de suggestion n'est pas public, à la fois pour des raisons de secret industriel, mais aussi pour éviter que des créateurs de contenus ne profitent de ses règles pour augmenter artificiellement le nombre de fois où leurs vidéos sont suggérées. L'étude directe de l'algorithme est donc impossible : ni le code source, ni les données utilisées pour entraîner l'algorithme, ne sont publiées par YouTube.

Étudier ce genre d'algorithmes implique de faire de la *rétro-ingénierie*, c'est-à-dire étudier les effets que celui-ci produit. Dans notre cas, les effets observables sont les vidéos suggérées à partir d'une vidéo en train d'être visionnée.

Quelles sont les vidéos les plus suggérées à propos des candidats à l'élection présidentielle française ?

Du 27 mars au 10 avril 2017, notre programme a effectué une recherche sur le nom de chacun des onze candidats à l'élection présidentielle : pour chacun, il a collecté les 3 premières vidéos suggérées, lu chacune des vidéos, collecté leurs 6 premières suggestions, lu chacune de ces vidéos... et ainsi de suite jusqu'à collecter quelques 2000 vidéos les plus suggérées par l'algorithme de YouTube sur un candidat à un moment donné.

Nous avons ensuite regardé quelles vidéos apparaissaient le plus souvent et le nombre de fois où elles étaient plus suggérées que la moyenne des vidéos suggérées. Nous pouvons ainsi dire d'une vidéo qu'elle était 10,4 fois plus suggérée que la moyenne par exemple. Nous avons ensuite relevé le nombre de fois où un nom de famille de candidat apparaissait dans un titre de vidéos suggérées et nous avons produit des statistiques sur la visibilité relative des différents candidats induite par YouTube dans ses suggestions.

L'algorithme de YouTube aimerait-il involontairement les candidats "extrêmes" ?

Nos principaux résultats sont les suivants :

- **"Mélenchon" apparaissait dans 22,9% des titres des vidéos les plus suggérées par YouTube sur la période parmi les vidéos mentionnant un nom de candidat, "Le Pen" dans 20,7% et "Asselineau" dans 15,8% ;**
- ces trois candidats étaient les plus mentionnés dans les vidéos les plus suggérées pour les requêtes les concernant, ce que l'on peut juger pertinent thématiquement ; mais ils restaient les plus mentionnés pour les requêtes concernant Emmanuel Macron, François Fillon, Benoît Hamon ou encore Nathalie Artaud par exemple.

Optimiser les durées de visionnage ou de session favorise-t-il les contenus "extrêmes" ?

Face à ces résultats, nous demandons : pourquoi ? Ces candidats sont-ils plus présents sur YouTube ? Sont-ils ceux dont les discours font que les utilisateurs restent plus longtemps sur YouTube, ce qui optimiserait le volume d'attention que YouTube peut ensuite monétiser auprès d'annonceurs ?

Nos observations montrent que les vidéos les plus suggérées collectent souvent très peu de vues et très peu de "likes". Cet exercice de rétro-ingénierie éclaire le fait connu que de nombreux facteurs sont pris en compte dans l'algorithme : les durées de visionnage

des vidéos (= temps qu'un internaute passe sur une vidéo), les durées de session (= temps qu'un internaute passe d'affilée sur YouTube), la performance passée de certaines "chaînes", etc...

YouTube tombe-t-il dans des spirales fermées ?

Si les candidats les plus recommandés (Mélenchon, Le Pen et Asselineau) le sont du fait de leur ancienneté respective sur YouTube, leur niveau d'activité, leurs réseaux ou encore leur popularité sur la plateforme, pour combien de temps le sont-ils ?

Dans un modèle où l'apprentissage réalisé sur des données passées détermine fortement le présent et le futur, une thématique "organiquement" très populaire au moment N sera "algorithmiquement" très recommandée au moment N+1, ce qui expliquera sa popularité au moment N+2. Mais l'algorithme sera-t-il capable de faire la part au moment N+2 entre la popularité "naturelle" de départ et celle qu'il a artificiellement créée ? Et si un nouvel entrant arrive, peut-il percer ou devra-t-il lutter contre un algorithme qui favorise le passé ?

YouTube ne dévoile-t-il pas ses statistiques de recommandations : pourquoi ?

“ Si YouTube dévoile de nombreuses statistiques (vues totales, vues liées aux partages, vue liées aux abonnements), l'entreprise ne montre pas l'activité de son algorithme de recommandation à ses utilisateurs. Cela crée une forte asymétrie d'information entre la plateforme et ses utilisateurs.

Par exemple, YouTube n'affiche pas le nombre de fois où il a recommandé une vidéo à ses utilisateurs. C'est regrettable car cela permettrait aux utilisateurs de mettre en balance le nombre de vues d'une vidéo par rapport au nombre de fois où elle a été recommandée. Si une vidéo a été vue 1 million de fois mais a été recommandée 1 million de fois, l'utilisateur sera en mesure de comprendre que sa popularité est toute relative. Pourquoi ne pas davantage montrer les agissements de l'algorithme de recommandation à ses utilisateurs ?

Autre piste : si YouTube cherche à optimiser la durée de session des utilisateurs, cela signifie que l'algorithme est capable de déterminer le pouvoir "addictif" d'une vidéo, c'est-à-dire sa capacité à faire rester l'utilisateur sur YouTube afin qu'il aille de vidéo en vidéo ensuite. Dans quelle mesure serait-il possible de chiffrer ceci et de le partager avec les utilisateurs ? **Cela équivaldrait à l'affichage qu'opère un industriel du tabac quant à la dépendance que son produit peut entraîner.**

De la responsabilité légale alléguée de l'hébergeur technique

En tant qu'hébergeur technique, YouTube n'est pas légalement considéré comme un média, éditeur et responsable du contenu qu'il héberge. Mais pourrait-il être responsable du puissant outil de recommandation et des redirections qu'il entraîne ?

La distinction actuelle, en droit des médias, entre éditeur et hébergeur technique, semble de moins en moins pertinente dans le contexte actuel d'hybridation croissante des rôles de producteurs et diffuseurs-prescripteurs de contenus.

Vers une "loyauté" des plateformes ?

La loi pour une République Numérique promulguée le 7 octobre 2016 a introduit la "loyauté des plateformes" :

"Toute plateforme en ligne est tenue de délivrer une information loyale, claire et transparente sur les conditions générales d'utilisation du service d'intermédiation qu'elle propose et sur les modalités de référencement, de classement et de déréférencement des contenus, biens ou services auxquels ce service permet d'accéder. (...)

Elle fait notamment apparaître clairement l'existence ou non d'une relation contractuelle ou de liens capitalistiques avec les personnes référencées ; l'existence ou non d'une rémunération par les personnes référencées et, le cas échéant, l'impact de celle-ci sur le classement des contenus, biens ou services proposés."

Des décrets d'application devait y faire suite en 2017, en février selon l'échéancier officiel, ce qui n'a pas eu lieu. La question de l'applicabilité de ceci est entière.

D'autres inspirations pour le législateur ?

Dans l'univers informationnel plus traditionnel de la presse hors-ligne, la loi contraint les distributeurs de journaux à présenter l'ensemble des titres de la presse dans leur kiosque afin de "garantir une distribution optimale de la presse d'information politique et générale".

Comment garantir ce principe dans le nouvel univers informationnel d'aujourd'hui, dans lequel la distribution des contenus est algorithmiquement déterminée par des plateformes ?

Auditer les algorithmes : une mission cruciale

Il est crucial aujourd'hui de réaliser un travail citoyen d'audit des effets des algorithmes. Rendre public ces résultats de rétro-ingénierie peut donner plus de pouvoir aux consommateurs dans leur choix de consommation, aux législateurs dans leur argumentaire, mais aussi... aux auteurs d'algorithmes eux-mêmes, qui ne sont souvent pas en mesure d'anticiper les effets de leurs productions.

Le cas des effets de l'algorithme de YouTube sur la visibilité des candidats sur la plateforme sera, nous l'espérons, le premier d'une longue suite.

L'algorithme de recommandation de YouTube

joue un rôle important dans le choix des vidéos que nous regardons



- Guillaume CHASLOT, (<https://medium.com/@guillaumechaslot>) auparavant software engineer chez Microsoft et Google, travaille actuellement chez Bayes Impact.
- Soline LEDESERT, (<https://twitter.com/SolineLedesert>), auparavant analyste en VIE chez Orange Silicon Valley, est Webdesigner.
- Frédéric BARDOLLE, (<https://twitter.com/seiteta>), après avoir été Data Analyst, est entrepreneur d'intérêt général à la Cour des comptes.
- Nicolas WIELONSKY (https://twitter.com/nicolas_wsk) est développeur Freelance.
- Adrien MONTCOUDIOL (<https://twitter.com/adrienm>), conseiller en croissance, est notamment co-fondateur de Mangrove.
- Mathieu GRAC (<https://twitter.com/mathieugrac>) est UX & Frontend Designer en Freelance et chez Mangrove.

Panorama des métiers porteurs de la Data et l'IA

Par **Christopher COUTHON**, Chasseur de Talents & Agent de Carrière dans la Data,
Dirigeant de COUTHON CONSEIL

Le marché de l'Intelligence Artificielle, popularisé par l'essor de la « Data », souvent qualifié de « nouvel or du XXI^e siècle », connaît un regain d'intérêt dans tous les secteurs de l'économie, et ce quels que soient la taille et le type d'organisation.

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer simplement cet engouement généralisé, pour ne pas dire « buzz marketing », depuis le début de cette décennie :

- La **digitalisation** des entreprises, amorcée il y a une trentaine d'année avec l'arrivée des PC, s'est aujourd'hui largement banalisée.
- La **démocratisation des usages** numériques est une réalité que nous vivons au quotidien. Tout un chacun possède désormais dans sa poche un smartphone, utilisé quotidiennement, d'ailleurs bien plus puissant que nos PC d'il y a 15 ans... La « fracture numérique » tend à se réduire, tant au niveau territorial (*notamment avec la 4G, l'amélioration de la couverture géographique du haut débit et des antennes relai*) que social (*baisse importante des prix, généralisation des offres illimitées, etc.*). En 2016, 85% des ménages français avaient un accès à Internet, contre 64,4% en 2010⁷⁹.
- Les organisations, publiques comme privées, ont pris **conscience du « capital Data »** (*cf. l'ascension fulgurante de Facebook ces dernières années ou de Google qui diversifie ses activités... toujours en lien avec l'exploitation de la Data grâce à des techniques d'IA*).
- Les données bien exploitées constituent un **avantage compétitif** certain (« *asset* » *stratégique*), dont on peut aisément et rapidement mesurer le retour sur investissement.

A l'instar de l'arrivée de l'informatique en entreprise dans les années 1980-1990, la France doit faire face à une **pénurie de candidats qualifiés** :

- On estime **entre 2000 et 3000** le nombre de **postes ouverts par an**, tandis que notre système éducatif ne produirait, annuellement, que 500 diplômés.
- La demande s'intensifie, avec une **augmentation de 20% du nombre d'offres d'emploi** entre 2014 et 2016⁸⁰.
- D'ici 2020, la France⁸¹ espère créer ou consolider **137 000 emplois** grâce au Big Data et estime ce **marché à 9 milliards d'euros**.

⁷⁹ Sources : ARCEP et INSEE

⁸⁰ Source : Indeed, chiffres présentés lors de la table ronde d'experts « [Next Generation Jobs : les métiers de la Data](#) », organisée le 21 novembre 2016 par Les Echos Events au Hub de Bpifrance à Paris

⁸¹ Source : https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/industrie-du-futur_dp.pdf

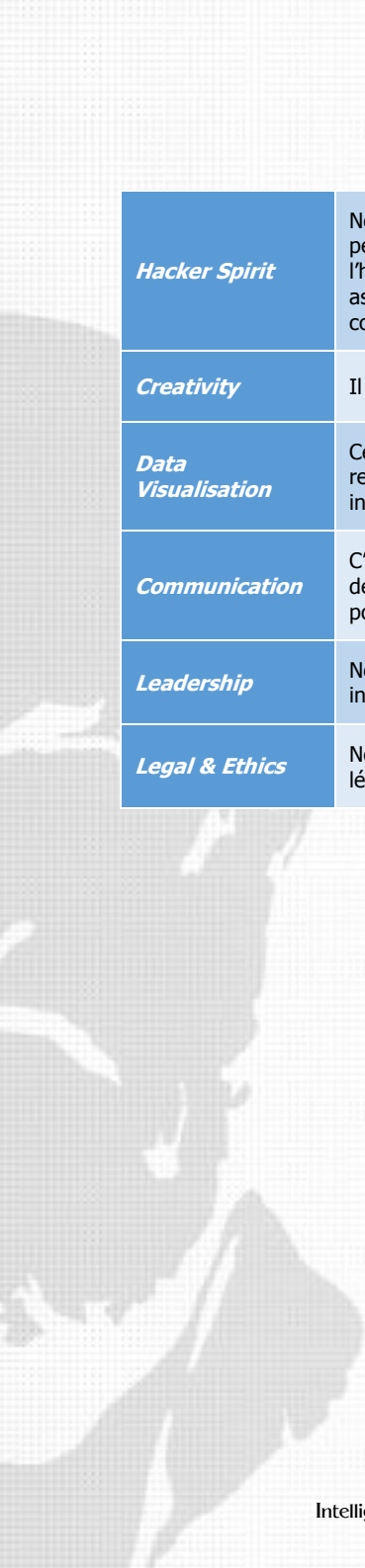
La Data est indéniablement un **axe de développement économique** et **sociétal** incontournable.

Sur un marché encore émergent, où les intitulés de postes varient d'une structure à une autre, nous proposons de donner quelques repères sur les métiers porteurs de la Data, à travers des compétences clés.

Les compétences clés dans la Data

Nous avons identifié **10 métiers porteurs dans la Data**, actuellement et prochainement, et les avons **déclinés autour de 12 compétences clés** décrites dans le tableau ci-après.

Compétences	Description
<i>Business Expertise</i>	Les métiers de la Data n'ont de raison d'être que parce qu'ils sont au service d'un « business » ou d'un métier. Il est donc indispensable, pour tout praticien de la Data et quelque soit son domaine d'expertise, d'avoir bien conscience des tenants et aboutissants du cœur d'activité de l'organisation pour laquelle ses travaux seront utilisés.
<i>Maths / Statistics</i>	Il s'agit ici de l'ensemble des compétences scientifiques issues de mathématiques appliquées et des statistiques, utilisées dans les métiers de la Data.
<i>Machine Learning</i>	Le <i>Machine Learning</i> vise à entraîner un algorithme en se basant sur des exemples, afin de produire un modèle prédictif. Il s'agit de doter une « machine » (au sens large) d'un système d'apprentissage automatique.
<i>Deep Learning</i>	C'est un ensemble de méthodes de <i>Machine Learning</i> permettant de modéliser des situations complexes, où ce n'est plus l'humain qui identifie préalablement ses caractéristiques, mais directement l'algorithme de Deep Learning.
<i>Coding Skills</i>	Il s'agit des compétences en programmation informatique.
<i>Big Data Tools</i>	Cela constitue un ensemble d'outils (technologies, langages de programmation) permettant de gérer de grands volumes de données.



<i>Hacker Spirit</i>	Nous avons voulu souligner ici un état d'esprit global des personnes sortant volontiers de leur zone de confort, ayant l'habitude de réfléchir « out of the box », trouvant des solutions astucieuses, s'affranchissant parfois des modes de pensée conventionnels.
<i>Creativity</i>	Il s'agit de la capacité à avoir un esprit créatif.
<i>Data Visualisation</i>	Cela englobe l'ensemble des technologies, méthodes et outils de représentation visuelle des données, afin de simplifier leur interprétation et faciliter la prise de décision.
<i>Communication</i>	C'est la capacité à communiquer et à vulgariser son propos, au-delà de toute considération ou contrainte technique, afin de pouvoir s'adresser à n'importe quel niveau / type d'interlocuteur.
<i>Leadership</i>	Nous avons souhaité mettre ici en avant la capacité à engager, à inspirer et à montrer la voie aux autres.
<i>Legal & Ethics</i>	Nous avons voulu mettre en exergue la connaissance du cadre légal et la dimension éthique.

Les métiers porteurs dans la Data et l'IA

Big Data Architect

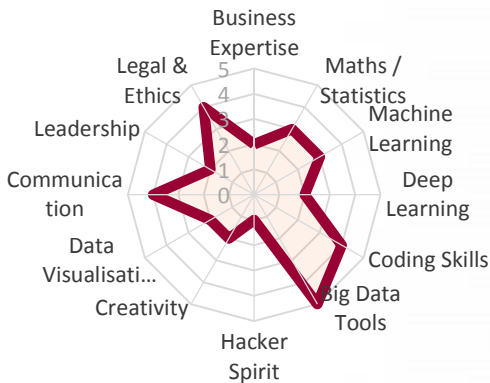
Que fait-il ?

Expert des infrastructures informatiques permettant le stockage, la manipulation et la restitution des « mégadonnées », il conçoit et administre des Data Centers, en hybride ou dans le cloud sur des plateformes comme Amazon AWS ou Microsoft Azure.

Il travaille en amont dans la chaîne de traitement de la donnée et est le pilier de tout projet Big Data.



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- ✓ Ecole de Commerce
- ✓ Université

Dans quelle organisation ?

- ✓ Startup
- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- ✓ Cabinet de Conseil
- ✓ ESN / SSII

Big Data Engineer

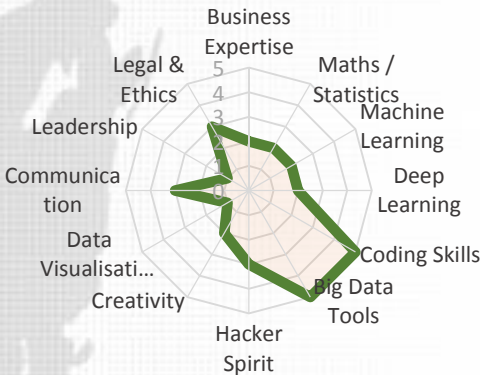
Que fait-il ?

Ce programmeur a de bonnes connaissances sur les environnements Big Data (*Cloudera, Hortonworks, etc.*) et sur les langages de manipulation des données (*Python, Java, Scala, etc.*).

Il est capable de travailler sur des modèles de données complexes (*bases de données NoSQL, orientées graphes, etc.*) et sur des volumétries de données importantes. De concert avec le Big Data Architect, il conçoit, construit et assure la maintenance des architectures de données massives.



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- ✓ Ecole de Commerce
- ✓ Université

Dans quelle organisation ?

- ✓ Startup
- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- ✓ Cabinet de Conseil
- ✓ ESN / SSII

Data Scientist

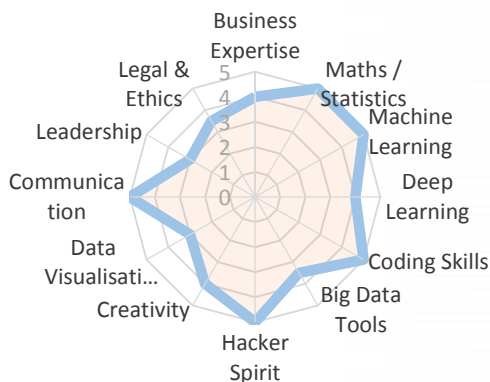
Que fait-il ?

Au cœur des projets Data, il s'appuie sur ses compétences techniques et scientifiques avancées, contextualisées par des connaissances métier indispensables.

Il élabore des algorithmes complexes, utilise des outils mathématiques, statistiques et du marché (*SAS, SPSS, R, etc.*) pour extraire, analyser et transformer des données (*massives ou non*) en information pour répondre à un besoin métier.



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- ✓ Ecole de Commerce
- ✓ Université

Dans quelle organisation ?

- ✓ Startup
- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- ✓ Cabinet de Conseil
- ✓ ESN / SSII

Data Analyst

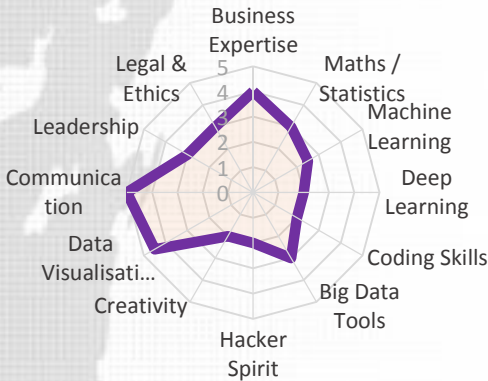
Que fait-il ?

Plutôt en fin de chaîne des projets Data et avec l'appui du Data Scientist sur les dimensions technico-scientifiques, il se concentre sur l'exploration et l'exploitation des données métier, dont il extrait des KPI pertinents.

Il peut ainsi vulgariser et restituer les résultats aux décideurs, notamment avec des *Data Visualisations*.



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- ✓ Ecole de Commerce
- ✓ Université

Dans quelle organisation ?

- ✓ Startup
- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- ✓ Cabinet de Conseil
- ✓ ESN / SSII

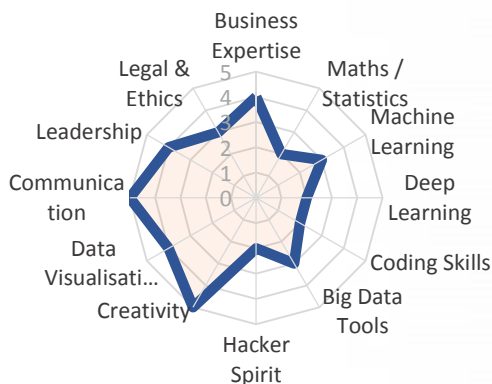
Data Consultant

Que fait-il ?

Interagissant avec les divers acteurs de la chaîne des projets Data (*du Big Data Architect au CDO*), il aide les entreprises à définir et à implémenter leurs stratégies Data. Sa connaissance générale des outils du marché, sa créativité et sa compréhension des enjeux métier lui permettent de leur proposer des solutions innovantes.



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- ✓ Ecole de Commerce
- ✓ Université

NB : le Data Consultant peut être un Data Scientist, mais pas nécessairement ; tout dépendra du périmètre de ses interventions.

Dans quelle organisation ?

- ✓ Startup
- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- ✓ Cabinet de Conseil
- ✓ ESN / SSII

DataViz Expert

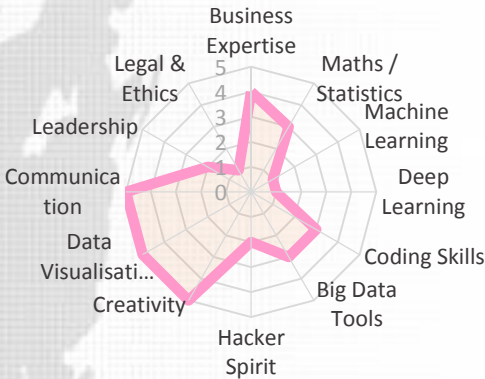
Que fait-il ?

C'est un expert de la mise en valeur graphique des données : il permet aux décideurs et managers d'avoir une vue claire et synthétique de l'information, en l'organisant et en la hiérarchisant.

Pouvant s'appuyer sur des techniques de « storytelling », il raconte une histoire à partir des indicateurs / KPI identifiés par le Data Analyst et élaborera ses « DataViz » avec des outils comme Tableau Software, PowerBI, QlikView, Spotfire ou encore avec D3.js.



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- ✓ Ecole de Commerce
- ✓ Université

Dans quelle organisation ?

- ✓ Startup
- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- ✓ Cabinet de Conseil

- ✓ ESN / SSII

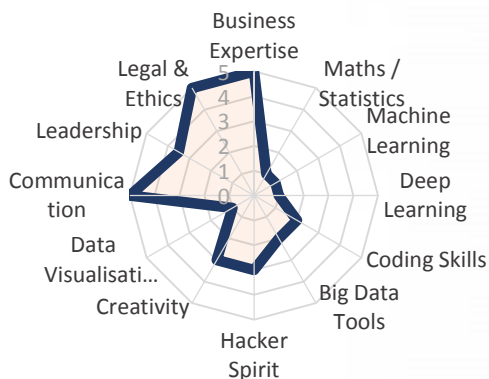
Data Protection Officer (DPO)

Que fait-il ?

Nouvel interlocuteur de la CNIL, le délégué à la protection des données a pour mission d'assister le responsable du traitement des données afin de veiller au respect du Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD). Il doit recueillir les informations visant à connaître les opérations de traitement et apprécier leur conformité au cadre légal : informer, conseiller et émettre des recommandations à chaque étape du processus de collecte et d'analyse des données. Il n'est pas obligatoirement un employé du responsable du traitement.



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- ✓ Ecole de Commerce
- ✓ Université

NB : avec de solides connaissances juridiques, voire une formation spécialisée complémentaire.

Dans quelle organisation ?

- ✓ Startup
- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- ✓ Cabinet de Conseil

ESN / SSII

Cyber Security Expert

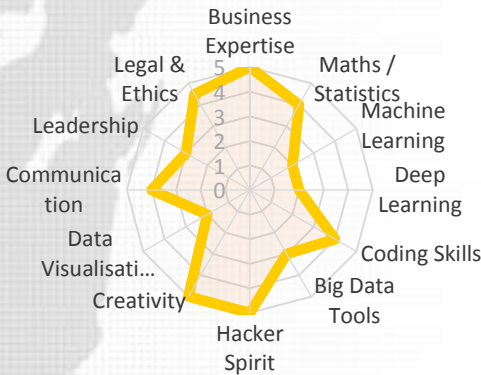
Que fait-il ?

Ses connaissances approfondies des référentiels de sécurité, réglementations, produits et systèmes lui permettent de traiter toutes les problématiques relatives à la sûreté et à la fiabilité des données.

Il traque les points faibles du système d'information (SI) et assure l'interface avec les diverses parties prenantes (*responsables métier, utilisateurs du SI, instances de régulation, prestataires, etc.*).



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- ✓ Ecole de Commerce
- ✓ Université

NB : avec de solides compétences en sécurité informatique, voire une formation spécialisée complémentaire.

Dans quelle organisation ?

- ✓ Startup
- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- ✓ Cabinet de Conseil
- ✓ ESN / SSII

Chief Data Officer (CDO)

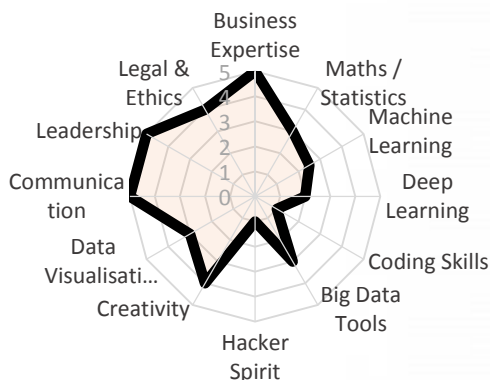
Que fait-il ?

Manager de haut niveau expérimenté rattaché à la Direction Générale, il est responsable de toute la gouvernance des données et de leur valorisation.

Il est le garant des données, de leur agrégation et de leur exploitation pour répondre aux enjeux décisionnels de l'entreprise.



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- ✓ Ecole de Commerce
- ✓ Université

NB : on distinguera deux types de CDO, les « fonctionnels » qui définiront la stratégie à implémenter et les « scientifiques » qui seront davantage une sorte de « Chief Data Scientist ».

Dans quelle organisation ?

Startup

- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- Cabinet de Conseil
- ESN / SSII

Chief Technology Officer

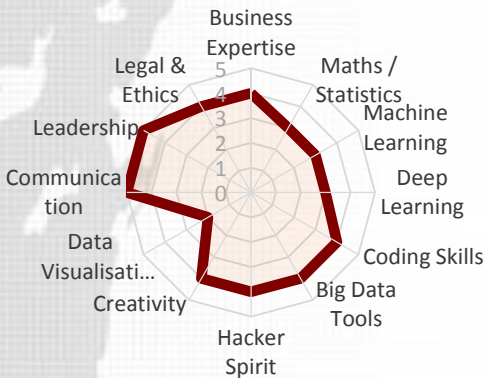
Que fait-il ?

Manager de haut niveau expérimenté rattaché à la Direction Générale, il est en charge des outils et des solutions technologiques innovantes, dont il est l'instigateur au sein de l'entreprise.

Il pilote leur conception, leur mise en œuvre et les fait évoluer.



Ses compétences clés ?



Sa formation initiale ?

- ✓ Ecole d'Ingénieur
- Ecole de Commerce

- ✓ Université

NB : il s'agit d'un profil résolument technophile.

Dans quelle organisation ?

- ✓ Startup
- ✓ PME
- ✓ Grand Compte
- Cabinet de Conseil

ESN / SSII

Christopher COUTHON, fondateur et dirigeant de COUTHON CONSEIL



Ingénieur en Management des Systèmes d'Information et titulaire d'un MSc. en Knowledge Management, Christopher Couthon a démarré sa carrière dans le Conseil en organisation et en transformation digitale chez Mazars avant de se lancer dans la chasse de têtes.

En 2015, il a créé le cabinet Couthon Conseil, pionnier en France dans le recrutement par approche directe et le coaching de carrière de talents évoluant dans la Data et l'IA.

Il intervient régulièrement dans des formations (*Grandes Ecoles de Commerce et d'Ingénieur, Universités et formations spécialisées*), conférences et événements sur des questions relatives aux métiers et tendances du marché de la Data, au *personal branding*, aux techniques d'audit et de modélisation du Système d'Information ou encore aux *best practices* du Consulting.

Conclusion

Par **Léo Souquet** et **Sébastien Corniglion**, co-fondateurs et directeur général de *Data ScienceTech Institute*



« **France is back** » : C'est ce que nous entendons depuis quelque temps, avec un plaisir caché que connaissent les peuples des grandes nations de l'Histoire. Mais sur le plan scientifique et technologique, la France n'est jamais « partie ». Rappelons que la France est le pays qui reçoit le plus de Médailles de Fields par capita, devant les Etats-Unis, ou qu'une bonne partie des algorithmes qui font fonctionner la « Google Car » prennent leurs origines sur des travaux de l'INRIA ou encore que le CEA soit le plus grand inventeur de brevets du pays.

Cette longue tradition de l'excellence mathématique de « L'École Française » est particulièrement stratégique dans la 4^e révolution industrielle qui s'installe autour de la « science des données » (Data Science) et donc de l'intelligence artificielle, une de ses composantes. Au travers de ce dossier, le lecteur prend aisément conscience de l'omniprésence des différentes branches des mathématiques théoriques comme appliquées pour faire avancer l'Intelligence Artificielle. Il aura aussi pris la dimension juridique et légale des enjeux que l'avancée de ces sciences pose sur nos sociétés.

À ce titre, permettons-nous une convolution : il est temps de se poser la question sur l'avenir industriel des réseaux dits « d'apprentissage profond » (*Deep Learning*) dont leurs inventeurs et opérateurs ne savent pas expliquer mathématiquement leurs convergences. Obtenir de bons, voire d'excellents résultats de classification d'images ou de reconnaissance de langage naturel sans être capable d'expliquer pourquoi, pourrait être une approche acceptable pour les activités de communication et de marketing de certains GAFA, mais l'approche ne l'est pas pour la production et les opérations des avions d'Airbus, des fusées d'Arianespace, des TGV d'Alstom ou des modèles de risques d'Assurance d'Axa.

Puisque le redoutable théorème d'incomplétude de Gödel impose aux modèles numériques d'être obligatoirement imparfaits, toute intelligence artificielle (numérique) le sera aussi. Le XXI^e siècle, celui du capitalisme triomphant, impose à ses organisations, privées comme publiques, des règles de propriété bien sûr, mais aussi de gouvernance, d'audit, de conformité : en un mot, de responsabilité économique, mais aussi sociale et sociétale. Et c'est tant mieux, car en paraphrasant Churchill, le capitalisme est sûrement la pire des organisations économiques à l'exception de toutes les autres ! Et dans un monde pétri de responsabilités en chaîne, un vieux dicton anglais nous rappelle que « *when there is a blame, there is a claim* ». Tous les jours, des IA se trompent. Elles se tromperont aussi demain. Et si les IA se généralisent, alors ceux qui auront souffert de leurs erreurs viendront demander, très justement, compensations.

Demandons à une compagnie d'assurance de vendre en masse des polices d'assurance pour des véhicules dits « intelligents » voire totalement « autonomes » dans un environnement mixte, mélangeant des IA elles-mêmes hétérogènes avec des conducteurs et des piétons humains, la réponse sera cinglante : impossible. Le problème est connu : si l'IA d'une voiture doit choisir de « donner la mort » par optimisation de probabilités, qui en portera la responsabilité ?

Dans un monde de plus en plus peuplé, tout individu développe un désir de se sentir unique sans pour autant être connu. L'intelligence artificielle vise également à répondre à ce désir avec la capacité d'individualiser les services que nous utilisons au quotidien. L'efficacité des algorithmes présentés dans ce dossier à atteindre ce niveau de personnalisation va de pair avec la quantité de données utiliser pour les entraîner à apprendre. Cette quantité d'information, chacun y contribue au quotidien, s'agissant de nos activités sur les réseaux sociaux ou simplement de l'achat d'un produit de grande consommation en supermarché. Dans ce monde qui se centre autour de la connaissance et où l'intelligence humaine est assistée par l'artificielle, il est primordial que tous, technophiles ou non, prenons conscience des enjeux qui en découlent. Ceci implique la redéfinition de notions qui nous sont fondamentales et notamment celle de « vie privée ». En 2017 mais aussi en 2030, qu'est-ce qu'est et sera la vie privée ? Quelle quantité d'information « privées » êtes-vous volontaire de donner en échange de services personnalisés ? Serez-vous par exemple prêt à laisser un appareil observer de nombreux aspects de votre vie dans le but de profiter de soins à la pointe d'une médecine plus personnalisée ? Souvenez-vous : plus l'algorithme en saura sur vous, plus la réponse sera précise, ce qui pourra impliquer de lui avouer ce que vous n'osez pas dire à votre médecin traitant. Le débat est ouvert, et chacun doit être en mesure d'y contribuer, mais pour ce faire, chacun doit être conscient du monde qui se construit pour tous et ce, avec un « consentement éclairé ».

Dans cette 4^e révolution industrielle, la France a et doit jouer un rôle. Car au-delà de l'industrie, dans son sens le plus large et le plus noble, il s'agit aussi, et peut-être surtout, des nouvelles « Lumières » dont le monde a besoin.

« Illuminer » le monde est une ambition dantesque, mais notre pays sait le faire, peut-être mieux que n'importe quel autre. L'alchimie est complexe, mais les éléments fondamentaux sont bien connus : une philosophie, qui s'enracine dans la compréhension de l'histoire, de la géographie, de la géopolitique. Cette philosophie donne à son tour vie à un système juridique inspirant confiance et respectant les équilibres de sa société. C'est « l'esprit des lois ». Les sciences, via les mathématiques mère et ses filles d'applications, viennent guider et rationaliser la pensée et créent les matériaux pour ériger ces structures aux fondations « humaines ». Enfin l'éducation en fournit les architectes et les artisans.

Après les Lumières, la France a créé, pour chaque révolution industrielle, des établissements d'enseignement d'excellence, publics et privés, pour répondre aux transformations. Comment ne pas citer les Arts & Métiers, Centrale, Normale Supérieure, Polytechnique, les Ponts, les Mines, Telecom, l'ENSAE ou l'ENSIMAG ? Il est par contre dommage que la peur du clergé ait amené hier à mettre au second rang l'Université, poumon de la recherche, et alors que la loi de séparation est aujourd'hui plus que centenaire, l'Université Française est passée de la maladie chronique à la phase terminale. Mais soyons positifs, c'est à la fois dans l'air du temps et la France en a besoin : puisque nous savons former de brillants scientifiques et ingénieurs, que la planète s'arrache malgré un déclassé continu de nos établissements d'enseignement (*paradoxe Français, quand tu nous tiens ...*), nous pouvons aussi réparer la machine. Des initiatives existent à Paris comme en régions, il suffit de les aider à se propulser sur la scène internationale.

Le *Big Data*, la *Data Science*, l'Intelligence Artificielle, ainsi que tous les mots à la mode qui arriveront dans les prochaines années, auront besoin des Lumières de la France car elle seule sait fabriquer ce « *je ne sais quoi* », subtil mélange « *grande gueule* » sociétale et tout aussi redoutablement cartésien que la Silicon Valley s'arrache à grands coups de dollars pendant que nous pleurons un déficit annuel d'ingénieurs.

Ceci peut s'arrêter. Cela va s'arrêter : « **France is back** »



Sebastien CORNIGLION, co-fondateur et directeur général de Data ScienceTech Institute

Diplômé de l'Université Nice Sophia-Antipolis & The University of Edinburgh, il a co-fondé Data ScienceTech Institute en 2015 et en est le directeur général en charge de l'enseignement et de la recherche.



Léo SOUQUET, co-fondateur et directeur général de Data ScienceTech Institute

Diplômé de l'Université Nice Sophia-Antipolis & Napier Edinburgh University, il a co-fondé Data ScienceTech Institute en 2015 et en est le directeur général en charge des relations extérieures.

Il enseigne également à la Sorbonne et à l'Université de Créteil, et prépare actuellement une thèse en Optimisation.

NOS PARTENAIRES POUR CE CAHIER



heuritech

Heuritech. Start-up fondée par 4 docteurs en *Machine Learning*. Heuritech permet la détection automatique des habits et de leurs attributs dans les images, à destination des marques et des commerçants:

- Identifier les tendances vestimentaires sur internet (Est-ce que le vert pomme / les motifs à fleurs / ... sont à la mode sur les robes en France?), à destination des marques.
- Aider les consommateurs à trouver les vêtements et accessoires qui sont tendance plaisent sur les sites marchands

Shift Technology

Shift Technology est une start-up française spécialisée dans l'application de l'intelligence artificielle à la détection de la fraude à l'assurance. Elle fournit aux assureurs une solution informatique qui détecte les déclarations de sinistres ou demandes de remboursement suspectes et envoie pour chacune une explication détaillée de la suspicion. Exploitant les dernières avancées de l'intelligence artificielle, celle-ci permet aux assureurs à la fois d'augmenter leur capacité de détection, par exemple sur des cas complexes de fraude collective, et d'industrialiser leur processus de gestion. En juin 2017, plus de 30 assureurs dans le monde se sont équipés de la solution sur les secteurs de la santé, l'automobile, l'habitation et le voyage. La solution est également en cours d'extension aux domaines de la prévoyance, des risques professionnels et de la détection de blanchiment en assurance-vie.

// FABERNOVEL

Créé en 2003 par Stéphane Distinguin, FABERNOVEL est un groupe "full-stack" de conseil et de création de produits et de services numériques qui a accompagné depuis 13 ans près de $\frac{3}{4}$ du CAC40 ainsi que des grands groupes internationaux dans leur transformation numérique et leur trajectoire d'innovation. FABERNOVEL compte aujourd'hui 250 talents sur 3 continents (US, Europe et Asie). Designers, ingénieurs, développeurs, data-scientists et analystes apportent convictions et solutions pour développer le business de leurs clients et pour proposer à leurs usagers / utilisateurs / clients des expériences simples, grâce au digital.



data iku

Fondée en 2013 à [Paris](#), **Dataiku** est une société spécialisée dans la science de la donnée. Basée à Paris, New York, et Londres, elle développe une plateforme pour analyser la donnée et développer des méthodes prédictives en environnement Big Data. Cette plateforme tout-en-un, Dataiku Data Science Studio (DSS), facilite et accélère l'analyse de données et le développement de services prédictifs en environnement Big Data. Elle intègre toutes les capacités requises pour construire des services prédictifs qui transforment les données brutes en prédictions à forte valeur ajoutée. Dataiku DSS s'adresse aussi bien aux data scientists et développeurs qu'aux profils moins techniques orientés business ou marketing.



Epidemium est un programme de recherche participatif avec des dimensions épidémiologiques et oncologiques qui « vise à mieux comprendre le cancer grâce au Big data », née d'un partenariat open innovation atypique entre un groupe pharmaceutique et un espace parisien ouvert à des « laboratoires communautaires ». Ce programme se concrétise sous forme d'appels à projets dans une vision data challenge. Le comité d'éthique d'Epidemium permettra d'engager une réflexion plus large autour des usages Big data dans le domaine de la santé.



Wakeo est une société innovante proposant une plateforme Saas de pilotage en temps réel des flux de transport. Wakeo aide les commissionnaires de transport et les industriels à avoir plus de visibilité sur leurs flux dans l'objectif d'améliorer leur rentabilité et leur service client.

Le périmètre cible de Wakeo est le *freight forwarding*, à savoir le transport international de marchandises par voies maritimes, aériennes et routières.

Dans un contexte où plus de 40% des cargos ne respectent pas les dates d'arrivée prévues, Wakeo apporte une capacité d'anticipation essentielle aux opérations des supply chains intelligentes.

La société s'appuie sur des technologies satellites, IoT et de datascience pour géolocaliser en temps-réel des marchandises transportées et donner une date d'arrivée qualifiée.



AlgoTransparency est une initiative de Guillaume Chaslot, Adrien Montcoudiol, Soline Ledéser, Nicolas Wielonsky, Frédéric Bardolle et Mathieu Grac dans le cadre de l'association Data For Good. C'est un programme qui détecte les vidéos les plus suggérées par l'algorithme de YouTube à partir d'une recherche donnée afin d'informer les citoyens sur le fonctionnement des algorithmes influençant l'accès à l'information.



COUTHON CONSEIL : l'Expert des métiers de la Data

Couthon Conseil est un cabinet de conseil, pionnier et leader en France dans le **recrutement par approche directe** et le **coaching de carrière** de talents de la **Data** et de l'IA (*Big Data, Data Science, Analytics, IoT, DataViz, Open Data, etc.*).

Fondé par un ingénieur, ancien consultant dans un cabinet de renom, Couthon Conseil intervient en France comme à l'international :

- pour tous types d'organisation (*startup, PME, ESN/SSII, cabinet de conseil, grand groupe*)
- sur tous niveaux d'expérience (*du stagiaire au top manager*)
- et toutes fonctions (*scientifiques, techniques, commerciales et managériales*).

Parmi les initiatives innovantes et (re)connues du cabinet Couthon Conseil, nous pouvons citer :

- le [guide des métiers porteurs dans la Data](#), réalisé en collaboration avec [Data ScienceTech Institute](#) (1^{re} école d'enseignement supérieur en France sur les métiers de la Data)
- son service d'évaluation personnalisée de Salaire dans la Data www.MonSalaireDansLaData.frTM
- [son Blog](#) par et pour les professionnels de la Data



Data ScienceTech Institute (DSTI) est la 1^{re} école d'application en France aux métiers de la Science des Données (Data Science) et de l'analyse des Mégadonnées (Big Data).

Elle a été fondée pour répondre aux besoins et enjeux de la 4^e révolution industrielle que constitue la création de valeur par la maîtrise, l'exploitation et l'opérationnalisation des immenses réservoirs de données des entreprises. Parmi ces enjeux, celui de « spécialiser » des ingénieurs et des analystes afin de devenir quadri-compétents en : informatique avancée pour accueillir « Big Data » dans les SI, mathématiques appliquées pour maîtriser l'algorithmique prédictive, business & management pour l'application des deux précédentes ainsi qu'à l'éthique et au droit, est réellement celui qui permet de qualifier la « data » comme la 4^e révolution industrielle.

Elle est également tournée vers l'international, aussi bien par l'utilisation de la langue anglaise que grâce à des enseignants venant du monde entier, et surtout, orientée vers l'industrie, grâce à un tissu de partenaires de l'institut experts et leaders des domaines concernés s'impliquant dans la pédagogie (**SAS**, **ebiznext**, **GE** et **Amazon AWS**), mais aussi grâce à un cycle d'étude maximisant l'exposition des étudiants à l'entreprise, par une préparation intensive et des périodes de stage.

La *Data Science* est aussi une science appliquée. À ce titre, les programmes sont pilotés par un Conseil Scientifique et Pédagogique, présidé par M. Alain Bravo (Président de l'Académie des Technologies) et composé de personnalités respectées et reconnues du monde professionnel ainsi que du monde académique ayant une expérience de partenariats industriels.



Lysias Partners

SOCIÉTÉ D'AVOCATS

Lysias Partners est un cabinet de « haute couture », spécialiste des problématiques juridiques de pointe : de la cybercriminalité, à l'émergence de nouvelles plateformes d'économie collaborative en passant par la robotique, le Big data et la surveillance.

Le cabinet participe à la réflexion sur ces cas inédits : en témoigne la thèse « Cybercriminalité et cyber-répression, entre désordre et harmonisation mondiale », soutenue dès 2004 par Jean-Pierre MIGNARD, à l'Université de Paris I Panthéon/Sorbonne, jusqu'à la récente publication en novembre 2016 d'un « Cahier Lysias » dédié aux drones civils et militaires.

L'originalité de Lysias Partners c'est d'être le cabinet de « case of first impression », c'est-à-dire des dossiers qui, par la nouveauté des faits qu'ils présentent, ne connaissent que peu ou pas de précédents. Spécialistes du conseil et du contentieux complexe sous toutes ses formes, nous mobilisons nos compétences pour accompagner et promouvoir l'innovation des startups et des grands groupes, tout en assurant le respect des droits des personnes physiques et morales (gestion des normes CNIL et contentieux).

Retrouvez-nous sur notre site internet www.lysias-avocats.com

- [Vidéo](#) de présentation du cabinet
- Conférence « [L'éthique des données](#) » de Maîtres. Mignard et Basdevant

Activités associées de Lysias Partners

- Centre de formation juridique Lysias

<http://www.lysias-avocats.com/fr/centre-de-formation-lysias>

Notre Centre délivre des formations dans tous les domaines du droit, aussi bien en droit public qu'en droit privé, mais également des enseignements qui vont bien au-delà des expressions classiques de l'enseignement du droit : stratégies juridiques et géopolitique du droit, prévention et répression de la cybercriminalité, règles d'exploitation des data, communication en période de crise précontentieuse et en phase judiciaire, pratiques religieuses au sein de l'entreprise et laïcité, Ethics & Compliance ...

- Centre Robert Kennedy pour les droits humains

<http://rfkfrance.fr/>

La branche française de RFK Human Rights (Robert F. Kennedy French Center for Human Rights) est une organisation présidée par Kerry Kennedy, fille de Robert F. Kennedy afin de perpétuer son action au service des peuples et des personnes opprimées ou exposées à toutes les formes de discrimination.

- Laboratoire d'idées JISR France Djazair الجزائر فرنسا جيسر



<http://jisr.fr/>

JISR a pour objet de développer les synergies entre ingénieurs, scientifiques, entrepreneurs et juristes, dans le domaine des nouvelles technologies entre la France et l'Algérie et d'en favoriser l'application.

Liste des Cahiers Lysias parus

- [Les enjeux de la compensation écologique](#)
- [L'indispensable résilience de l'Afrique](#)
- [Le droit des drones](#)
- [Géopolitique du droit : l'Europe face au repli national](#)

En partenariat avec Ouest France





Intelligence Artificielle, un nouvel horizon :
POURQUOI LA FRANCE A BESOIN D'UNE
CULTURE DU NUMERIQUE
juillet 2017 ©

LES CAHIERS LYSIAS SOCIETE D'EDITION ELECTRONIQUE
Société à responsabilité limitée au capital de 100,00 €
Siège social :
39, rue Censier
75005 Paris
532 825 114 R.C.S. Paris